

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ГОУ ВПО «СИБИРСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ ГЕОДЕЗИЧЕСКАЯ АКАДЕМИЯ»

ГЕО-СИБИРЬ-2011

Т. 4

ДИСТАНЦИОННЫЕ МЕТОДЫ ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ И
ФОТОГРАММЕТРИЯ, МОНИТОРИНГ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ,
ГЕОЭКОЛОГИЯ

Сборник материалов
VII Международного научного конгресса

Новосибирск
СГГА
2011

УДК 502:528.7
С26

Ответственные за выпуск:

Доктор технических наук, профессор,
Проректор по учебно-методической работе МИИГАИК, МОСКВА
И.Г. Журкин

Доктор физико-математических наук, профессор,
академик РАН, директор Института вычислительной математики и
математической геофизики СО РАН, Новосибирск
Б.Г. Михайленко

Доктор технических наук, профессор,
проректор по научной работе СГГА, Новосибирск
А.П. Гук

Доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой экологии и
природопользования СГГА, Новосибирск
Л.К. Трубина

Кандидат технических наук, СГГА, Новосибирск
А.В. Комиссаров

Кандидат технических наук, профессор кафедры фотограмметрии и
дистанционного зондирования СГГА, Новосибирск
Т.А. Широкова

С26 ГЕО-Сибирь-2011. Т. 4. Дистанционные методы зондирования Земли и фотограмметрия, мониторинг окружающей среды, геоэкология: сб. матер. VII Междунар. научн. конгресса «ГЕО-Сибирь-2011», 19–29 апреля 2011 г., Новосибирск. – Новосибирск: СГГА, 2011. – 310 с.

ISBN 978-5-87693-446-8 (т. 4)
ISBN 978-5-87693-437-6

В сборнике опубликованы материалы VII Международного научного конгресса «ГЕО-Сибирь-2011» направления «Дистанционные методы зондирования Земли и фотограмметрия, мониторинг окружающей среды, геоэкология».

Печатается по решению Редакционно-издательского совета СГГА
Материалы публикуются в авторской редакции

УДК 502:528.7

ISBN 978-5-87693-446-8 (т. 4)
ISBN 978-5-87693-437-6

© ГОУ ВПО «Сибирская государственная
геодезическая академия», 2011

СОДЕРЖАНИЕ

Кобзева Е.А. Использование фотограмметрических методов создания 3D моделей при проектировании водохранилищ	10
Антипов А.В. Калибровка данных воздушного лазерного сканирования в программном продукте TerraSolid	14
Айрапетян В.С., Широкова Т.А., Антипов А.В. Использование данных лазерного зондирования для создания трехмерных реалистичных сцен городских территорий.....	18
Гук А.П., Гордиенко А.С., Лазерко М.М. Основные научные исследования кафедры фотограмметрии и дистанционного зондирования в 2010 году: автоматизация дешифрирования космических снимков, построение 3D моделей по материалам дистанционного зондирования	22
Шлишевский В.Б. Некоторые задачи видеоспектральных систем в составе авиационных комплексов	28
Белов В.В., Воробьева Л.П., Шлишевский В.Б. Измерение коэффициентов диффузного отражения некоторых материалов в ультрафиолетовом диапазоне спектра	31
Арбузов С.А. Использование нейронной сети для идентификации соответственных точек	35
Алтынцев М.А. Преобразование Tasseled Cap по космическим снимкам IKONOS для дешифрирования растительности	40
Гордиенко А.С. Исследование эффективности методики выявления изменений в лесных массивах, основанной на вейвлет-анализе	46
Брыксина Н.А. Повышение точности определения площадей озер на радиолокационных снимках с использованием фильтрации.....	52
Антипов И.Т., Хлебникова Т.А. О достоверности вероятностной оценки точности пространственной аналитической фототриангуляции	57
Хлебникова Е.П., Симонов Д.П. Определение количественного и качественного состава керамики методами автоматизированного дешифрирования	66
Чермошенцев А.Ю. Создание ортофотопланов по космическим снимкам сверхвысокого разрешения для эффективного управления территориями муниципальных образований	71
Хасенов К.Б., Хан В.А., Турганбаев Н.Б. Особенности анализа технических характеристик цифровых съемочных камер.....	78
Коркин В.С., Сидякина А.Е. Проект создания комплекса цифровых макетных аэроснимков для исследования фотограмметрических систем	83
Попов Р.А. Создание вектора признаков при использовании классификации на основе сферического базиса.....	86
Коковкин В.В., Рапута В.Ф., Морозов С.В., Шуваева О.В., Девятова А.Ю. Исследование районов высокого аэрозольного загрязнения снежного покрова в г. Новосибирске.....	89

Рапута В.Ф., Романов А.Н., Коковкин В.В., Морозов С.В., Шутова К.О. Сопряжённые исследования длительного загрязнения атмосферы и снежного покрова г. Барнаула	95
Казанцев И.Г., Яровенко И.П., Прохоров И.П. Аналитическое и статистическое моделирование формирования изображений рассеянного излучения в эмиссионной томографии	101
Глинский Б.М., Иванова И.Н. О связи спектров волнового вибросейсмического поля с геологическим строением грязевого вулкана «Гора Карабетова».....	107
Ефимов С.А. Исследование особенностей волнового вибросейсмического поля, формируемого монохроматическим зондирующим сигналом .	115
Шокин Ю.И., Добрецов Н.Н., Смирнов В.В., Чубаров Д.Л., Калашников А.В. Организация и функционирование системы оперативной обработки данных TERRA/AQUA.....	121
Калантаев П.А., Пяткин В.П. Концепция Semantic Web в моделировании сенсорной сети природных явлений	124
Ким П.А. Дифференциальное представление масштабируемой модели рельефа	129
Сидорова В.С. Анализ многоспектральных данных дистанционного зондирования покрова земли с помощью гистограммного иерархического кластерного алгоритма.....	132
Ярославцева Т.В., Рапута В.Ф. Анализ распределения размеров частиц в полях выпадений вулканического пепла.....	138
Щербаков А.В., Малахова В.В. Изучение влияния вертикального разрешения на время установления задачи при моделировании глобального климата океана.....	144
Огородников В.А., Ильина А.А. Численное стохастическое моделирование нестационарных метеорологических временных рядов	150
Юдин М.С. Система измерения и расчета гравитационных течений в атмосфере.....	156
Курбацкая Л.И., Курбацкий А.Ф. Формирование супергеострофического ветра в устойчиво стратифицированном атмосферном пограничном слое: результаты численного моделирования.....	157
Миляева Е.В., Коронатова Н.Г. Смена растительных сообществ при зарастании выработанных песчаных карьеров на севере Западной Сибири.....	159
Малахова Н.А., Миронычева-Токарева Н.П. Исследование водорослей болотных экосистем	165
Невидимова О.Г., Янкович Е.П. Гидроэнергетический потенциал и гидрологические риски Томской области.....	170
Невидимова О.Г., Янкович Е.П. ГИС-технологии в исследовании природно- климатической уязвимости территории Томской области.....	176
Пичугина Н.Ю. Климат как фактор, влияющий на комфортность среды обитания населения Новосибирской области	183
Рыкова В.В. Проблемно-ориентированные базы данных ГПНТБ СО РАН	

как информационная основа исследований по геонаукам и экологии	188
Медведев В.И., Тесленко И.О., Кучкина Е.М. Классификационные испытания жидких парафинов как опасных для окружающей природной среды веществ	194
Савченко Т.И., Чанкина О.В., Попова С.А., Куценогий К.П. Роль атмосферного аэрозоля в биогеохимических циклах химических элементов	199
Трубина Л.К., Панов Д.В., Селезнев Б.В., Рыгалова С.Ю. Пространственный анализ водосборов малых рек в окрестностях г. Новосибирска	205
Якутин М.В., Андриевский В.С. Биологические характеристики в мониторинге почв озерных равнин западной Монголии	209
Шарикалов А.Г., Якутин М.В. Метод сравнения в геоэкологическом мониторинге территорий нефтяных месторождений северной тайги Западной Сибири.....	215
Янников И.М. Оценка влияния потенциально опасных объектов на окружающую среду	222
Лесных И.В., Мизин В.Е. Комплексный мониторинг линейных объектов и их земель	228
Якутин М.В., Дубовик Д.С. Показатели биологической активности в мониторинге почв пастбищ Убсунурской котловины	231
Белинская А.Ю., Хомутов С.Ю., Грехов О.М. Сейсмические эффекты в ионосфере по результатам мониторинга F-слоя над Новосибирском	237
Казьмин С.П., Климов О.В. Морфометрические особенности беловского водохранилища и экологическая оценка прилегающей территории	241
Самсонов Ю.Н., Чанкина О.В., Беленко О.А. Дисперсные и морфологические свойства дымовых частиц от лесных пожаров	247
Казьмин С.П., Климов О.В. Экологический мониторинг на нефтяных месторождениях Новосибирской области	252
Чимитдоржива Г.Д., Кленов Б.М. Природа гуминовых кислот почв северной Евразии в зависимости от континентальности климата.....	258
Анопченко Л.Ю. Динамика обсыхания причановской территории Барабы по данным космических снимков.....	262
Быкова О.Г. Адаптация растительных сообществ барабы к природным циклам	267
Артамонова С.Ю. Оценка аэрозольного техногенного загрязнения района г. Северска с помощью геохимических и ГИС-методов.....	272
Головко В.В., Куценогий К.П., Истомин В.Л. Использование конфокальной сканирующей микроскопии для определения объема и плотности пыльцевых зерен сибирских растений.....	278
Дубовик Д.С., Якутин М.В. Геоэкологический мониторинг пастбищ Убсунурской котловины с использованием методов дистанционного зондирования	284
Коронатова Н.Г., Миляева Е.В. Продуктивность болотных сосняков южной	

тайги Западной Сибири	290
Косарева А.М., Трубина Л.К. Морфологическое исследование рельефа как основа оценки рекреационного потенциала территории	295
Косых Н.П. Мониторинг продуктивности болотных экосистем	299
Креймер М.А. Правдоподобные рассуждения в геоэкологических исследованиях	304
Миляева Е.В. Локально-катастрофические сукцессии болотной растительности в зонах техногенного нарушения на территории таежной зоны Западной Сибири	310
Юдкин В.А. Способы картографического отображения пространственного распределения животных	315
Михайлова Н.И., Логиновская А.Н. Геологическая история и современное состояние гидрологической сети левобережья Иртыша	319
Миронычева-Токарева Н.П. Влияние пастбищной нагрузки на динамику растительности степных экосистем Барабы	328
Смоленцева Е.Н. Механизмы деградации почвенного покрова в интразональных геосистемах Кулундинской равнины	333

CONTENTS

Kobzeva E.A. Use of photogrammetric methods of 3D-modelling for the reservoir designing applications.....	10
Antipov A.V. Laser data calibration in TerraSolid software	14
Ayrapetian V.S., Shirokova T.A., Antipov A.V. Laser sensing data using for urban area three demension realistic scene creation	18
Guk A.P., Gordienko A.S., Lazerko M.M. The main scientific researches of chair of photogrammetry and remote sensing in 2010: automation recognition of space images, creation 3D models of materials of remote sensing	22
Shlishevsky V.B. Some problems of video spectral systems in structure aviation complexes.....	28
Belov V.V., Vorobieva L.P., Shlishevsky V.B. Measurements of the diffusion reflection coefficients of some materials in the uv range of the spectrum .	31
Arbuzov S.A. Use of the neural network for identification of corresponding points	35
Altyntsev M.A. A Tasseled Cap transformation for IKONOS imagery for vegetation decoding	40
Gordienko A.S. Research of efficiency of the technique of detecting of changes, in the large forests, based on the wavelet-analysis	46
Bryksina N.A. Increase of accuracy of lakes areas determination on radar images using filtration.....	52
Antipov I.T., Hlebnikova T.A. About reliability of a probabilisatic estimation of analitical phototriangulation accuracy	57
Khlebnikova E.P., Simonov D.P. Definition quantitative and qualitative structure of ceramics by methods automated interpretation	66
Chermoshentsev A.Y. Creation of orthophotoplans based on very high-resolution satellite images for effective territory management of municipal formation	71
Khasenov K.B., Khan V.A., Turganbaev N.B. Features of the analysis of technical characteristics of digital cameras.....	78
Korkin V.S., Sidiyakina A.E. Project of the digital mock-up aerophoto images set establishment for the photogrammetric systems research	83
Popov R.A. Creating sign vector using spherical basis image classification	86
Kokovkin V.V., Raputa V.F., Morozov S.V., Shuvaeva O.V., Devyatova A.Yu. Investigation of snow cover high aerosol contamination areas in the city of Novosibirsk	89
Raputa V.F., Romanov A.N., Kokovkin V.V., Morozov S.V., Shutova K.O. Simultaneous investigation of atmosphere and snow cover long-term contamination for the city of Barnaul	95
Kazantsev I.G., Yarovenko I.P., Prokhorov I.V. Analytical and statistical modeling of scatter radiation image formation in emission tomography .	101
Glinsky B.M., Ivanova I.N. On the relationship between the spectra of the wave field vibroseis the geological structure of mud volcanoes « Gora Karabetova»	107

Efimov S.A. Research of features of the wave seismic field formed by a monochromatic probing signal.....	115
Shokin Y.I., Dobretsov N.N., Smirnov V.V., Chubarov D.L., Kalashnikov A.B. Setup of an online TERRA/AQUA data processing system and practical experience.....	121
Kalantaev P.A., Pyatkin V.P. Concept Semantic Web in modelling of the sensor network of the natural phenomena.....	124
Kim P.A. Differential representation of scaled model of the relief	129
Sidorova V.S. Multispectral remote sensing data analysis for the earth cover with the histogram hierarchical clustering algorithm	132
Jaroslavtseva T.V., Raputa V.F. Analysis of particle size distribution in fields loss volcanic ash.....	138
Scherbakov A.V., Malakhova V.V. Studying of the vertical resolution influence on the time to equilibrium reach in the global ocean numerical model....	144
Ogorodnikov V.A., Ilina A.A. Numerical stochastic simulation of non-stationary meteorological time series.....	150
Yudin M.S. System of observation and simulation of gravity flows in the atmosphere	156
Kurbatskaya L.I., Kurbatskii A.F. Generation of a supergeostrophic wind in the stably stratified atmospheric boundary layer: the numerical results.....	158
Milyaeva E.V., Koronatova N.G. Succession of plant communities during the revegetation of post-mined sand quarries in the north of Western Siberia	159
Malachova N.A., Mironycheva-Tokareva N.P. Study of algae wetland ecosystem	165
Nevidimova O.G., Yankovich E.P. Hydropower potential and hydrological risks of Tomsk region.....	170
Nevidimova O.G., Yankovich E.P. Nature-climatic vulnerability analysis of Tomsk region by GIS-technology	176
Pichugina N.Yu. Climate as a factor affecting living conditions of Novosibirsk region population	183
Rykova V.V. Problem-oriented databases of SPSTL SB RAS as an information base of research on geoscience and ecology	188
Medvedev V.I., Teslenko I.O., Kuchkina E.M. Classification tests of liquid paraffins as substances, which is dangerous to environment.....	194
Savchenko T.I., Chankina O.V., Popova S.A., Koutzenogii K.P. Role of atmospheric aerosol in biogeochemical cycling of chemical elements	199
Trubina L.K., Panov D.V., Seleznev B.V., Rygalova S.Yu. Spatial analysis of small rivers catchment area around Novosibirsk	205
Yakutin M.V., Andrievsky V.S. Biological characteristics in ecological monitoring of soils in the lake's plain in western Mongoliya.....	209
Sharikalov A.G., Yakutin M.V. Comparison method in geoecological monitoring of the oil-fields territory in northern taiga in the Western Siberia.....	215
Yannikov I.M. Estimation of influence of potentially dangerous objects on the environment.....	222
Lesnikh I.V., Mizin V.Ye. Integrated monitoring of linear objects and their lands	

.....	228
Yakutin M.V., Dubovik D.S. Indicators of biological activity in monitoring of soils under pastures in the Ubsunur depression	231
Belinskaya A., Khomutov S., Grekhov O. The studies effects in ionosphere using the results of sounding of F-layer over Novosibirsk.....	237
Kazmin S.P., Klimov O.V. Morfometrichesky features of the belovsky water basin and ecological estimation of adjoining territory.....	241
Samsonov Yu.N., Chankina O.V., Belenko O.A. Dispersal and morphological properties of smoke particulates from forest fires	247
Kazmin S.P., Klimov O.V. Ecological monitoring on the oil deposits of the Novosibirsk region	252
Chimitdorzhieva G.D., Klenov B.M. Nature of humic acids of soils of northern Eurasia depending on continentality of climate.....	258
Anopchenko L.Yu. Dynamics of chany area (Baraba plane) drying according to the satellite images	262
Bykova O.G. Natural cycles adaptation of Baraba plant association	267
Artamonova S.Yu. The assessment of technogenic aerosol pollution of Seversk area using geochemical and GIS-methods.....	272
Golovko V.V., Koutsenogii K.P., Istomin V.L. Confocal scanning microscopy used to determine the volume and density of the pollen grains of siberian plants	278
Dubovik D.S., Yakutin M.V. Geoecological monitoring of Ubsunur depression's pastures with help of the remote sensing methods	284
Koronatova N.G., Milyaeva E.V. Productivity of bog pine forests in the southern taiga of Western Siberia	290
Kosareva A.M., Trubina L.K. Morphological relief investigation as a basis for the territory recreational potential estimation.....	295
Kosykh N.P. Monitoring productivity bog ecosystems.....	299
Kreymer M.A. Plausible reasoning in geoecological research	304
Milyaeva E.V. Local catastrophic mire vegetation fluctuations in technogenic disturbance zones of west Siberian taiga territories.....	310
Yudkin V. A. The methods of mapping of animal spatial distribution.....	315
Mihailova N.I., Loginovskaya A.N. Geological history and modern condition of gidrological net of left bank Irtysh.....	319
Mironycheva-Tokareva N.P. Influence of the loadpasture in the vegetation of Baraba steppes ecosystems	328
Smolentseva E.N. Degradation mechanisms of soil cover in the intrazonal ecosystems.....	333

УДК 528.74

Е.А. Кобзева

ООО «Технология 2000», Екатеринбург

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ФОТОГРАММЕТРИЧЕСКИХ МЕТОДОВ СОЗДАНИЯ 3D МОДЕЛЕЙ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ВОДОХРАНИЛИЩ

Строительство водохранилищ имеет как положительные, так и отрицательные стороны, которые желательно учесть еще на стадии проектирования. Трехмерные модели социально значимых и критически важных объектов помогают оперативно и наглядно оценить исходное состояние местности и потенциальное воздействие нового водохранилища на окружающую среду. В статье рассматривается технологическая цепочка создания таких моделей фотограмметрическим путем. Обсуждаются преимущества и недостатки используемого метода.

E.A. Kobzeva

Technology 2000, Ekaterinburg

USE OF PHOTOGRAMMETRIC METHODS OF 3D-MODELLING FOR THE RESERVOIR DESIGNING APPLICATIONS

Reservoir construction has its pros and cons which should be taken into consideration at its designing stage. 3D modelling of socially significant objects provides an efficient and visual presentation of the area's initial state and allows to assess the potential environmental impact of new reservoirs. The article examines the photogrammetric methods of creating such 3D-models and considers their advantages and disadvantages.

По данным [3] в России функционирует более 2 тыс. водохранилищ с общим объемом 840 км³ и площадью акватории 60 тыс. км². Их основная задача – регулирование стока воды, что важно для энергетики, ирригации, водного транспорта и пр. Также водохранилищам отводится большая роль в предотвращении наводнений. Вместе с положительным экономическим эффектом, строительство водохранилищ вызывает и нежелательные последствия, такие как затопление и подтопление земель, перемещение населения, угроза культурному наследию. Появление водохранилища значительно и необратимо меняет природный ландшафт и экологический баланс местности.

Оценка и прогноз соотношения «польза/ущерб» от строительства водохранилища выполняется еще на стадии проектирования, и для этого широко привлекаются картографические данные различного назначения (топографические, геологические, кадастровые карты и др.). Наряду с 2D-

материалами рекомендовано использование трехмерных моделей территорий и критически важных объектов [5].

Построение трехмерных моделей – процесс относительно новый. Ряд исследований посвящен созданию измерительных трехмерных моделей, которые отличаются высокой точностью размеров, формы, пространственного положения объектов модели [1,2,4].

Перед специалистами ООО «Технология 2000» была поставлена задача создания трехмерных моделей наиболее значимых объектов в зоне влияния одного из строящихся водохранилищ в европейской части России, наглядная иллюстрация подъема нормального подпорного уровня водохранилища, а также моделирование наводнений, вызываемых половодьем или паводком.

Для создания трехмерных моделей была выбрана следующая технологическая схема:

- Аэрофотосъемка;
- Планово-высотная подготовка снимков;
- Аналитическая фототриангуляция;
- Создание цифровой модели рельефа;
- Построение ортофотопланов;
- Драпировка цифровой модели рельефа ортофотопланами для получения реалистичной трехмерной картины окружающей местности;
- Оцифровка строений и объектов инженерной защиты (дамбы, парапеты и пр.) по стереопарам аэроснимков с определением их относительных высот;
- Построение трехмерных моделей отдельных сооружений, их текстурирование и экспорт в общую 3D-модель.

Фотограмметрическая обработка аэроснимков, в том числе получение цифровой модели рельефа и ортофотопланов, оцифровка сооружений выполнялась на цифровой фотограмметрической станции Photomod (Компания «Ракурс», Россия). Создание трехмерных моделей отдельных сооружений проводилось с помощью ПО SketchUp (<http://sketchup.google.com/intl/ru/gsu7/>). И наконец, объединение всех данных и создание единой трехмерной модели было выполнено в ПО ArcGIS. На рисунке приведены иллюстрации отдельных элементов для сборки трехмерной модели.

Использование нескольких программных продуктов требует «взаимопонимания» форматов данных, причем желательно чтение формата «на лету» без дополнительных затрат времени на конвертирование. Кроме того, работа ведется с файлами большого объема, то есть программные продукты должны уметь оптимизировать исходные данные и ресурсы компьютера для более быстрого отображения трехмерной сцены. Выбранная связка Photomod – SketchUp – ArcGIS хорошо справляется с указанными задачами.

Следующим этапом являлось моделирование поднятия уровня водохранилища в различных условиях и оценка эффективности планируемых защитных мероприятий. Для этих целей, на наш взгляд, удобным является

использование ПО ArcGIS, которое обладает широким набором инструментов анализа геопространственных данных.

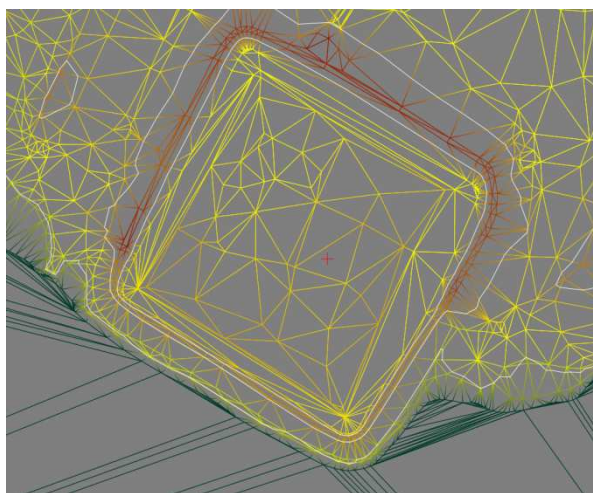
Уровни поднятия водохранилища выбирались следующими:

1 – исходный уровень, соответствующий текущему урезу реки (водохранилища);

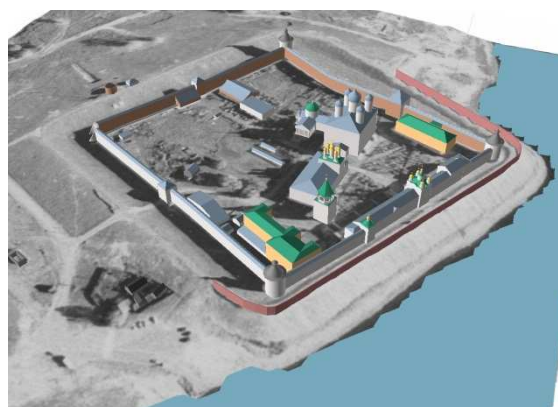
2 – проектируемый уровень, соответствующий проектируемой отметке нормального подпорного уровня водохранилища;

3 – критический уровень, соответствующий подъему воды во время наиболее высокого наводнения, зафиксированного в предыдущие годы.

На модели хорошо видно, что поднятие нормального подпорного уровня водохранилища не нанесет вред объектам культурного наследия, находящимся в зоне влияния водохранилища; инженерная защита населенных пунктов соответствует своему назначению.



а) б)



в) г)

Рис. Элементы трехмерной модели:

а – ортофотоплан, б – цифровая модель рельефа в вид TIN, в – 3D модели зданий и сооружений, г – результирующая 3D-модель и подъем воды до нормального подпорного уровня

Дополнительным преимуществом создания трехмерных моделей является возможность наглядной демонстрации общественности безопасности строительства водохранилища для критически важных объектов. Это позволит снизить социальную напряженность и негативный настрой местного населения.

Трехмерные модели, полученные фотограмметрическим путем, являются независимыми, объективными и измерительными (!), что может использоваться в проектных расчетах, а не только для «генеральского эффекта».

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Алябьев А.А., Сосновский А.В. Цифровое трехмерное моделирование местности на основании результатов спутниковой стереоскопической съемки. – Геодезия и картография. - № 8. – 2008. – с.23-27.

2. Лазерко М.М. Совместная обработка материалов аэрокосмических и наземных съемок для создания 3D моделей городских территорий. Автореферат диссертации. – Новосибирск, 2010.

3. Максаковский В., Географическая картина мира. Пособие для вузов. Кн. I: Общая характеристика мира. Глобальные проблемы человечества: - 71 стр.

4. Павленко А.В. Разработка методики создания фотограмметрических 3D-моделей местности по аэрокосмическим снимкам. Диссертация на соискание ученой степени канд.техн.наук. – Новосибирск, 2006.

5. Рекомендации по созданию трехмерных геоизображений (моделей) территорий и объектов жизнеобеспечения, потенциально-опасных, критически важных для национальной безопасности / Нормативно-методические документы по вопросам организации выполнения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ. – М.: ВНИИ ГОЧС, 2009. – 41с.

© Е.А. Кобзева, 2011

УДК 528.8

А.В. Антипов

СГГА, Новосибирск

КАЛИБРОВКА ДАННЫХ ВОЗДУШНОГО ЛАЗЕРНОГО СКАНИРОВАНИЯ В ПРОГРАММНОМ ПРОДУКТЕ TERRASOLID

В статье приведены особенности калибровки данных лазерной локации в программном продукте TerraSolid. Определено влияние калибровки высот лазерных точек на значения параметров классификации точек лазерных отражений и точность построения цифровых моделей рельефа.

A.V. Antipov

Siberian State Academy of Geodesy (SSGA)

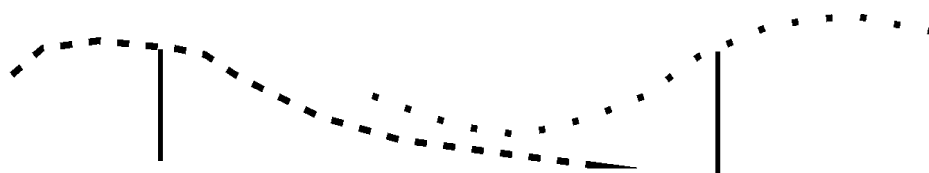
10 Plakhotnogo Str., Novosibirsk, 630108, Russian Federation

LASER DATA CALIBRATION IN TERRASOLID SOFTWARE

This article is about laser data calibration features in TerraSolid software. The influence of laser data calibration on laser points classification parameters and digital terrain models creation is shown.

На сегодняшний день воздушное лазерное сканирование (ВЛС) является одним из наиболее перспективных методов получения метрической информации о местности. Лазерно-локационный (ЛЛ) метод дистанционного зондирования имеет ряд несомненных преимуществ перед аэрофотосъемкой [1,2].

Для того, чтобы лидар обеспечивал получение метрической информации об объектах с высокой точностью, необходимо периодически производить его калибровку до начала съемки [1]. Точность определения пространственных координат точек лазерных отражений (ТЛО) зависит от характеристик сканера, а также от высоты ВЛС, качества работы GPS и INS систем, количества и расположения базовых станций и других. Поскольку влияние этих факторов на каждом маршруте съемки индивидуально, то в области их перекрытия возникает неоднозначность в определении высот точек местности (рис. 1). В связи с этим актуальным является вопрос о необходимости калибровки высот ТЛО при обработке данных ВЛС. Цель данной работы заключалась в определении влияния процедуры калибровки координат Z лазерных точек на параметры классификации ТЛО и точность построения ЦМР.



ТЛО первого маршрута

ТЛО второго маршрута

Рис. 1. Расхождения высот ТЛО, полученных с соседних маршрутов

Исходными данными для проведения экспериментальных работ являлись массив ТЛО съемки г. Омска и г. Ниагара – Фолс, траектории полета летательного аппарата, координаты контрольных точек. Обработка данных производилась в программном продукте (ПП) Terra Solid.

Вначале проведено исследование влияния процедуры калибровки высот лазерных точек на параметры выделения из общего массива ТЛО класса «Земля». Для этого по данным ВЛС двух городов были определены наиболее оптимальные параметры автоматической классификации лазерных точек (табл. 1), принадлежащих земной поверхности, расположенных вне области перекрытия маршрутов.

Таблица 1. Параметры для отнесения в класс «Земля» ТЛО, находящихся вне области межмаршрутного перекрытия

Город	Значения параметров классификации ТЛО	
	угол приближения, °	дистанция приближения, м
Омск	10	0,28
Ниагара-Фолс	6	0,32

Затем в автоматическом режиме выделялись лазерные точки класса «Земля» в области межмаршрутных перекрытий. Величины наилучших параметров классификации приведены в табл. 2.

Таблица 2. Параметры классификации ТЛО до и после калибровки высот точек

Город	Значения параметров для отнесения ТЛО в класс «Земля»			
	до калибровки Z		после калибровки Z	
	угол приближения, °	дистанция приближения, м	угол приближения, °	дистанция приближения, м
Омск	12	0,30	11	0,30
Ниагара-Фолс	10	0,40	8	0,35

Для проведения процедуры калибровки лидарных данных при помощи созданной макрокоманды ТЛО отдельных маршрутов были соотнесены с

соответствующими участками траекторий полета носителя. С использованием специальной команды построены ЦМР в области межмаршрутных перекрытий, по которым найдены средние невязки высот ТЛО и последовательно введены поправки в координаты Z всех лазерных точек проекта за влияние каждого отдельного фактора (крен, тангаж и курс, разность высоты полета летательного судна и флуктуации данных INS). Поскольку средние значения разностей высот (ΔZ) точек в зонах перекрытия отдельных маршрутов съемки одного и того же объекта представляют собой величины одного порядка малости (0,074; 0,081; 0,068; 0,073; 0,072 м для г. Ниагара-Фолс и 0,040; 0,037; 0,037; 0,035; 0,031; 0,042; 0,037 м для г. Омска), то в табл. 3 приведены средние значения ΔZ в пределах съемочных участков.

Таблица 3. Средние значения невязок в высотах общемаршрутных ТЛО в пределах объектов съемки

Город	Исходные значения невязок (ΔZ), м	Расхождения Z после введения поправок за		
		крен, тангаж и курс, м	разность высоты полета, м	флуктуации данных INS, м
Омск	0,037	0,035	0,032	0,027
Ниагара-Фолс	0,073	0,071	0,067	0,060

Из анализа данных таблицы 3 видно, что в результате калибровки высот ТЛО среднее значение разностей координат Z точек объектов в областях межмаршрутных перекрытий уменьшилось на 18 % (г. Ниагара-Фолс) и 27 % (г. Омск). Незначительные исходные значения невязок ΔZ и поправок, вводимых в высоты лазерных точек, полученных при съемке г. Омска, можно объяснить высокой точностью определения пространственных координат точек, обеспечиваемой используемой моделью воздушного лазерного сканера (Leica ALS-52), высокой плотностью ТЛО (8 точек/м²) и незначительной высотой полета летательного аппарата (600 м).

После выполнения процедуры калибровки данных воздушного лазерного сканирования параметры для автоматического отнесения ТЛО, находящихся в области межмаршрутного перекрытия, в класс «Земля» изменились на 11 – 33 % (табл. 2) относительно исходных (полученных до введения поправок в высоты лазерных точек).

Проведенные исследования свидетельствуют, что оптимальные параметры для автоматического выделения лазерных точек, принадлежащих земной поверхности, расположенных вне области перекрытия маршрутов (табл. 1) и находящихся в межмаршрутном перекрытии, после калибровки высот (табл. 2) незначительно отличаются друг от друга. Данный факт свидетельствует о возможности использования одних и тех же значений параметров для автоматической классификации лазерно-локационных точек, являющихся результатом съемки всей территории, при условии предварительного выполнения калибровки данных ВЛС и одинакового характера рельефа.

По лазерным точкам класса «Земля» в зонах перекрытия маршрутов были созданы четыре ЦМР территорий двух городов (до и после калибровки высот точек), и выполнена оценка точности их построения по координатам контрольных точек, число которых составляло на г. Омск – 16 точек, на г. Ниагара-Фолс - 21 точка. Для этого по высотам контрольных точек, полученным из полевых геодезических работ и ЦМР, были вычислены максимальная ($\Delta z_{\max}$), средняя (δz) и средняя квадратическая ($m_{\Delta z}$) ошибки моделирования рельефа (табл. 4).

Таблица 4. Результаты оценки точности построения ЦМР

Город	Параметры оценки точности					
	до калибровки Z			после калибровки Z		
	$\Delta z_{\max}$, м	δz , м	$m_{\Delta z}$, м	$\Delta z_{\max}$, м	δz , м	$m_{\Delta z}$, м
Омск	0,140	0,078	0,088	0,140	0,076	0,084
Ниагара-Фолс	0,142	0,060	0,071	0,065	0,043	0,046

Из анализа данных таблицы 4 следует, что выполнение процедуры калибровки высот точек лазерных отражений позволило уменьшить среднюю квадратическую ошибку построения ЦМР территории г.Ниагара-Фолс на 35 %, а г. Омска на 5 %.

На основе результатов проведенных исследований в ПП TerraSolid можно сделать следующие выводы:

- С целью экономии времени камеральной обработки лидарных данных перед автоматическим отнесением лазерно-локационных точек в класс «Земля» рекомендуется производить процедуру калибровки высот лазерных точек с использованием общемаршрутных ТЛО, принадлежащих земле. При незначительной высоте лазерно-локационной съемки, высокой плотности ТЛО и разностях координат Z точек, расположенных в области перекрытия маршрутов, менее 5 см, процедуру калибровки можно не выполнять, поскольку она не приводит к значительному изменению точности построения ЦМР, о чем свидетельствуют результаты обработки данных ВЛС территории г. Омска;

- При автоматической классификации лазерных точек с целью распознавания ТЛО, принадлежащих земной поверхности, особое внимание необходимо уделять выбору такого параметра, как угол приближения.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Медведев, Е.М. Лазерная локация земли и леса [Текст] / Е.М. Медведев, И.М. Данилин, С.Р. Мельников – М.: Геолидар, Геокосмос; Красноярск: Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, 2007. - 229 с.
2. Axelson, Peter Processing of laser scanner data – algorithms and applications [Текст] / Peter Axelson // Journal of Photogrammetry and Remote Sensing. - 1999. – V.54. – PP. 138 -147.

УДК 528.8

В.С. Айрапетян, Т.А. Широкова, А.В. Антипов

СГГА, Новосибирск

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДАННЫХ ЛАЗЕРНОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ТРЕХМЕРНЫХ РЕАЛИСТИЧНЫХ СЦЕН ГОРОДСКИХ ТЕРРИТОРИЙ

Показана возможность создания трехмерных текстурированных моделей и проведения экологического мониторинга городских территорий с использованием данных лазерного дистанционного зондирования.

V.S. Ayrapetian, T.A. Shirokova, A.V. Antipov

Siberian State Academy of Geodesy (SSGA)

10 Plakhotnogo Str., Novosibirsk, 630108, Russian Federation

LASER SENSING DATA USING FOR URBAN AREA THREE DEMENSION REALISTIC SCENE CREATION

The possibility of 3-D urban area texturing models creation and ecological monitoring data collection by means of laser remote sensing data is shown.

В настоящее время методы дистанционного зондирования Земли нашли широкое применение в различных областях народного хозяйства, для геодезических изысканий, мониторинга окружающей среды и др. На территории городов создаются крупномасштабные планы, строятся их трехмерные модели, включающие модели зданий, рельефа, инфраструктуры и другие.

На сегодняшний день за рубежом стали терять свою популярность двумерные топографические планы, на смену им пришли трехмерные модели, обладающие следующими преимуществами: информативность, наглядность, непрерывность, точность и достоверность. Модели объектов ситуации и рельефа строятся в трехмерном пространстве, тем самым создается так называемая трехмерная карта. Для того, чтобы модели приобрели реалистичный вид, на них проецируются текстуры. Обычно для этих целей используют ортофотопланы, созданные по материалам аэрофото - или космической съемок.

Воздушное лазерное сканирование является одним из передовых методов сбора информации об объектах съемки. При лидарной съемке кроме массива точек лазерных отражений получают цифровые аэрофотоснимки, которые обычно используются для создания ортофотопланов.

В процессе работы выполнены исследования по выбору оптимальных параметров классификации точек лазерных отражений, принадлежащих земной

поверхности, для различных типов местности [1], и способов моделирования рельефа и строений, разработаны методики создания ортофотопланов, моделирования рельефа и зданий по данным воздушного лазерного сканирования и цифровой аэрофотосъемки с использованием программного продукта TerraSolid. На основе разработанных методик построены трехмерные текстурированные модели объектов ситуации и рельефа двух территорий г. Ниагара-Фолс (2 км²), г. А (3 км²) с точностью, соответствующей требованиям создания плана масштаба 1:500 с высотой сечения рельефа 0,5 м. Средняя квадратическая ошибка моделирования зданий составила 0,251 м, рельефа – 0,085 м. Фрагменты созданных моделей представлены на рис. 1.



Рис. 1. Фрагменты трехмерных текстурированных моделей г. Ниагара-Фолс и г. А

Для того, чтобы созданные модели городских территорий приобрели реалистичный вид, они должны содержать модели всех существующих реальных объектов, отображаемых на картах и планах крупного масштаба: зданий, строений, автомобильных и грунтовых дорог, растительности, ограждений и др. Построение таких моделей также можно производить по данным воздушного лазерного сканирования и цифровой аэрофотосъемки.

Для создания полноценных трехмерных реалистичных сцен городов важна информация об экологической обстановке территорий.

В пределах мегаполисов, таких как Москва, Санкт-Петербург, Новосибирск и других расположены объекты техногенного характера: автомагистрали, тепловые электростанции, промышленные и сельскохозяйственные предприятия и другие, которые выделяют в воздух загрязняющие вещества, неблагоприятно влияющие на здоровье человека. Их пагубное воздействие определяется максимальной и среднесуточной предельно допустимыми концентрациями в воздухе (мг/м³) и классом опасности. Поэтому необходимо производить регулярный мониторинг за выбросами газов в атмосферу с городских территорий, сбор данных об их концентрации и направлении движения. Такую информацию можно получить с опорных пунктов наблюдения, расположенных в городе, на которых измеряется уровень вредных веществ в воздухе, либо с использованием методов дистанционного детектирования, что позволит сократить время на выполнение больших объемов работ, если речь идет о целом городе.

Для определения концентраций атмосферных газов создан и испытан автоматизированный дифференциальный лазерный комплекс на основе параметрического генератора света, перестраиваемого в ближней и средней инфракрасной области спектра [1,2].

К числу наиболее известных органических веществ, отрицательно влияющих на здоровье человека, относятся молекулы аллена и ацетилена, которые характеризуются своей неустойчивостью. Они взрываются при нагревании до температуры примерно равной 500°C, либо при повышении давления до 2 атмосфер. На основе характеристик разработанного автоматизированного дифференциального параметрического лазерного комплекса, работающего в ИК области спектра [1,2], и базы данных HITRAN [3] был выполнен расчет спектроскопических параметров молекул аллена и ацетилена, который показал возможность детектирования этих органических соединений с концентрацией на уровне нескольких единиц ppm.

Обнаружение газовых загрязняющих веществ не является единственной сферой применения разработанного автоматизированного лазерного комплекса. Он может быть использован в качестве одного из оптических косвенных методов поиска взрывчатых или опасных соединений, поскольку они выделяют в атмосферу пары определенных молекул. Следовательно, данный лидарный комплекс можно применять для обнаружения взрывчатых веществ при проектировании и строительстве новых жилых массивов на бывших территориях дислокации военных частей, в районах боевых действий, местах массовых сражений прошедших лет и для предотвращения терактов.

Таким образом, текстурированные трехмерные модели ситуации и рельефа совместно с информацией об экологическом состоянии территорий позволяют создавать полную реальную картину окружающей среды. С помощью этой информации человек будет не только видеть положение объектов друг относительно друга, но и знать насколько экологическая обстановка соответствует его безопасному проживанию. Имея в наличии цифровую модель рельефа, трехмерные модели объектов ситуации и информацию о направлении движения воздушных масс, можно смоделировать и спрогнозировать распространение вредных веществ по территории мегаполиса для принятия управленческих решений по проектированию и строительству различного рода сооружений, а также по совершенствованию фильтрационного оборудования на предприятиях.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Antipov, A Ground point classification using molding filter in TERRASOLID [Текст] / A. Antipov, O. Martemyanova // International summer Student Seminar, Novosibirsk – 2010.- PP. 18 – 22.
2. Ayrapetian, V.S. IR lidar based on OPO [Текст] / A.V. Hakobyan, G.M. Apresyan, E.M. Poghosyan, A.H. Sahakyan, K.A. Sargsyan, T.K. Sargsyan // SPIE. - 2006. - V.6160, PP. 708 – 713.

3. Айрапетян, В.С. Внерезонаторная параметрическая генерация с плавной и (или) дискретной перестройкой частоты излучения [Текст] / В.С. Айрапетян // Вестник НГУ сер. Физика.- 2009. - №3. - С. 20 – 24.

4. Rothman L.S., Gamache R.R., Tipping R.N. e.a. The HITRAN Molecular Database: edition of 1991 and 1992, JQSRT., 1992. - V.48, PP. 469 – 507.

© В.С. Айрапетян, Т.А. Широкова, А.В. Антипов, 2011

УДК 528.7

А.П. Гук, А.С. Гордиенко, М.М. Лазерко

СГГА, Новосибирск

ОСНОВНЫЕ НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ КАФЕДРЫ ФОТОГРАММЕТРИИ И ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ В 2010 ГОДУ: АВТОМАТИЗАЦИЯ ДЕШИФРИРОВАНИЯ КОСМИЧЕСКИХ СНИМКОВ, ПОСТРОЕНИЕ 3D МОДЕЛЕЙ ПО МАТЕРИАЛАМ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ

В статье представлены результаты исследований кафедры фотограмметрии дистанционного зондирования, выполненные в 2010 году. Основные из них описаны более детально.

A.P. Guk, A.S. Gordienko, M.M. Lazerko

Siberian State Academy of Geodesy (SSGA)

10 Plakhotnogo Ul., Novosibirsk, 630108, Russian Federation

THE MAIN SCIENTIFIC RESEARCHES OF CHAIR OF PHOTOGRAMMETRY AND REMOTE SENSING IN 2010: AUTOMATION RECOGNITION OF SPACE IMAGES, CREATION 3D MODELS OF MATERIALS OF REMOTE SENSING

In article results of scientific researches of chair photogrammetry in 2010 are presented. The cores from them are considered in more details.

В 2010 году кафедра фотограмметрии и дистанционного зондирования проводила научные исследования по следующим направлениям:

- Автоматизация дешифрирования многоспектральных космических снимков высокого и сверхвысокого разрешения (Гук А.П., Гордиенко А.С., Йехия Хассан Микки Хассан, Алтынцев М.А., Арбузов С.А., Хлебникова Е.П.);
- Создание 3D моделей местности по аэрокосмическим снимкам и наземным снимкам (Гук А.П., Лазерко М.М.);
- Обработка материалов наземного и воздушного лазерного сканирования (Широкова Т.А., Комиссаров А.В., Антипов А.В.);
- Исследования геометрической точности космических снимков среднего и высокого разрешения (Гук А.П., Чермошенцев А.Ю., Арбузов С.А.);
- Исследования возможности использования ЦМР для решения фотограмметрических задач и дешифрирования снимков (Гук А.П., Коркин В.С., Арбузов С.А., Сидякина А.Е.);
- Совершенствование методов аналитической фототриангуляции (Антипов И.Т.).

Рассмотрим два важных результата исследований, полученных в 2010 году.

Проблема автоматизированного дешифрирования многоспектральных космических снимков является одной из основных в области цифровой обработки изображений. С 70х годов прошлого века в этом направлении ведутся интенсивные исследования.

Предложены различные подходы, методики и алгоритмы для автоматического и автоматизированного дешифрирования космических и аэроснимков различного типа. Однако до настоящего времени нет универсального подхода и алгоритмов, позволяющего решать эту задачу. Разработаны методики и алгоритмы дешифрирования лишь некоторых классов объектов.

Это объясняется чрезвычайной сложностью задачи:

- Во-первых, изображения одних и тех же объектов на различных снимках и в различных масштабах существенно различаются и зависят от типа съемочной системы;

- Во-вторых, даже для снимков одного масштаба изображения объектов зависят от условий съемки, положения Солнца, состояния атмосферы, положения съемочной системы и т. д.

Таким образом, дешифровочные признаки объектов даже одного класса существенно различаются.

Основным дешифровочным признаком объектов (или участков территорий) является вектор спектральных яркостей $\bar{P} = \{P^I, P^{II}, \dots, P^k\}$, где P^j – яркость элемента изображения в j канале, k – количество каналов.

Выполненные исследования показали, что использование только спектральных признаков не всегда дает удовлетворительные результаты. В связи с этим используют различные методы нормирования изображений, формирование индексных изображений, преобразование изображений (например, метод главных компонент, Tasseled Cap) [1].

На кафедре фотограмметрии и дистанционного зондирования был предложен новый подход к автоматизированному дешифрированию снимков, основанный на использовании структурных признаков и комплексных признаков. В качестве структурных признаков используются Фурье и вейвлет-образы исходных изображений или преобразованных изображений (например, первой компоненты, полученной по методу главных компонент) [2,3].

Дискретное Фурье-преобразование исходного изображения $P(x, y)$, определяемое на интервале $[0, T-1]$, может быть представлено в виде:

$$P(u, v) = \frac{1}{NN} \sum_{x=0}^{N-1} \sum_{y=0}^{N-1} P(x, y) e^{-i2\pi \left(\frac{ux}{N} + \frac{vy}{N} \right)} \quad (1)$$

В отличие от Фурье-анализа, вейвлет-преобразование основано на функциях, которые локализованы по частоте и по времени, что обеспечивает возможность анализа результата как в частотном, так и в физическом

пространстве, что важно при работе с неоднородным сигналом, таким, как, например, изображение поверхности Земли (аэрокосмические снимки).

Наиболее часто применяемыми вейвлет-функциями являются: вейвлет Хаара, МНАТ-вейвлет, Морле, Мейера, Шеннона, Добеши, койфлеты и др. Рассмотрим некоторые из них подробнее.

Графическое изображение вейвлета Хаара представлено на рис. 1, а функция записывается в следующем виде:

$$\psi(x) = \begin{cases} 1 & \left(0 \leq x < \frac{1}{2}\right), \\ -1 & \left(\frac{1}{2} \leq x < 1\right), \\ 0 & \text{(в других случаях)}. \end{cases} \quad (2)$$

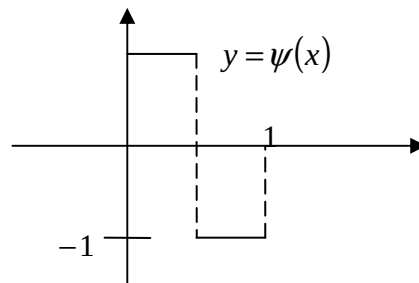


Рис. 1. Вейвлет Хаара

Соответственно вейвлет-функции Хаара можно записать как

$$\psi_{ab}(x) = 2^{-a/2} \psi\left(\frac{x - b2^a}{2^a}\right). \quad (3)$$

Из всех ортогональных вейвлетов вейвлет Хаара имеет наименьший размер (компактный носитель), но не является непрерывным, гладким и имеет один нулевой момент.

МНАТ-вейвлет (Мексиканская шляпа) вычисляется как

$$\psi(x) = (1 - x^2) e^{-x^2/2}, \quad (4)$$

а его график представлен на рис. 2:

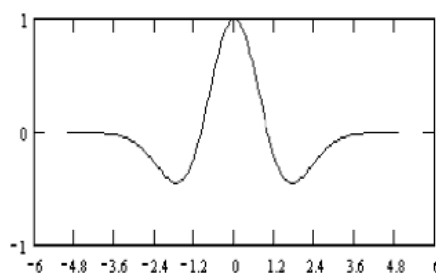


Рис. 2. МНАТ-вейвлет

МНАТ-вейвлет достаточно локализован по времени и по частоте, непрерывный, гладкий и имеет нулевые значения первого и нулевого моментов. Вейвлет Морле выражается следующей формулой:

$$\psi(x) = e^{-x^2/a^2} e^{i2\pi x}, \quad (5)$$

где a – параметр, задающий ширину гауссианы.

Графическое изображение вейвлета Добеши представлено на рис. 3, а функция записывается в следующем виде:

$$H(t) = \left(\frac{1 + e^{-it}}{2} \right)^N B(t), \quad (6)$$

где B – полином степени $N - 1$ по e^{-it} .

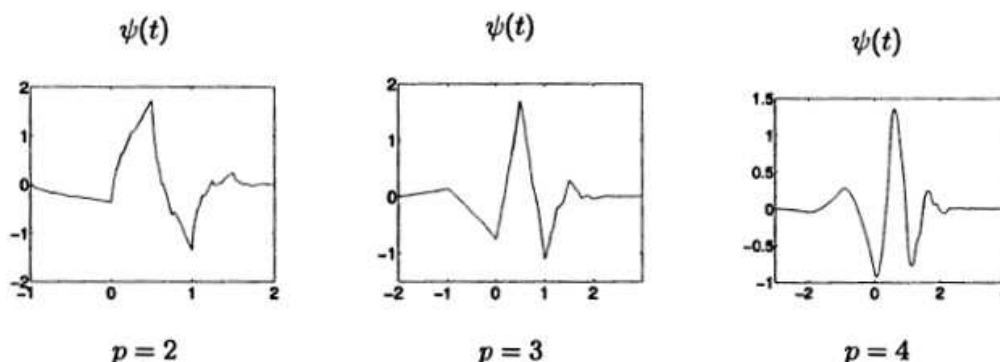


Рис. 3. Вейвлет Добеши с p нулевыми моментами

Вейвлеты Добеши обладают минимальным размером для любого заданного числа нулевых моментов p .

При исследовании методики выявления изменений, основанной на вейвлет-преобразовании, было получено, что для решения данной задачи можно использовать любой вейвлет. Но так как теоретически предпочтительнее вейвлет Добеши, то в дальнейших исследованиях разложение выполнялось по вейвлет-функциям Добеши.

Для отображения результатов дешифрирования и наглядного их представления целесообразно использовать 3D модели.

На кафедре были выполнены исследования различных методик моделирования 3D объектов.

Сущность данного метода заключается в том, что построение 3D моделей основано на использовании фотограмметрических моделей, полученных по стереопарам аэрофото или космических снимков. В результате этого информация для построения ЦМР полностью берется со снимков и в соответствии геометрическая точность 3D моделей будет соответствовать фотограмметрической точности, а текстура берется с фотографических снимков. Таким образом, мы получаем измерительную реалистичную 3D модель с заданной точностью и детальностью в выбранной системе координат. Проект зданий и сооружений строится в AUTOCAD в соответствии с

истинными запроектированными размерами и по координатам помещается 3D модель в существующие в настоящее время застройки.

Для создания измерительных 3D моделей необходимо иметь реальные высоты объектов, то есть реальные пространственные данные об объекте. Это возможно, если для построения объектов использовать космические или аэроснимки, обработанные фотограмметрическим методом, позволяющим построить реальную пространственную модель местности и объектов.

Разработана методика сбора и обработки различных данных дистанционного зондирования, таких, как космические снимки высокого разрешения, аэрофотоснимки, материалы наземных цифровых съемок, материалы лазерной съемки, а также топографических карт для создания реалистических измерительных 3D моделей.

Показано, что для оценки эффективности работы программ построения 3D целесообразно выбрать программы двух различных типов, одна из которых обеспечивает высокую точность построения модели, а другая является простой и быстродействующей. На основе анализа были выбраны в качестве программы первого типа 3dsMAX, а второго – Google SketchUp.

Текстура объектов обычно создается путем использования стандартных рисунков, а при формировании реалистичных моделей текстура выбирается по соответствующим снимкам. Однако методы получения пространственных данных для 3D моделей фотограмметрическим способом недостаточно разработаны, в связи с этим в данной работе были предложены технологические схемы, основанные на построении реалистичных 3D моделей по материалам различных видов съемок и текстур, полученных по реальному изображению.

Под реалистичными измерительными 3D моделями будем понимать такие 3D модели, которые имеют геометрические параметры определенной точности (то есть координаты XYZ для каждой точки), а также имеют реальную текстуру, полученную по космическим, аэро- и наземным цифровым снимкам.

Для построения реалистичных 3D моделей объектов местности требуются следующие типы данных:

- Данные о рельефе местности (ЦМР);
- Пространственные данные об объектах, которые будут отображаться на 3D модели;
- Отдельные детали объектов в крупномасштабных 3D моделях;
- Реальные текстуры местности (обычно полученные по различным типам снимков: космическим, аэрофотоснимкам, цифровым аэро- и наземным снимкам).

В настоящее время имеется множество программ, которые позволяют выполнить все операции по обработке различных типов снимков, поэтому при создании технологии получения 3D модели необходимо выполнить правильное комплексирование процедур и согласовать результаты входных и выходных данных.

Была предложена технологическая схема построения реалистической 3D модели по аэроснимкам, космическим снимкам высокого разрешения и объектам, сформированным в AutoCAD [4].

Предложенная технологическая схема была исследована и в результате было выполнено следующее:

- Построение реалистичной 3D модели городской территории по космическим снимкам высокого разрешения и аэрофотоснимкам;
- Построение реалистичной 3D модели отдельных зданий по цифровым аэрофотоснимкам и наземным снимкам;
- Построение реалистичной 3D модели интерьера жилого помещения по цифровым фотоснимкам, полученным цифровым фотоаппаратом;
- Построение реалистичной 3D модели городской территории по космическим снимкам высокого разрешения и объектам, сформированным в AutoCAD (моделирование точечной застройки городской территории).

Для реализации технологии были использованы программные комплексы 3dsMAX, Google SketchUp, AutoCAD.

Заключения

1. В результате исследований алгоритмов и методов, основанных на использовании вейвлет-преобразования, была разработана технология полностью автоматического выделения мест рубок леса по космическим снимкам высокого разрешения.

2. Разработана технология построения измерительных реалистичных 3D моделей по аэрокосмическим снимкам.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Хлебникова, Е.П. Влияние нормирования яркости на достоверность дешифрирования многозональных космических снимков [Текст] / Хлебникова Е.П. // Геодезия и картография. – 2005. – №12. – С. 24–28.

2. Гук, А.П. Локализация изменений объектов природно-территориальных комплексов по разновременным космическим снимкам [Текст] / А.П. Гук, Л.Г. Евстратова, А.С. Гордиенко, М.А. Алтынцев // Геодезия и картография. – 2010. – № 2. – С. 19–25.

3. Гук, А.П. Комплексный анализ космических снимков для выявления изменений при мониторинге территорий [Текст] / А.П. Гук, Л.Г. Евстратова, А.С. Алферова // ГЕО-Сибирь-2009. Т. 4. Дистанционные методы зондирования Земли и фотограмметрия, мониторинг окружающей среды, геоэкология. Ч. 2: сб. матер. V Междунар. научн. конгресса «ГЕО-Сибирь-2009», 20–24 апреля 2009 г., Новосибирск. – Новосибирск: СГГА, 2009. – С. 181–185.

4. Лазерко, М.М. Использование программного продукта Google SketchUp для быстрого формирования трехмерной модели [Текст] / М.М. Лазерко // Геодезия и картография. – 2010. – № 2. – С. 25–27.

УДК 550.8: 528

В.Б. Шлишевский

СГГА, Новосибирск

НЕКОТОРЫЕ ЗАДАЧИ ВИДЕОСПЕКТРАЛЬНЫХ СИСТЕМ В СОСТАВЕ АВИАЦИОННЫХ КОМПЛЕКСОВ

Обсуждаются возможности применения видеоспектральных систем в составе бортовых авиационных комплексов с целью выделения дополнительных информативных признаков фоноцелевой обстановки.

V.B. Shlishevsky

SSGA, Novosibirsk

SOME PROBLEMS OF VIDEO SPECTRAL SYSTEMS IN STRUCTURE AVIATION COMPLEXES

Possibilities of application of video spectral systems as a part of onboard aviation complexes for the purpose of allocation of additional informative signs of phonotarget conditions are discussed.

Актуальность и практическая значимость видеоспектрометрии сегодня подтверждаются ее интенсивным развитием во всех высокоразвитых странах мира при активном финансировании многих научно-технических программ такими организациями, как NASA, ESA и NASDA. При этом современные зарубежные видеоспектрометры (AIS, AVIRIS, ROSIS, CASi, AISA, MODIS, MERIS, WIS и др.) авиационного и космического базирования могут регистрировать до 200 и более видеоспектральных изображений.

ГОУВПО «СГГА» в качестве одной из организаций–соисполнителей принимала участие в работе по исследованию возможности создания отдельных типов оптико-электронных модулей, в частности видеоспектрального, в обеспечение повышения помехозащищенности и обнаружительной способности обзорно-прицельных и навигационных систем вооружений и военной техники за счет введения в их состав ультрафиолетовых каналов [1, 2].

Применимость видеоспектральных систем в составе бортовых авиационных комплексов ВВС будет определяться, главным образом, возможностями обеспечения заданных тактико-технических характеристик и выделения дополнительных информативных признаков фоноцелевой обстановки. Очевидно, что для адекватной оценки выполнимости данных требований необходимо наличие исходных данных о спектроэнергетических характеристиках типовых объектов и фонов, выраженных в энергетических или фотометрических единицах измерения в виде диффузных коэффициентов отражения или рассеяния.

При проведении экспериментальных исследований по определению данных характеристик целесообразно получить:

- Индикатрисы излучения типовых воздушных объектов с дискретностью измерений по ракурсу наблюдения цели не более 5°;
- Контрасты типовых наземных объектов на фоне различных типов подстилающей поверхности; распределение значений контрастов в зависимости от времени суток и уровня освещенности на местности.

Результаты могут быть представлены по форме нижеследующей таблицы:

№ п/п	Цель	Размеры, м			Контраст цель– фон
		длина	ширина	высота	
1	Танк М1 на марше	7,9	3,7	2,4	...
2	ЗРК «Роланд»	6,8	3,2	3,0	...
3	ПУ ЗРК «Патриот»	7,0	2,5	2,0	...
4	ПУ «Ланс»	6,5	2,7	2,7	...
5	ЖБУ	22,0	15,0	7,5	...
6	Промышленное здание	100,0	50,0	20,0	...
7	Мост	200,0	15,0	15,0	...
...		...	...	...	...

Кроме того, для учета влияния метеорологических и помеховых факторов на эффективность видеоспектральных систем необходима дополнительная уточненная информация о характере прохождения излучения через атмосферу и различного рода пыледымовые образования. Полученные данные должны содержать, в частности, следующие параметры:

- 1) Показатель молекулярного рассеивания излучения, желательно в виде функции от температуры и атмосферного давления;
- 2) Показатель аэрозольного ослабления излучения в виде функции от метеорологической дальности видения;
- 3) Показатель поглощения излучения газовыми компонентами атмосферы;
- 4) Вертикальные профили указанных выше показателей в виде функции от высоты над уровнем моря;
- 5) Показатель ослабления излучения пылевым облаком в виде функции от концентрации частиц пыли в единице объема воздуха для различных типов грунта;
- 6) Маскирующую способность дымовых помех (показатель ослабления излучения аэрозольным облаком, отнесенный к единице расчетной концентрации помехообразующего средства) пиротехнических и жидких аэрозолеобразующих составов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Рафаилович А.С., Шлишевский В.Б. Краткие итоги разработки элементной базы и оптико-электронных модулей специального назначения для ультрафиолетового диапазона спектра // Сборник материалов Международного конгресса «ГЕО–СИБИРЬ–2006». Т. 4. Новосибирск: СГГА, 2006. – с. 31–34.

2. Марков А.В., Рафаилович А.С., Шлишевский В.Б., Чиков К.Н., Гулидов С.С. Некоторые предварительные результаты натурных испытаний оптико-электронной аппаратуры специального назначения для ультрафиолетового диапазона спектра // Сборник материалов Международного конгресса «ГЕО–СИБИРЬ–2006». Т. 4. Новосибирск: СГГА, 2006. – с. 34–37.

© В.Б. Шлишевский, 2011

УДК 535.2: 621.373.8

В.В. Белов, Л.П. Воробьева

ИОА СО РАН, Томск

В.Б. Шлишевский

СГГА, Новосибирск

ИЗМЕРЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТОВ ДИФфуЗНОГО ОТРАЖЕНИЯ НЕКОТОРЫХ МАТЕРИАЛОВ В УЛЬТРАФИОЛЕТОВОМ ДИАПАЗОНЕ СПЕКТРА

Выполнены лабораторные измерения спектральных коэффициентов диффузного отражения более 50 различных образцов природного и искусственного происхождения в ультрафиолетовом диапазоне спектра.

V.V. Belov, L.P. Vorobieva

V.E. Zuev Institute of Atmospheric Optics of SB RAS, Tomsk

V.B. Shlishevsky

SSGA, Novosibirsk

MEASUREMENTS OF THE DIFFUSION REFLECTION COEFFICIENTS OF SOME MATERIALS IN THE UV RANGE OF THE SPECTRUM

Results of laboratory measurements of the spectral diffusion reflection coefficients in the UV range of the spectrum are presented for more than 50 different specimens of natural and artificial origin.

Использование ультрафиолетового диапазона спектра для задач дистанционного зондирования определяется, в первую очередь, перспективами выявления и выделения новых (дополнительных) информативных признаков фоноцелевой обстановки. Очевидно, что для адекватной оценки такой возможности необходимо наличие исходных данных о спектроэнергетических характеристиках типовых объектов и фонов в виде диффузных коэффициентов отражения. С этой целью в рамках договора между ГОУВПО «СГГА» и ИОА СО РАН были проведены первичные лабораторные измерения диффузного отражения более 50 различных образцов природного и искусственного происхождения для 16 длин волн в диапазоне 250 – 400 нм.

Схема экспериментальной установки, смонтированной в Институте оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, представлена на рисунке. Принцип ее работы понятен и не требует дополнительных пояснений; укажем только, что спектральная ширина щелей монохроматора $\delta\lambda \approx 1$ нм, конструкция фотометрического шара позволяет размещать в нем образцы размером от 30 до 50 мм при толщине до 10 мм, а угол падения светового пучка на них составляет 8° .

При измерениях спектральной зависимости коэффициента отражения выполнялись три записи: коэффициента отражения «черного» эталона (условный «ноль»), коэффициента отражения «белого» эталона (уровень 100 %) и собственно коэффициента отражения исследуемого образца. В качестве «белого» эталона использовался эталонный рассеиватель от спектрофотометра СФ-4 (прессованный MgF_2), в качестве «черного» – эталон фирмы «Carl Zeiss». При этом погрешность измерений, по нашим оценкам, не превышала 5 %.

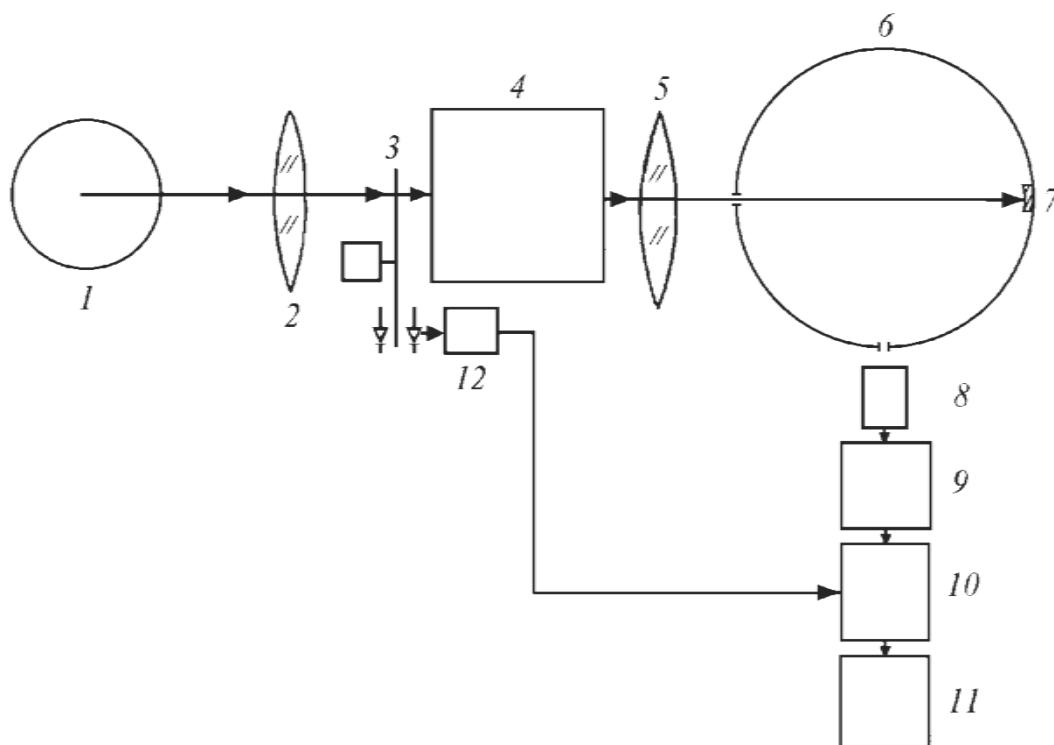


Рис. Схема установки для измерения коэффициентов диффузного отражения

1 – источник излучения (дуговая дейтериевая лампа типа ДДС-30), 2 – осветительная система, 3 – механический модулятор (800 Гц), 4 – монохроматор МДР-12, 5 – проекционный объектив, 6 – фотометрический шар (диаметр 110 мм), 7 – образец (эталон), 8 – приемник излучения (фотоэлектронный умножитель ФЭУ-100), 9 – усилитель переменного тока, 10 – синхронный детектор, 11 – регистратор

В качестве примера в табл. 1–3 представлены некоторые выборочные результаты измерений для 16 характерных образцов, а именно:

номер образца	наименование материала	номер образца	наименование материала
1	листья растительности	9	кирпич силикатный
2	хвоя кедра	10	бетон
3	хвоя сосны	11	лазурит
4	хвоя ели	12	гранит розовый
5	дерево (кедр)	13	мрамор белый
6	дерево (сосна)	14	пленка полиэтиленовая
7	кора березы	15	пенопласт
8	кирпич красный	16	картон упаковочный

Для приготовления образцов из бетона, мрамора, гранита, лазурита, кирпича использованы алмазные пилы. В качестве листовых образцов на первом этапе использовались зеленые листья широколистных комнатных растений (спустя 5 – 10 мин после их отделения от растения).

Таблица 1. Коэффициенты диффузного отражения некоторых природных и искусственных материалов в области длин волн 250–300 нм

№ п/п	Коэффициент отражения для длин волн:					
	$\lambda = 250$ нм	$\lambda = 260$ нм	$\lambda = 270$ нм	$\lambda = 280$ нм	$\lambda = 290$ нм	$\lambda = 300$ нм
1	0,10–0,13	0,12–0,15	0,13–0,14	0,10–0,14	0,11–0,17	0,11–0,13
2	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	0,10	0,10
3	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	0,10	0,10
4	0,11	0,11	0,12	0,12	0,12	0,12
5	0,10	0,11	0,11	0,09	0,11	0,11
6	0,11	0,12	0,11	0,10	0,12	0,13
7	0,51	0,50	0,55	0,59	0,61	0,63
8	0,11	0,10	0,16	0,18	0,12	0,12
9	0,17	0,15	0,20	0,20	0,19	0,24
10	0,15	0,17	0,21	0,20	0,20	0,27
11	0,18	0,22	0,22	0,24	0,24	0,25
12	0,36	0,40	0,44	0,49	0,54	0,49
13	0,29	0,30	0,31	0,32	0,33	0,35
14	0,24	0,26	0,24	0,23	0,28	0,24
15	0,23	0,26	0,27	0,57	0,58	0,65
16	0,22	0,14	0,14	0,14	0,12	0,12

Таблица 2. Коэффициенты диффузного отражения некоторых природных и искусственных материалов в области длин волн 310–350 нм

№ п/п	Коэффициент отражения для длин волн:				
	$\lambda = 310$ нм	$\lambda = 320$ нм	$\lambda = 330$ нм	$\lambda = 340$ нм	$\lambda = 350$ нм
1	0,14	0,14	0,14	0,14	0,09–0,15
2	0,11	0,12	0,10	0,10	0,10
3	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07
4	–	–	–	–	–
5	0,09	0,11	0,10	0,11	0,11
6	0,11	0,10	0,11	0,11	0,13
7	0,60	0,63	0,66	0,68	0,69
8	0,13	0,13	0,13	0,12	0,12
9	0,29	0,30	0,32	0,35	0,37
10	–	–	–	–	–
11	0,28	0,29	0,30	0,32	0,35
12	0,40	0,42	0,42	0,42	0,43
13	0,34	0,36	0,39	0,41	0,43
14	0,25	0,23	0,24	0,25	0,25
15	0,67	0,73	0,72	0,74	0,74
16	0,16	0,15	0,16	0,16	0,16

Таблица 3. Коэффициенты диффузного отражения некоторых природных и искусственных материалов в области длин волн 360–400 нм

№ п/п	Коэффициент отражения для длин волн:				
	$\lambda = 360$ нм	$\lambda = 370$ нм	$\lambda = 380$ нм	$\lambda = 390$ нм	$\lambda = 400$ нм
1	0,09–0,15	0,10–0,15	0,11–0,15	0,11–0,15	0,11–0,15
2	0,11	0,10	0,10	0,11	0,10
3	0,07	0,08	0,07	0,07	0,07
4	–	–	–	–	–
5	0,12	0,13	0,06	0,20	0,24
6	0,14	0,16	0,18	0,23	0,27
7	0,62	0,68	0,68	0,69	0,71
8	–	–	–	–	–
9	0,37	0,39	0,41	0,41	0,42
10	–	–	–	–	–
11	0,40	0,41	0,42	0,41	0,40
12	0,39	0,41	0,41	0,41	0,40
13	0,47	0,51	0,54	0,57	0,58
14	0,31	0,31	0,31	0,29	0,28
15	0,77	0,82	0,85	0,87	0,87
16	0,14	0,17	0,19	0,23	0,26

Из приведенных данных можно сделать следующие пока еще предварительные выводы:

1. Большинство материалов в ультрафиолетовой области спектра имеют малые коэффициенты отражения – от 0,1 до 0,25, но в целом с увеличением длины волны коэффициенты отражения повышаются.

2. Наблюдаются различия в отражательных свойствах листьев растений разных пород.

3. Объекты строительных технологий – кирпич, бетон, каменный материал – характеризуются малым отражением.

4. Материалы, светлые для видимого диапазона, в ультрафиолете имеют, как правило, бóльшие коэффициенты отражения, чем темные.

5. Среди исследованных объектов есть примеры материалов с сильной зависимостью коэффициентов отражения от длины волны ультрафиолетового излучения. В частности, пенопласт в интервале 250 – 260 нм является слабо отражающим материалом, однако при $\lambda = 280 - 300$ нм он приближается к «белому» эталону. Из этих измерений можно предположить наличие края полосы поглощения пенопласта в области 275 – 280 нм.

Дальнейшие комплексные исследования спектров отражения, вероятно, позволят выбрать информативные участки ближнего или солнечно-слепого ультрафиолета, характеризующиеся достаточно высоким контрастом элементов ландшафта и типовых объектов.

УДК 528.7
С.А. Арбузов
СГГА, Новосибирск

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕЙРОННОЙ СЕТИ ДЛЯ ИДЕНТИФИКАЦИИ СООТВЕТСТВЕННЫХ ТОЧЕК

В статье рассмотрены теоретические основы нейронных сетей, а также применения нейросетевых алгоритмов для идентификации соответственных точек.

S.A. Arbuzov
Siberian State Academy of Geodesy (SSGA)
10 Plakhotnogo Str., Novosibirsk, 630108, Russian Federation

USE OF THE NEURAL NETWORK FOR IDENTIFICATION OF CORRESPONDING POINTS

In article it is considered theoretical bases of neural networks, and also applications neural networks algorithms for identification of corresponding points.

Одной из важнейших задач при обработке данных дистанционного зондирования является автоматизированный поиск и идентификация соответственных точек. Существует несколько методов для решения этой задачи. Эти методы можно разделить на 2 группы, в зависимости от технологии привязки – структурные и площадные. Структурные методы применяют, как правило, в случаях, если оба сравниваемых изображения получены с различных съёмочных систем и различаются по масштабу и типу проекции, а также обладают различными углами съёмки и т.д. Площадные методы являются основными в цифровой стереофотограмметрии и используются для идентификации точек на изображениях, полученных однородными (или одним) датчиками, близким друг к другу по масштабу и углам съёмки. Наибольшее распространение в настоящее время получил алгоритм на основе метода взаимной корреляции, который является одним из самых ранних подходов отождествления соответственных пар [1]. Суть метода заключается в вычислении функции взаимной корреляции, которая определяется по формуле:

$$C(p, q) = \frac{\sum_{-N/2}^{N/2} \sum_{-M/2}^{M/2} f_1(x, y) f_2(x - p, y - q)}{\left[\sum_{-N/2}^{N/2} \sum_{-M/2}^{M/2} f_1^2(x, y) \sum_{-N/2}^{N/2} \sum_{-M/2}^{M/2} f_2^2(x - p, y - q) \right]^{1/2}}, \quad (1)$$

где p и q – продольный и поперечный параллаксы на изображении $f_2(x, y)$.

M и N – соответственно ширина и высота образца или пределы в которых определена функция $f_1(x,y)$.

Фактически алгоритм нахождения соответствия между функциями $f_1(x,y)$ и $f_2(x-p, y-q)$ сводится к нахождению таких p_0 и q_0 , при которых функция $C(p, q)$ максимальна. Для дискретных функций параметры p и q находятся посредством перебора всех возможных значений. Таким образом, можно найти положение максимума функции корреляции с точностью до пикселя. Как видно процесс поиска соответственной точки сводится к отождествлению эталонного изображения (образа) на первом снимке с одним из множества образов расположенных в зоне поиска на втором снимке [2].

В последнее время получили распространение алгоритмы на основе нейронных сетей. Нейронные сети нашли широкое применение в решении задач прогнозирования и классификации. В статье исследуется возможность применения нейросетевых алгоритмов для идентификации соответственных точек.

Основой любой нейронной сети является формальный нейрон. Нейроны представляют собой относительно простые, однотипные элементы, имитирующие работу нейронов мозга. Общий вид нейрона представлен на рис. 1.

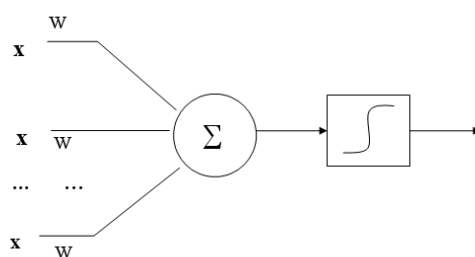


Рис. 1. Общий вид нейрона

Каждый из элементов x входящих в набор данных поступающих на нейрон умножается на весовой коэффициент w . Текущее состояние нейрона определяется как взвешенная сумма его входов (формула 1).

$$d(x) = \sum_{i=1}^n x_i w_i \quad (1)$$

Для преобразования результата суммирования в конечный выходной сигнал используется активационная функция. В качестве активационной функции часто используется сигмоидальная (s-образная или логистическая) функция. Эта функция математически выражается по формуле 3, кроме логической сигмоиды часто используется гиперболический тангенс (формула 4).

$$f(x) = \frac{1}{1 + e^{-x}}, \quad (3)$$

$$f(x) = \frac{e^x + e^{-x}}{e^x - e^{-x}} \quad (4)$$

Эта функция, как и сигмоидальная, обладает свойством усиливать малые сигналы лучше, чем большие, тем самым предотвращая насыщение от больших сигналов, так как они соответствуют областям аргументов, где функция имеет пологий наклон. Обучение нейрона происходит итеративно путём подстройки весовых коэффициентов в соответствии со значением ошибки. Обученный нейрон способен разделять поступающие на него данные на 2 класса выдавая значения близкие к единице при прохождении через нейрон данных принадлежащих классу «А» и близкие к нулю принадлежащие к классу «В» (это утверждение справедливо при использовании сигмоиды, при использовании гиперболического тангенса значения будут равны 1 и -1 соответственно) [3,4]. Чтобы использовать нейрон для идентификации соответственных точек на языке Delphi была написана программа, изображение окна которой можно видеть на рис. 2.

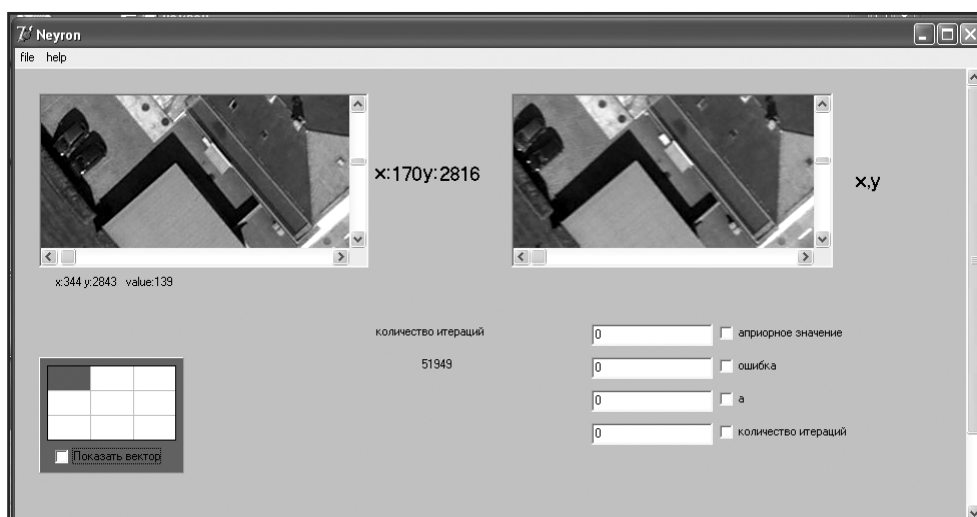


Рис. 2. Вид окна программы реализующей нейрон

Эта программа имеет 2 окна, в которые можно загружать изображения в формате bmp. При позиционировании курсора на точке левого изображения и нажатии левой кнопки мыши формируется образ для обучения нейрона состоящей из 121 элемента (область 11x11 пикселей) и начинается процесс обучения. Для контролирования процесса обучения можно вводить значение ошибки, при которой обучение прекращается, значение желаемой активности нейрона, максимальное количество итераций, а также можно управлять крутизной активационной функции. При обучении количество итераций колебалось от 85 до приблизительно 1500000. После завершения обучения происходит поиск точки на правом изображении путём пропускания значений яркостей пикселей через нейрон и сравнения значений на выходе нейрона с значениями полученными при обучении. При тщательной настройке нейрона удалось добиться оптимальных параметров работы алгоритма, однако результат его работы не является удовлетворительным и его применение на практике не

представляется целесообразным. Основными недостатками алгоритма является большое количество очень близких значений в массиве выходных данных, что может приводить к обнаружению нескольких точек с похожими образами вместо одной, а также высокая чувствительность к перепаду яркости между изображениями. Ошибки в идентификации точек объясняются тем, что нейрон строит одну разделяющую поверхность между классами, что приводит в случае с линейно не разделимыми классами к ошибочной классификации. Многослойные нейронные сети лишены этого недостатка. Трёхслойная нейронная сеть (рис. 3) способна строить сколь угодно сложные разделяющие поверхности образованные гиперплоскостями [5].

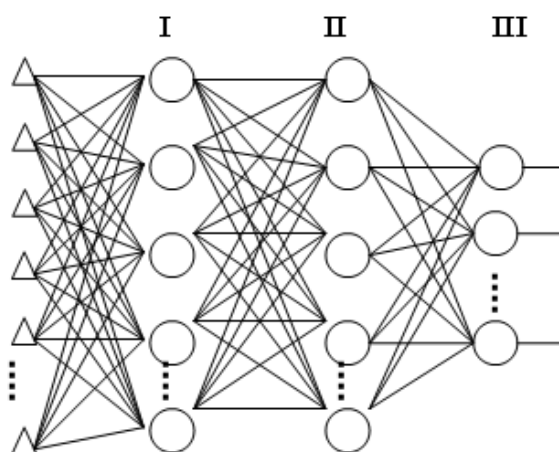


Рис. 3. Трёхслойная нейронная сеть

В настоящее время разрабатывается программа, имеющая в основе трёхслойную нейронную сеть, в выходном слое которой будет расположено 2 или более нейрона. Обучение будет происходить по алгоритму обратного распространения ошибки, который заключается в распространении сигналов ошибки от выходов нейронной сети к ее входам, в направлении, обратном прямому распространению сигналов в обычном режиме работы. В процессе обучения значение на одном из нейронов будет достигаться значение близкое к максимуму на другом к минимуму, в остальном работа программы будет аналогичной вышеописанной использующей нейрон.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гузман, И.С., Киричук, В.С. Цифровая обработка изображений в информационных системах [Текст]: Учебное пособие / И.С. Гузман, В.С. Киричук и др. // НГТУ, Новосибирск 2002-352 с.
2. Дареель, А.В. Новоселов, Д.И. Сравнительный анализ различных методов корреляции [Текст] / А.В. Дареель, Д.И. Новоселов // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъёмка. - 2006. – № 2. - С. 110-118.
3. Осовский, С. Нейронные сети для обработки информации [Текст] / С. Осовский // Финансы и статистика, Москва- 2002-344с.
4. Хайкин, Саймон. Нейронные сети: полный курс, 2-е изд, испр. [Текст]: Пер с англ. /С. Хайкин // Москва-2006-1104с.

5. Гонсалес, Р., Вудс, Р. Цифровая обработка изображений. [Текст]: Пер с англ./ Р. Гонсалес, Р. Вудс // Москва-2005-1072с.

© С.А. Арбузов, 2011

УДК 528.7

М.А. Алтынцев

СГГА, Новосибирск

ПРЕОБРАЗОВАНИЕ TASSELED CAP ПО КОСМИЧЕСКИМ СНИМКАМ IKONOS ДЛЯ ДЕШИФРИРОВАНИЯ РАСТИТЕЛЬНОСТИ

Рассмотрено применение линейного преобразования Tasseled Cap для дешифрирования растительности, полученного для мультиспектральных снимков IKONOS. В статье кратко описана сущность преобразования Tasseled Cap и проведена оценка точности визуального и автоматизированного дешифрирования по снимкам, полученным в результате данного преобразования.

M.A. Altyntsev

Siberian State Academy of Geodesy (SSGA)

10 Plakhotnogo Ul., Novosibirsk, 630108, Russian Federation

A TASSELED CAP TRANSFORMATION FOR IKONOS IMAGERY FOR VEGETATION DECODING

Application of a Tasseled Cap transformation for a vegetation decoding received for IKONOS multispectral imagery is considered. In article main point of the Tasseled Cap transformation is briefly described and accuracy assessment of visual and automatic decoding is carried out for images received in result of this transformation.

Дешифрирование растительного покрова всегда являлось одной из первоочередных задач при мониторинге территорий и составлении тематических карт. До недавнего времени единственным видом дешифрирования по материалам многозональных космических съемочных систем и аэрофотосъемки было визуальное. Главными дешифровочными признаками растительности при визуальном дешифрировании являются тон и текстура растительности, по которым определяются состав древостоя и типы лесного покрова. С развитием компьютерных технологий начинают появляться алгоритмы автоматизированного дешифрирования. В настоящее время существует довольно большое число таких алгоритмов, к которым относятся алгоритмы классификации многоспектральных изображений на основе различные спектральных и структурных преобразований. Общий их принцип заключается в отнесении пикселей изображения к определенным классам объектов на местности [1].

Tasseled Cap – это линейное преобразование мультиспектральных изображений, позволяющее упростить процесс распознавания классов объектов на

изображениях. Которое впервые было предложено в 1976 году Каутом и Томасом для мониторинга состояния сельскохозяйственных культур с помощью аппаратуры Landsat MSS. Преобразование tasseled cap является частным случаем метода главных компонент. Метод главных компонент позволяет сократить число признаков, используемых при распознавании объектов на изображении, в результате чего процедура распознавания существенно упрощается. Достигается это путем перехода от одной системы координат, в которой признаки коррелированы между собой, к другой, где они не коррелированы. Признаками здесь обычно являются компоненты векторов яркостей. Преобразование вектора спектральных данных «х» в вектор признаков «u» выполняется следующим образом [2–4]:

$$u = W_{TC} * x + r, \quad (1)$$

где W_{TC} – ортогональная матрица преобразования;

r – вектор смещения.

Недостаток метода главных компонент заключается в том, что данный алгоритм обеспечивает оптимальные свойства преобразования только для одного определенного изображения. В отличие от метода главных компонент, преобразование tasseled cap позволяет получить фиксированный набор характеристик для различных изображений, то есть матрица преобразования W_{TC} фиксирована для заданного датчика и не зависит от характеристик сцен съемки.

В 2003 году Джеймсом Хорном в результате анализа 195 мультиспектральных изображений, полученных с помощью съемочной аппаратуры спутника IKONOS, были определены коэффициенты матрицы преобразования W_{TC} , в соответствии с которой были рассчитаны 4 канала преобразования tasseled cap [5]:

$$\begin{aligned} u_1 &= 0.326 x_{blue} + 0.509 x_{green} + 0.560 x_{red} + 0.567 x_{nir}, \\ u_2 &= -0.311 x_{blue} - 0.356 x_{green} - 0.325 x_{red} + 0.819 x_{nir}, \quad (2) \\ u_3 &= -0.612 x_{blue} - 0.312 x_{green} + 0.722 x_{red} - 0.081 x_{nir}, \\ u_4 &= -0.650 x_{blue} + 0.719 x_{green} - 0.243 x_{red} - 0.031 x_{nir}. \end{aligned}$$

Целью данной статьи является оценка точности дешифрирования растительного покрова на основе сравнения результатов визуального дешифрирования по исходному изображению и изображению, полученному в результате комбинации каналов Tasseled Cap, а также, на основе сравнения результатов классификации без обучения с помощью алгоритма K-MEANS по исходному изображению и по изображению Tasseled Cap.

Для эксперимента была выбрана стереопара космических снимков IKONOS на территорию города Екатеринбурга. Первоначально для повышения точности визуального дешифрирования в программном комплексе (ПК) ENVI Zoom 4.5 для снимков IKONOS была выполнена процедура паншарпенинга. В результате была получена стереопара многоспектральных снимков с разрешением 1 метр. Процесс визуального дешифрирования проводился по данной стереопаре в программном комплексе PHOTOMOD в модуле StereoDraw

посредством вычерчивания границ смены одного типа растительного покрова другим. Визуально были отдешифрированы 3 типа растительности: хвойный лес, лиственный лес и трава. Полученные контуры были экспортированы в виде векторных слоев формата ПК MapInfo. Далее в MapInfo был открыт построенный в PHOTOMOD ортофотоплан с наложением векторных слоев. Результат приведен на рис. 1. На этом рисунке восточнее контура хвойного леса и южнее дороги представлен лиственный лес. Визуально по исходным изображениям он практически неразличим от хвойного леса.



Рис. 1. Визуальное дешифрирование по типам растительности:

- контур хвойного леса;
- контур травянистой растительности

Следующим шагом стало осуществление преобразования Tasseled Cap в ПК ENVI в соответствии с формулами (1) с помощью инструмента Band Math. Экспериментально было установлено, что для визуального дешифрирования растительного покрова порядок загрузки каналов Tasseled Cap следующий: Red – 1 канал, Green – 2 канал, Blue – 4 канал. На рис. 2. приведен фрагмент изображения Tasseled Cap с загруженными векторными слоями, полученными в результате отрисовки по данному изображению.

Визуально из рис. 1 и рис. 2 видно, что на изображении, полученном в результате преобразования Tasseled Cap, классы объектов, характеризующие различные типы растительности, более различимы. В отличие от исходного изображения, на изображении Tasseled Cap отчетливо разделены хвойный лес, лиственный лес и травянистая растительность. Оценка точности визуального дешифрирования была проведена в ПК MapInfo путем сравнения площадей трех

оконтуренных участков. Ошибка рассчитывалась по формуле:

$$\sigma_s = \frac{S_0 - S_{TC}}{S_0} * 100\%, \quad (3)$$

где S_0 – площадь участка, оконтуренного визуалью по космическому снимку IKONOS;

S_{TC} – площадь участка, оконтуренного визуалью по изображению, полученному в результате преобразования Tasseled Cap.

Также для характеристики точности визуального дешифрирования была использована достоверность P_S :

$$P_S = 100 - \sigma_S.$$

В табл. 1 приведены результаты оценки точности отрисовки для трех участков.

Точность отрисовки участка № 1 по исходному изображению в PHOTOMOD оказалось наименьшей по сравнению с участками № 2 и № 3. Из рис. 1 и рис. 2 видно, что отрисованный контур хвойного леса несколько не совпадает с действительной границей хвойного леса.

Таким образом преобразование Tasseled Cap позволяет повысить точность визуального дешифрирования за счет увеличения различимости классов объектов на изображении.

Далее в ПК ENVI было выполнено автоматизированное дешифрирование по исходному изображению и по изображению Tasseled Cap. В качестве алгоритма автоматизированного дешифрирования был выбран алгоритм K-MEANS, относящийся к алгоритмам кластерного анализа. На рис. 3 представлен результат классификации по алгоритму K-MEANS для исходного изображения и для изображения Tasseled Cap.

Таблица 1. Оценка точности результатов визуального дешифрирования

№ участка	$S_0, м^2$	$S_{TC}, м^2$	$\sigma_S, \%$	$P_S, \%$
1	126400	118400	6,33	93,67
2	57640	55910	3,00	97,00
3	29200	27720	5,07	94,93

В результате классификации по исходному изображению присутствуют несколько ошибочно классифицированных пикселей. Классифицированное изображение имеет зернистую структуру. На изображении отдельно представлены пиксели в виде красного цвета, относящиеся к области тени от хвойного леса. Результат классификации по изображению Tasseled Cap более нагляден и точен. Здесь уже пиксели, относящиеся к области тени от хвойного леса не классифицировались в отдельный класс, а отнеслись к классу – хвойный лес. На самом классифицированном изображении зернистость



Рис. 2. Результат преобразования Tasseled Cap:

- участок № 1;
- участок № 2;
- участок № 3.

практически отсутствует. Пиксели в основном классифицировались по площадям, а не по точкам.

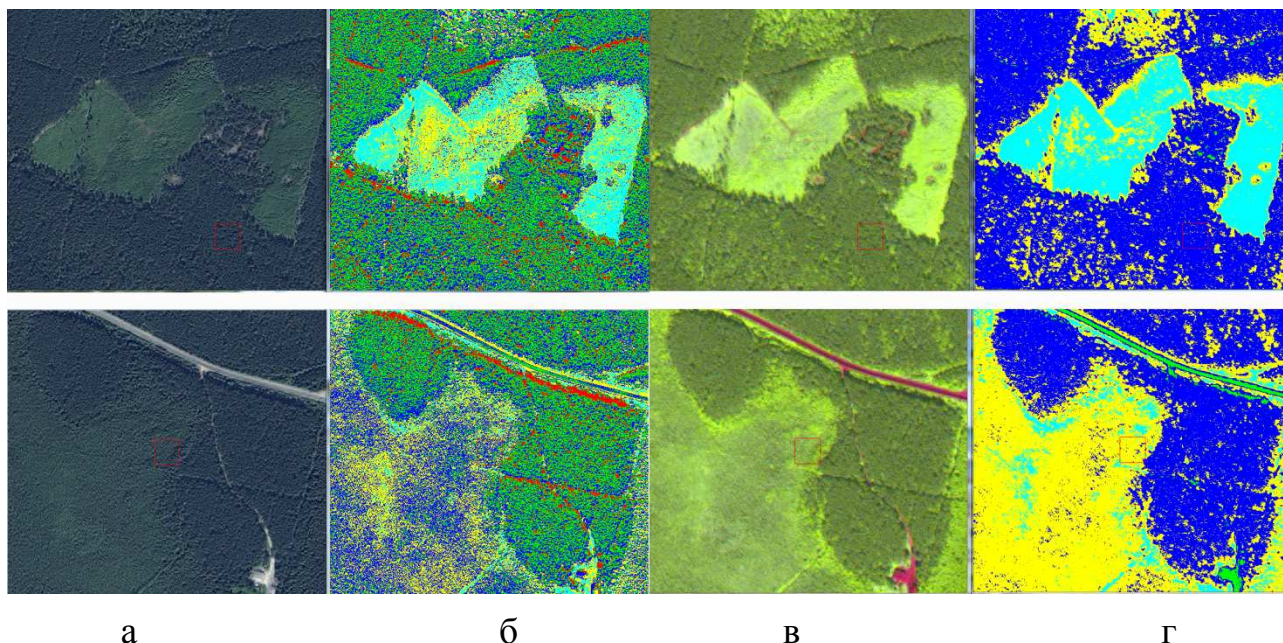


Рис. 3. Результаты классификации без обучения для исходного изображения и для изображения Tasseled Cap:

а – исходное изображение; б – классификация по исходному изображению; в – изображение Tasseled Cap; г – классификация по изображению Tasseled Cap

Таким образом, алгоритм линейного преобразования Tasseled Cap, составленный для снимков IKONOS, существенно повышает качество визуального дешифрирования и увеличивает точность распознавания объектов на изображении. Так как коэффициенты матрицы преобразования были получены в результате анализа практически 200 снимков, то результат классификации будет надежен для любого другого из снимков IKONOS. Одни и те же объекты на разных снимках будут отнесены к одному классу. Используя подход, предложенный Каутом и Томасом, можно получить коэффициенты матрицы преобразования и для других типов сенсоров. И в итоге в сочетании с различными алгоритмами автоматизированного дешифрирования, такими как алгоритмы кластерного анализа, алгоритмы классификации с обучением, деревья решений, полностью автоматизировать процесс дешифрирования.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Виноградова, Н.С. Выделение растительности и объектов гидрографии по снимкам городских территорий сверхвысокого разрешения / Н.С. Виноградова, Е.А. Кобзева // Пространственные данные. – 2009. – № 4. – с. 42-46.
2. Кашкин, В.Б. Дистанционное зондирование Земли из космоса. Цифровая обработка изображений: Учебное пособие. / В.Б. Кашкин, А.И. Сухинин. – М.: Логос, 2001. - 264 с.

3. Шовенгердт, Р.А. Дистанционное зондирование. Модель и методы обработки изображений. / Р.А. Шовенгердт. – М.: Техносфера, 2010. – 560 с.
4. Kauth, R.J. and G.S. Thomas (1976). The Tasseled Cap – a graphical description of the spectral-temporal development of agricultural crops as seen by Landsat. Proceedings of the Symposium on Machine Processing of Remotely Sensed Data, Purdue University, West Lafayette, Indiana, pp. 4B41-4B51.
5. Horne, J.H. (2003). A Tasseled Cap Transformation for IKONOS Images. In: ASPRS Annual Conference Proceedings, Anchorage, Alaska.

© *М.А. Алтынцева*, 2011

УДК 528.7

А.С. Гордиенко

СГГА, Новосибирск

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕТОДИКИ ВЫЯВЛЕНИЯ ИЗМЕНЕНИЙ В ЛЕСНЫХ МАССИВАХ, ОСНОВАННОЙ НА ВЕЙВЛЕТ-АНАЛИЗЕ

В данной статье описаны исследования эффективности методики, предложенной в [1]. Результаты выявления изменений на основе вейвлет-анализа сравниваются с результатами, полученными следующими методами: создание разностных изображений из исходных данных, анализ результатов автоматизированной классификации, способ на основе метода главных компонент.

A.S. Gordienko

Siberian State Academy of Geodesy (SSGA)

10 Plakhotnogo Ul., Novosibirsk, 630108, Russian Federation

RESEARCH OF EFFICIENCY OF THE TECHNIQUE OF DETECTING OF CHANGES, IN THE LARGE FORESTS, BASED ON THE WAVELET-ANALYSIS

In given article researches of efficiency of the technique offered in [1] are described. Results of detecting of changes on the basis of the wavelet-analysis compare to the results received by following methods: creation different images from the initial data, the analysis of results of the automated classification, a way on the basis of a method of principal component.

В данной статье описаны исследования эффективности методики, предложенной в [1].

Из анализа существующих методов выявления изменений по космическим снимкам можно сделать вывод, что наиболее часто применяются следующие методы Change Detection [2-6]: создание разностных изображений из исходных данных, анализ результатов автоматизированной классификации, способ на основе метода главных компонент.

Сначала было выполнено трансформирование исходных данных в единую систему координат в программном комплексе ENVI. Средняя квадратическая ошибка привязки снимков в пределах пикселя.

Для сравнения эффективности методов выявления изменений по разновременным снимкам предварительно было выполнено визуальное дешифрирование произошедших на местности изменений с помощью создания композитных изображений на основе исходных данных: QuickBird, Landsat7,

IRS и SPOT2. В результате визуального анализа созданных композитов была выполнена векторизация изменений

Создание разностных изображений выполнялось в программном комплексе ENVI с помощью процедуры Change Detection, создающей полутоновое изображение. При выполнении данной процедуры требуется подбирать пороги изменений. Положительные изменения отображаются красным цветом (пиксели изображения на позднюю дату стали ярче), а отрицательные (пиксели на позднюю дату стали менее яркими) – синим. Порог может быть задан либо в процентах, либо в дробных числах. При обработке реальных снимков с помощью данной процедуры потребовалось много времени, чтобы достичь удовлетворительного результата: максимально точно выделить изменения и при этом снизить к минимуму выделение объектов, на которых не произошли изменения. На рис. 1 представлены примеры выявления изменения с помощью процедуры Change Detection.

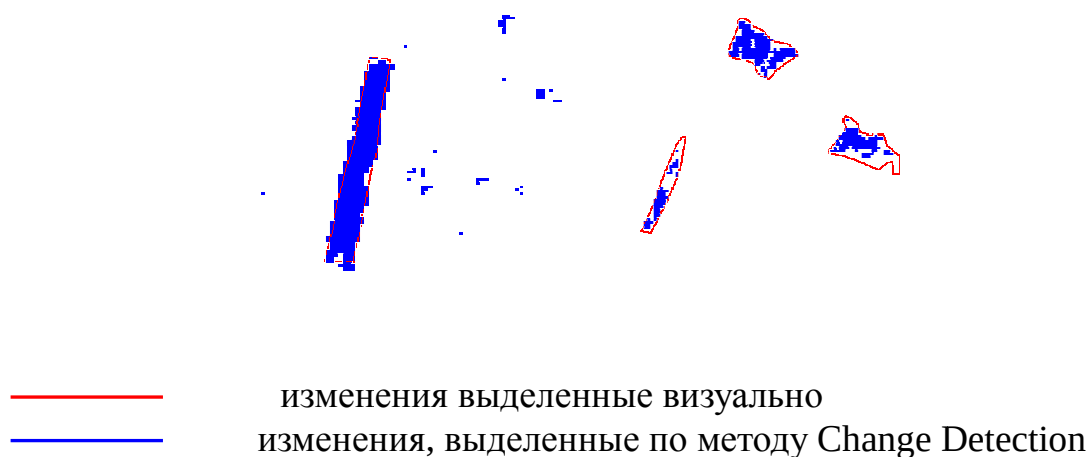


Рис. 1. Примеры выявления изменения с помощью процедуры Change Detection

Но, помимо выявления изменений, с использованием процедуры Change Detection были выделены объекты, которые не изменились (рис. 2). Это связано с тем, что разновременные снимки, как правило, различны по яркости, что приводит к ошибкам выявления изменений.

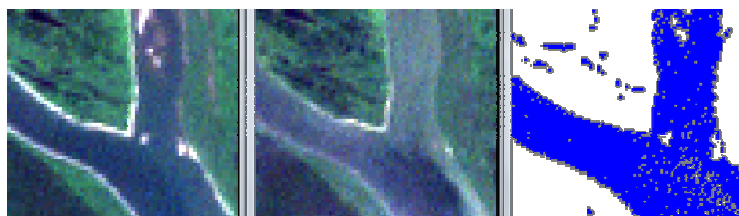


Рис. 2. Пример выделения объектов, которые не изменились, а изменилась только их яркость

Далее выполнялась автоматизированная классификация с обучением по методу максимального правдоподобия (рис. 3), достоверность классификации составила в среднем 91 %.

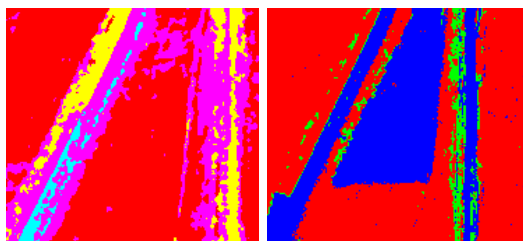


Рис. 3. Пример автоматизированной классификации снимков

Таким образом, получили разновременные классифицированные изображения. Чтобы выявить изменения, необходимо найти их разность. В данном случае вычитание выполнялось с помощью процедуры Change Detection, как было описано выше. Результат выявления изменений по разновременным аэрокосмическим снимкам на основе автоматизированной классификации представлен на рис. 4.

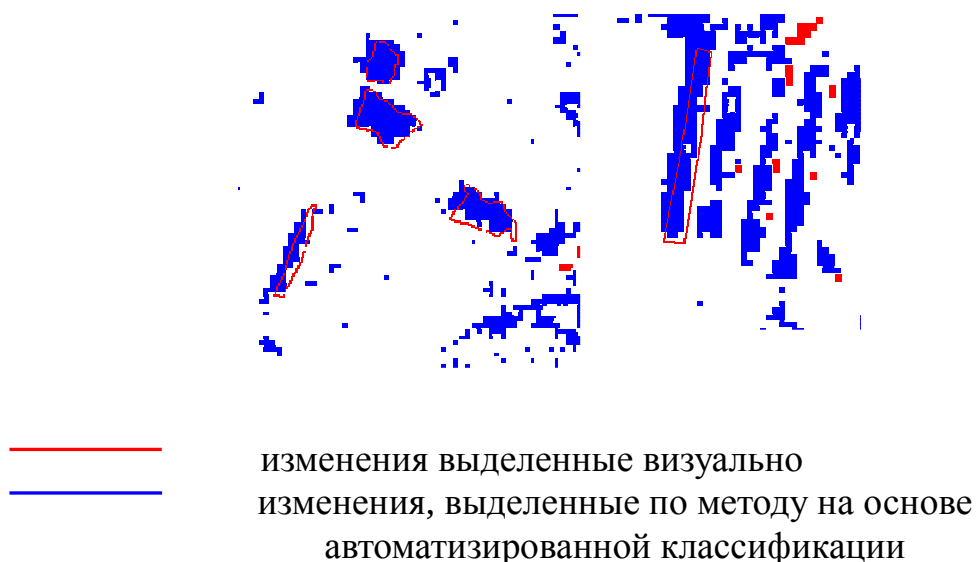


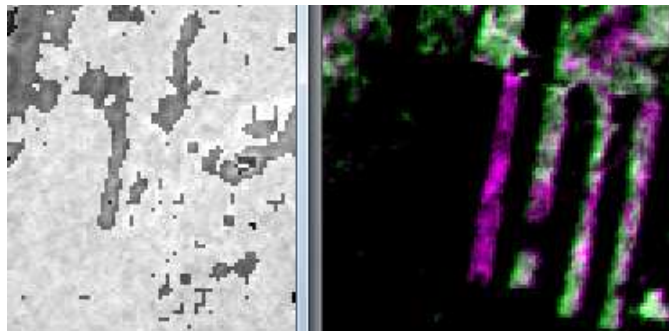
Рис. 4. Примеры выявления изменений по разновременным аэрокосмическим снимкам на основе автоматизированной классификации

Анализируя результаты выявления изменений по разновременным аэрокосмическим снимкам на основе автоматизированной классификации, можно сделать вывод, что в данном случае было выделено много лишней информации (шумы), которая затрудняет интерпретацию полученных данных. Возможно, этого можно было избежать, выполнив предварительную обработку снимков (атмосферная коррекция, нормирование и др.) или более тщательно выбирая обучающую выборку для классификации. Но для сравнения эффективности выявления изменений различными методами данные (исходные снимки) должны быть одинаковыми для всех методов.

Еще одним из основных алгоритмов выявления изменений является способ, основанный на методе главных компонент. Он заключается в том, что сначала два разновременных изображения объединяются в единое изображение, а затем для него выполняется разложение на компоненты

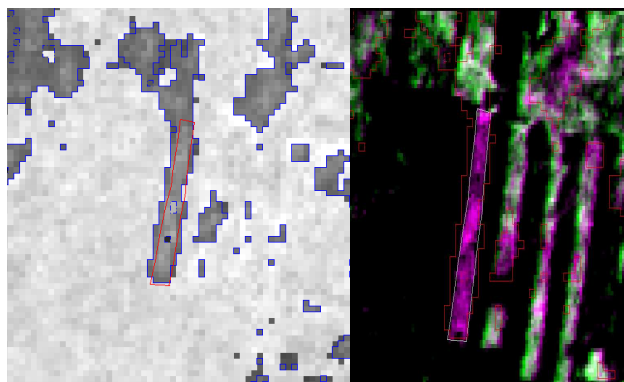
таким образом, что вся информация об изменениях будет содержаться в последней компоненте (рис. 5).

Анализ последней компоненты, показал, что информацию, содержащуюся в ней, сложно интерпретировать, и, прежде, чем использовать автоматические алгоритмы, например, векторизацию изменений, необходимо выполнить дополнительную обработку (например, фильтрацию), для достижения удовлетворительного результата. Примеры выявления изменений на основе метода главных компонент приведены на рис. 6.



а б

Рис. 5. Фрагмент изображения последней компоненты (а) и композит соответствующий данному фрагменту (б)



изменения выделенные визуально
изменения, выделенные по способу на основе
метода главных компонент

Рис. 6. Примеры выявления изменений на основе метода главных компонент

Далее выполнялось сравнение результатов выявления изменений описанными выше методами и методом, предложенным в [1]. Для этого было вычислено количество верно выявленных изменений, произошедших на местности и количество неверно выявленных изменений.

По площади было обработано около 107 км² (QuickBird), 4 000 км² (Landsat7), 3 600 км² (IRS и SPOT2).

Из анализа табл. 1 можно сделать вывод, что все рассмотренные в данной работе методы выявления изменений достаточно хорошо работают. Но в данной таблице учтены только те изменения, которые соответствуют изменениям, выявленным при визуальном анализе. То есть помимо тех, что представлены в табл. 1, на снимках выделены и другие объекты. Вычислить численно их представляется сложным, поэтому в табл. 2 представлено процентное соотношение неверно выделенной информации от общего объема полученных изменений.

Таблица 1. Результаты выявления изменений по реальным снимкам разными методами

Метод выявления изменений	Исходные данные		
	QuickBird	Landsat7	IRS и SPOT2
Число изменений в лесных массивах, выявленное при визуальном анализе	15	20	18
Число изменений, выявленное на основе вейвлет-анализа	14	18	18
Число изменений, выявленное на основе создания разностного изображения	10	18	17
Число изменений, выявленное на основе классификации	12	19	18
Число изменений, выявленное на основе метода главных компонент	13	18	16

Таблица 2. Процентное соотношение неверно выделенной информации от общего объема полученных изменений

Метод выявления изменений	Исходные данные		
	QuickBird	Landsat7	IRS и SPOT2
Визуальный анализ, %	0	0	0
На основе вейвлет-анализа, %	10	11	9
На основе создания разностного изображения, %	80	90	85
На основе классификации, %	85	85	90
На основе метода главных компонент, %	95	90	80

Из анализа табл. 2, видно, что здесь метод на основе вейвлет-анализа имеет определенное преимущество перед другими методами.

Из полученных результатов можно выделить следующие преимущества разработанной методики:

- В отличие от других методов, метод на основе вейвлет-анализа практически не выделяет лишнюю информацию;

- Для выявления изменений в лесных массивах достаточно изображения в панхроматическом канале;
- Особенностью предложенной методики является то, что она может быть почти полностью автоматизирована.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Алтынцев, М.А. Вейвлет-анализ для выявления вырубок в лесных массивах по аэрофотоснимкам [Текст] / М.А. Алтынцев, А.С. Гордиенко, А.А. Гук // ГЕО-Сибирь-2010. Т. 4. Дистанционные методы зондирования Земли и фотограмметрия, мониторинг окружающей среды, геоэкология. Ч. 1: сб. матер. VI Междунар. научн. конгресса «ГЕО-Сибирь-2009», 19–29 апреля 2010 г., Новосибирск. – Новосибирск: СГГА, 2010. – С. 3–8.
2. P. Coppin, I. Jonckheere, K. Nackaerts, B. Muys Digital change detection methods in ecosystem monitoring: a review [Текст] / P. Coppin, I. Jonckheere, K. Nackaerts, B. Muys // Int. J. Remote Sensing. – 2004. – Vol. 25. – № 9. – pp. 1565–1596.
3. D. Lu, P. Mausel, E. Brondi'Zio, E. Moran Change detection techniques [Текст] / D. Lu, P. Mausel, E. Brondi'Zio, E. Moran // Int. J. Remote Sensing. – 2003. – Vol. 25. – №12. – С. 2365–2407.
4. Karoliina Kolehmainen, Yifang Ban Multitemporal spot images for urban land-cover change detection over stockholm between 1986 and 2004 [Текст] / Karoliina Kolehmainen, Yifang Ban // The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. – Beijing, 2008. – Vol. XXXVII. – Part B6b. – pp. 63 – 66.
5. Zhang Shaoqing, Xu Lu The comparative study of three methods of remote sensing image [Текст] / Zhang Shaoqing, Xu Lu // The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. – Beijing, 2008. – Vol. XXXVII. – Part B7. – pp. 1595-1598.
6. Jay Gao Detection of changes in land degradation in northeast china from landsat tm and aster data [Текст] / Jay Gao // The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. – Beijing, 2008. – Vol. XXXVII. – Part B7. – pp. 1533-1538.

© А.С. Гордиенко, 2011

УДК 528.88

Н.А. Брыксина

ЮНИИ ИТ, Ханты-Мансийск

ПОВЫШЕНИЕ ТОЧНОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПЛОЩАДЕЙ ОЗЕР НА РАДИОЛОКАЦИОННЫХ СНИМКАХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ФИЛЬТРАЦИИ

Проведено исследование эффективности методов фильтрации для снижения влияния спекл-шума на точность определения площадей озер на радиолокационных снимках. Определен наилучший метод фильтрации радиолокационных изображений, позволяющий проводить дистанционные измерения площадей озер с погрешностью, не превышающей нескольких процентов.

N.A. Bryksina

Ugra Research Institute of Information Technologies (URIIT)

151 Mira Str., Khanty-Mansyisk, 628011, Russia Federation

INCREASE OF ACCURACY OF LAKES AREAS DETERMINATION ON RADAR IMAGES USING FILTRATION

Study of filtration methods efficiency for decreasing impact of the speckle-noise on accuracy of measuring lakes areas on radar images. It is found the best method of radar images filtration, allowing spending measurements of the lakes areas with error margin, not exceeding few percents.

В настоящее время в связи с глобальным потеплением климата большой интерес вызывает исследование динамики площадей термокарстовых озер, как индикатора изменения состояния вечной мерзлоты, на основе использования данных дистанционного зондирования и ГИС-технологий. Результаты этих исследований, опубликованные в российских [2, 3, 4] и зарубежных работах [5, 6, 7], основаны, прежде всего, на использовании многолетних оптических космических снимков. В условиях повышенной облачности на территории Западной Сибири проведение даже многолетнего мониторинга динамики площадей термокарстовых озер осложняется вследствие крайне малого числа безоблачных оптических снимков на этих территориях. В этом случае перспективно использовать радиолокационные снимки, не зависящие от условий освещения и пасмурной погоды [1]. Основным недостатком при использовании радиолокационных снимков для исследования изменений площадей термокарстовых озер является спекл-шум, присутствующий на радиолокационных снимках. При определении количественных характеристик динамики площадей озер спекл-шум оказывает существенное влияние на

точность измерения площадей озер. Для снижения влияния спекл-шума на точность измерения площадей озер на радиолокационных снимках обычно используют фильтрацию изображений. Применительно к нашей задаче необходимо выбрать наилучший метод фильтрации радиолокационных изображений с целью повышения точности измерения площадей озер на радиолокационных снимках.

В связи с этим целью настоящей работы является исследование эффективности методов фильтрации для снижения влияния спекл-шума на точность измерения площадей озер на радиолокационных снимках.

На рис. 1 представлена технологическая схема обработки радиолокационных снимков ERS-2 с применением методов фильтрации.

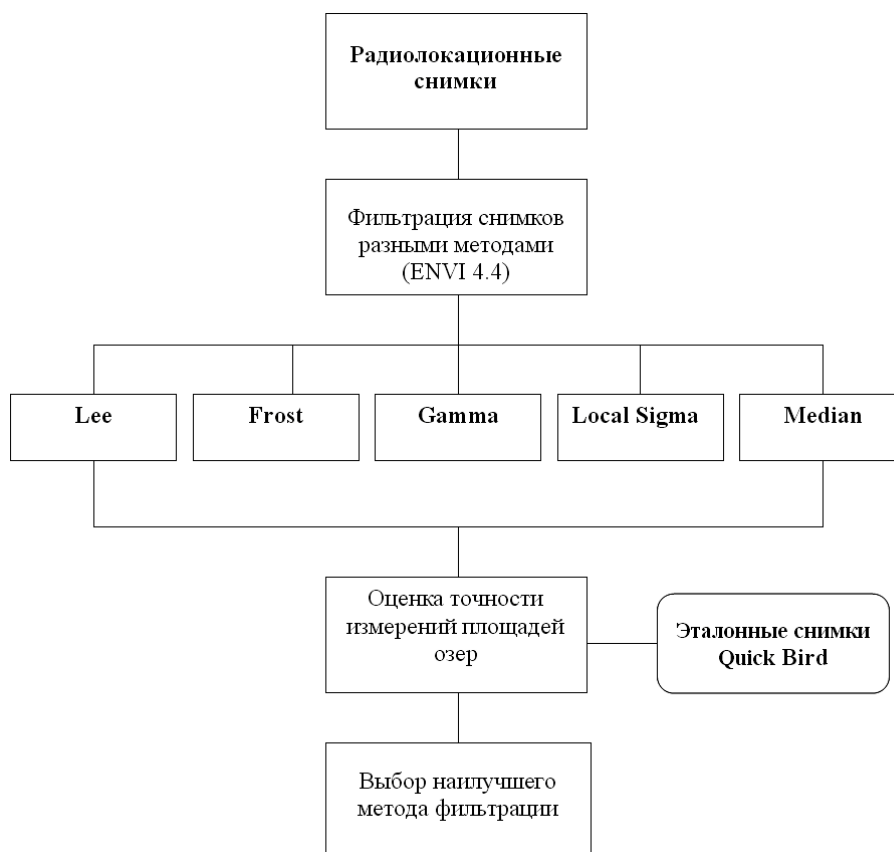


Рис. 1. Схема последовательности этапов обработки снимков ERS-2

Как показано на схеме (рис. 1), этап работы «Оценка точности измерений площадей озер» выполняется путем сравнения результатов измерений площадей озер на отфильтрованных радарных снимках с измерениями площадей озер на снимке Quick Bird, рассматриваемом в данном случае в качестве эталонного в связи с его высокой разрешающей способностью менее 1 м.

Исследование проводилось на территории площадью около 60000 км² с использованием радиолокационного космического снимка ERS-2 (12.07.2006 г.) и снимка Quick Bird (15.08.2006 г.). Размер используемой сцены на радиолокационном снимке ERS-2 составил 1347x2866 пикселей. Исследовались следующие методы фильтрации, реализованные в программном обеспечении

ENVI 4.4: Lee, Frost, Gamma, Local Sigma, Median. Размеры «скользящего окна» варьировались от 3x3, 5x5, 7x7 до 9x9 пикселей. Таким образом, для каждого метода фильтрации было получено по четыре отфильтрованных снимка. Общее количество отфильтрованных изображений по всем методам фильтрации составило 20. Для получения относительной величины погрешности на каждом отфильтрованном изображении проводились измерения площадей 149 озер.

Измерения площадей озер на отфильтрованных снимках ERS-2 проводились ручным способом с использованием инструментов для оцифровки границ озер в программном обеспечении ENVI 4.4. Для каждого выбранного озера производилось оконтуривание границ водной поверхности. По созданному контуру автоматически определялась площадь озера, значение которого заносилось в таблицу Excel. По результатам измерений площадей озер для всех отфильтрованных изображений были рассчитаны их суммарные площади и абсолютные и относительные погрешности измерения суммарной площади озер. Относительная погрешность измерения суммарной площади озер определялась по формуле:

$$\delta = \frac{\Delta S}{S_{QB}}, \quad (1)$$

где $\Delta S = |S_{ERS-2} - S_Q|$ – разность суммарных величин измерений площадей озер на отфильтрованных снимках ERS-2 и на снимке Quick Bird.

В табл. 1 для каждого отфильтрованного изображения приведена относительная погрешность измерения суммарной площади 149 озер в зависимости от размера скользящего окна.

Таблица 1. Относительное изменение суммарной площади озер в зависимости от размера скользящего окна

Фильтры	Размер скользящего окна			
	3x3	5x5	7x7	9x9
Lee	1,8 %	2,8 %	3,3 %	2,4 %
Frost	0,8 %	1,6 %	5,3 %	7,5 %
Gamma	0,1 %	1,8 %	4,8 %	8,6 %
Local Sigma	2,4 %	3,1 %	3,2 %	3,1 %
Median	0,6 %	1,1 %	2,1 %	3,5 %

На основе данных таблицы был построен график зависимости относительной погрешности измерения суммарной площади озер от размера скользящего окна, приведенный на рис. 2. Из графика на рис. 2 видно, что относительная погрешность измерения площадей озер на отфильтрованных снимках методами Frost, Gamma и Median при минимальных размерах скользящего окна 3x3 пикселя не превышает 1 %, что позволяет использовать указанные методы фильтрации для измерения площадей озер на радиолокационных снимках.

Так, относительная величина погрешности измерения суммарной площади озер на отфильтрованных снимках методами Frost составила 0,9 %, Gamma – 0,2 % и Median – 0,7 %. При увеличении размера окна для указанных методов фильтрации точность измерения суммарной площади озер снижается, что обусловлено «размытием» границ озер с увеличением размеров окна.

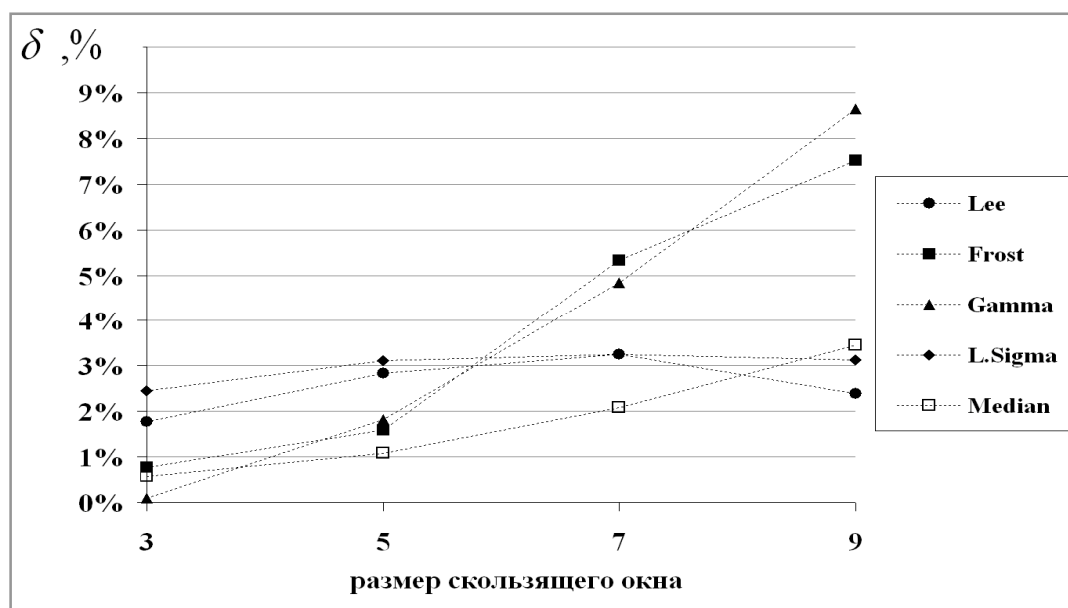


Рис. 2. Относительная погрешность измерения суммарной площади термокарстовых озер в зависимости от размера скользящего окна

С использованием эталонного снимка Quick Bird проведен детальный анализ изменения площадей озер на отфильтрованных изображениях Frost, Gamma и Median при минимальном размере окна 3x3 пикселя. Относительная погрешность измерения площади озера определялась по формуле (1).

На основании проведенного исследования точности измерения площадей озер на отфильтрованных снимках при минимальных размерах скользящего окна 3x3 пикселя было установлено, что наилучшую точность измерения площадей озер обеспечивает метод фильтрации Median.

Проведено сравнение точности измерений площадей озер на отфильтрованном снимке ERS-2 (методом Median) и на снимке ERS-2 без фильтрации. Результаты определения точности измерения площадей озер приведены в табл. 2.

Таблица 2. Среднее значение погрешности измерения площадей озер

S, га	δ, %	
	ERS-2 (без фильтрации)	ERS-2 (после фильтрации)
1	11	7,2
2	8,8	5,3
5	6,2	3,8
10	4,8	3,0
50	3,0	1,8

Так, для озер с площадью 10 га точность измерения на отфильтрованном снимке ERS-2 составляет 3,0 %, по сравнению с 4,8 % для снимка без фильтрации (табл. 2).

Следовательно, для увеличения точности измерения площадей озер на радиолокационных снимках необходимо проводить фильтрацию спекл-шума методом Median с минимальным размером скользящего окна 3x3, при котором достигается наиболее высокая точность измерения площадей озер на отфильтрованном радиолокационном изображении.

Работа выполнена при поддержке гранта по Программе CAT-1 Европейского космического агентства (проект ID-5762 «Cryogenic processes monitoring in Russian permafrost territories using radar data») и по Государственному контракту № 14.740.11.0409 (по заказу Минобрнауки РФ).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Брыксина, Н.А. Анализ сезонных изменений площадей термокарстовых озер в зоне вечной мерзлоты Западной Сибири с использованием снимков ERS-2 [Текст] / Н.А. Брыксина, Ю.М. Полищук // Исследование Земли из космоса. - 2009. - № 2. - С. 1-4.
2. Днепровская, В.П. Геоинформационный анализ геокриологических изменений в зоне многолетней мерзлоты Западной Сибири с использованием космических снимков [Текст] / В.П. Днепровская, Ю.М. Полищук // Геоинформатика. - 2008. - № 2. - С. 9 - 14.
3. Кравцова, В.И. Изучение динамики термокарстовых озер России [Текст] / В.И. Кравцова, А.Г. Быстрова // Геоинформатика. - 2009. - № 1. - С. 44-51.
4. Махатков, И.Д. Динамика озерных берегов в криолитозоне Западной Сибири на космических снимках [Текст] / И. Д. Махатков // Горн. информ.-аналит. бюл. - 2009. - Вып. 17: Кузбасс-2. - С. 221-224.
5. Fitzgerald, D. Permafrost and ponds. Remote sensing and GIS used to monitor Alaska wetlands at the landscape level / D. Fitzgerald, B.A. Riordan // Agroborealis.- 2003. - Vol. 35. - № 1. - P. 30-35.
6. Riordan, B. Shrinking ponds in subarctic Alaska based on 1950-2002 remotely sensed images / B. Riordan, D. Verbyla, A.D. McGuire // J. Geophys. Res. - 2006. - Vol. 111. G04002, doi:10.1029/2005JG000150.
7. Smith, L.C. Disappearing Arctic Lakes / L.C. Smith, Y. Sheng, G.M. MacDonald, L.D. Hinzman // Science. - 2005. - V. 308. - No 3. - P. 14.

© Н.А. Брыксина, 2011

УДК 528.7

И.Т. Антипов, Т.А. Хлебникова

СГГА, Новосибирск

О ДОСТОВЕРНОСТИ ВЕРОЯТНОСТНОЙ ОЦЕНКИ ТОЧНОСТИ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ АНАЛИТИЧЕСКОЙ ФОТОТРИАНГУЛЯЦИИ

В докладе анализируется достоверность вероятных ошибок координат точек местности, полученных при уравнивании фототриангуляционной сети. Обосновывается необходимость учета их при оценке точности результатов цифрового картографирования и моделирования местности и ее объектов.

I.T. Antipov, T.A. Hlebnikova

Siberian State Academy of Geodesy (SSGA)

10 Plakhotnogo Ul., Novosibirsk, 630108, Russian Federation

ABOUT RELIABILITY OF A PROBABILISTIC ESTIMATION OF ANALITICAL PHOTOTRIANGULATION ACCURACY

The paper deals with the reliability of probable errors of terrain points coordinates calculated from adjustment of a phototriangulation network and proves a necessity to take them into account for accuracy estimation of digital mapping and modelling results.

В последние годы для представления реальных объектов и рельефа поверхности территорий используются новые цифровые геопространственные продукты, получившие название 3D-моделей. В научной и технической литературе даны различные определения и обозначения, например: трехмерные виртуальные модели местности или 3D-(3-Dimensional) визуализации, трехмерные цифровые модели, 3D-сцены, трехмерные сцены [1,2].

На основе базовых понятий, приведенных в известных словарях по геоинформатике и картографии (данные, пространственные данные, геопространственные данные, местность, территория), в [3] сформулировано свое определение цифрового геопространственного вида продукции. Согласно этому определению, трехмерная измерительная видеосцена – это трехмерная цифровая модель участка территории (3D ЦМТ), включающая в себя цифровую модель рельефа и модели других объектов, расположенных в границах рассматриваемой территории, предназначенная для визуализации в статическом или динамическом режимах и расчетно-измерительных операций с использованием специальных программных средств географических информационных систем (ГИС).

Как следует из данного определения, для создания трехмерных видеосцен используются цифровые модели рельефа (ЦМР) и модели объектов (ЦМО),

источниками информации для получения которых могут служить различные данные.

Следует оговориться, что использованное выше определение «измерительная» не совсем корректно применительно к трехмерной видеосцене. Процесс «измерения» сводится к совмещению курсора на экране ПЭВМ с выбранной точкой трехмерной видеосцены. При этом происходит не измерение точки, а считывание значений ее координат X , Y , Z из базы данных. Здесь и далее термин «измерение» следует воспринимать с учетом этого пояснения.

Сама форма представления данных на трехмерную модель диктует целесообразность, а в ряде случаев – жесткую необходимость иметь не только координаты точки, но и сведения о точности их. Отсюда все острее встает в последнее время проблема предварительного расчета и фактической оценки точности трехмерных моделей.

Для формирования ЦМР и ЦМО наиболее часто используются аэрокосмические материалы, обработка которых выполняется средствами фотограмметрических технологий [4].

Естественно предположить, что точность трехмерных видеосцен будет характеризоваться совместным влиянием погрешностей цифровой модели местности (ЦММ), погрешностей, привносимых выбранными алгоритмами построения трехмерной видеосцены, а также параметрами используемого персонального компьютера (разрешение экрана, размер курсора и т.д.).

В настоящее время в производственных организациях топографо-геодезической службы России, как и во всем мире, используются специализированные программные комплексы, предназначенные для решения всех задач, в совокупности формирующих современную компьютерную технологию цифрового картографирования. Такие программные комплексы, как правило, входят в состав программного обеспечения цифровых фотограмметрических систем (ЦФС).

Из отечественных систем следует упомянуть ЦФС ЦНИИГАиК (Дельта), РНОТОМОД и ЦФС Талка, которые широко известны и конкурентно способны в сравнении с зарубежными системами. Все они в разной мере используются в производственных подразделениях предприятий РОСРЕЕСТР (ранее Роскартография), а также в странах СНГ. Однако, самое широкое распространение получили ЦФС ЦНИИГАиК – около 1000 рабочих мест. В состав программного обеспечения этой станции входит специализированный компонент РНОТОСОМ, составленный одним из авторов настоящей статьи и предназначенный для построения и уравнивания сетей пространственной аналитической фототриангуляции [5].

Стереофотограмметрическая обработка снимков при создании ЦМР и ЦМО наиболее часто выполняется в два этапа [4]:

- Фотограмметрическое сгущение опорной геодезической сети;
- Построение отдельных стереомоделей по данным фотограмметрического сгущения и измерение их.

Отсюда ясно, что для правильного суждения о точности готовой трехмерной модели желательно располагать надежными сведениями о точности полученных из фототриангуляции данных, по которым осуществлялись процессы восстановления и ориентирования стереоскопических моделей на отдельные стереопары снимков.

Традиционно о точности фототриангуляции судят по остаточным расхождениям координат на использованных при уравнивании и контрольных опорных точках, а также по другим показателям, обычно приводимым в протоколах вычислительной обработки и характеризующих выполнение отдельных процессов. Однако такая информация крайне скупа и может служить лишь приближенным критерием качества фототриангуляционной сети в целом, но не отдельных точек или стереопар.

Разумеется, существует множество формул для подсчета ожидаемой точности фототриангуляции, полученных разными авторами, исходя из общих закономерностей накопления ошибок в фотограмметрических сетях, установленных Г.В. Романовским более 40 лет назад. Такие формулы в какой-то мере повторяют ставшую исторической формулу Г.П. Жукова. Но и они дают лишь общее представление об ожидаемой точности в наиболее слабом месте маршрутной сети, состоящей из двух секций. В фотограмметрической литературе можно найти и формулы для блочной сети, но применять их следует с большой мерой осторожности, причем только для предварительной оценки типового построения, поскольку в них никак не отражают особенности конкретной сети.

Отличительной особенностью упомянутого выше компонента РНОТОСОМ является то, что он составлен с учетом общего правила метода наименьших квадратов, по которому процесс уравнивания должен решить две задачи, а именно – подсчитать искомые неизвестные, а также определить вероятнейшие ошибки их. Первая задача решается путем строгого уравнивания сети по условиям коллинеарности с самокалибровкой. При этом предусмотрено обращение матрицы коэффициентов нормальных уравнений с получением клеток $(Q_{\text{эво}})_{6,6}$ весовых коэффициентов элементов внешнего ориентирования всех снимков сети, так и клеток $(Q_{\text{xyz}})_{3,3}$ для каждой точки ее [5]. Подсчитывается также среднеквадратическая ошибка единицы веса μ , что позволяет легко оценить вероятную точность всех уравненных величин, как

$$M = \mu \sqrt{Q}.$$

К сожалению, за многие годы широкого применения компонента РНОТОСОМ не сложилось общее, единое мнение пользователей о пользе такой вероятнейшей оценки сети. В настоящей статье сделана попытка сопоставить вероятнейшие ошибки координат точек, подсчитанные при уравнивании через весовые коэффициенты, с истинными ошибками, и, тем самым, ответить на вопрос, вытекающий из названия статьи.

Естественно, что объемный эксперимент, предусматривающий операции с истинными ошибками, реально возможен только по макетам снимков. Программы для составления макетов и последующего анализа результатов их

обработки входят в компонент PHOTOSOM. При этом общая схема вычислений будет выглядеть следующим образом:

- Составление задания для моделирования местности и снимков;
- Расчет точек местности и макетов снимков, подготовка исходных данных для фототриангуляции;
- Построение и уравнивание фототриангуляции с вероятной оценкой полученных координат точек местности;
- Сопоставление уравненной фототриангуляционной сети с исходными макетными данными и определение истинных ошибок ее;
- Сравнение истинных и вероятных оценок точности для точек сети с определением отношения между первыми и вторыми и подсчетом количества таких отношений, не превышающих границ 0.2, 0.4, 0.6, 0.8, 1.0, 1.2, 1.4, 1.6, 1.8, 2.0, 2.5, 3.0 3.5.

Очевидно, что в матрице весовых коэффициентов в специфичной форме отражаются все особенности фототриангуляционной сети, и в первую очередь – геометрия сети, включая фотограмметрические связи между смежными снимками и маршрутами, вид опорных данных и схему их размещения. Среднеквадратическая ошибка единицы веса отражает измерительные качества исходных данных.

Невозможно в одном эксперименте охватить все многообразие фототриангуляционных сетей. Что касается качества исходных данных, то в выполненном эксперименте принято, что точность их отвечает требованиям хорошей технологической дисциплины, что грубые промахи отсутствуют, а систематические ошибки исключены соответствующими средствами.

Естественно, что в идеале для любой сети вероятные ошибки должны совпадать с истинными, а отношения истинных ошибок к вероятным должны равняться единицам. Поэтому для первого эксперимента нет необходимости жестко копировать устоявшиеся на производстве геометрические параметры сети. Гораздо важнее выявить общие тенденции, которым подчиняется связь между двумя типами ошибок.

Исходный макет составлен для блока, состоящего из 12 маршрутов по 13 снимков, полученных камерой с фокусным расстоянием 222мм и стороной кадра 230мм. Точки на каждой стереопаре размещены группами по две в 15 стандартных зонах, причем по 5 зон с левой и правой сторон пары являются связующими. Верхний и нижний ряды стандартных зон входят в полосы межмаршрутных перекрытий.

В первом варианте было предположено, что рабочим обоснованием обеспечен каждый маршрут, причем опорные точки расположены парами через n базисов фотографирования. При этом счет выполнен последовательно для величины n , равной 2, 3, 4, 6 и 12. В табл. 1 для всех n (соответствующие индексы блоков n_2 , n_3 , n_4 , n_6 , n_{12}) приведено в процентах количество точек, у которых названные отношения не выходят за конкретную границу. Из всего

ряда указанных выше верхних границ отношений в таблицу включена лишь часть 1.0, ... 2.0.

Из таблицы четко видна зависимость количества отношений, лежащих в пределах той или иной границы, от густоты рабочего обоснования. Так при $n=2$ почти для 60 % точек в плане и 80 % по высоте истинная ошибка меньше или равна вероятной. Для этого n 80 % истинных ошибок в плане и 95 % по высоте не превосходят удвоенных значений соответствующих вероятных ошибок.

Таблица 1. Количество точек с отношениями истинных ошибок к вероятным в пределах верхних границ

	По оси X (число точек в %)						По оси Y (число точек в %)						По оси Z (число точек в %)					
Верхняя граница	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0
Индекс блока	Вариант 1																	
п2	57.7	65.1	71.5	77.9	84.0	87.6	60,4	68,8	75,7	81,6	85.9	88.9	79.2	86.1	90.6	94.0	95.6	96.8
п3	47.2	55.3	61.4	68.0	73.9	78.4	51.5	59.2	65.8	71.9	78.1	82.8	65.1	74.6	80.5	85.7	89.2	92.5
п4	45.4	53.1	60.2	66.9	71.9	77.7	49.7	56.9	64.0	69.5	74.5	79.7	62.4	69.9	76.9	82.1	86.6	90.3
п6	44.3	51.7	58.4	64.5	71.0	75.7	47.1	54.6	60.5	65.6	71.0	76.8	60.1	68.2	75.8	80.6	85.8	89.6
п12	44.5	52.2	59.7	66.3	71.9	77.6	49.1	57.2	64.8	71.0	77.3	82.1	62.9	71.5	78.6	83.9	89.3	92.4
п18	38.1	45.2	52.7	59.2	65.4	71.2	40.1	46.8	54.8	61.1	67.3	72.3	70.9	81.7	88.7	93.1	95.8	96.8
Индекс блока	Вариант 2																	
bc2	45.6	52.7	59.8	66.5	72.6	77.8	50.2	57.8	64.5	71.3	76.9	82.0	65.4	74.0	80.6	85.5	89.2	91.8
bc3	43.6	50.4	57.6	64.1	69.0	74.8	47.9	54.6	61.9	68.3	74.6	80.1	59.3	67.5	75.0	80.7	86.2	89.7
bc4	43.7	50.5	57.1	62.8	68.8	73.5	46.3	53.9	61.3	67.8	74.0	78.8	63.0	71.7	77.9	82.8	87.0	91.0
bc6	44.2	51.3	58.6	64.4	70.2	75.1	47.9	54.7	62.1	68.1	73.8	79.1	60.5	69.0	75.6	81.8	86.6	90.0
Индекс блока	Вариант 3																	
gp1	54.3	63.4	70.1	75.9	80.9	85.1	54.6	62.4	70.3	76.7	82.5	87.7	66.9	74.8	82.0	87.0	90.5	93.1
gp2	51.4	59.0	66,5	73,4	79,2	83,5	46,5	55,2	61,4	68,0	74,7	78,9	58.7	67.2	75.2	81.0	85.9	90.1

При увеличении интервала между опознаками от 2 базисов до 6 количество точек с отношением в пределах каждой границы постепенно снижается. Но при переходе от $n=6$ к $n=12$ эта тенденция для оценки по высоте меняется. Для подтверждения такой смены дополнительно смоделирован и обработан более крупный блок, в котором $n=18$, а прочие параметры сохранены прежними. Строка $n=18$ в табл. 1 убедительно свидетельствует о высокой надежности вероятной оценки по высоте не только при очень густом, но и при крайне слабом рабочем обосновании.

Следующий вариант (2) относится к разреженному геодезическому обоснованию. При этом опорные точки располагались как бы по углам прямоугольной сетки, причем в направлении маршрутов сторона клетки равнялась 2, 3, 4 или 6 базисам фотографирования, а поперек маршрутов – 2, 3, 4 или 6 маршрутам. В табл. 1 индексы блоков этого варианта помечены как $bc2$, $bc3$, $bc4$ и $bc6$. Таким образом, блок $bc6$ обеспечен всего 9 опорными точками.

Часть табл. 1, относящаяся к варианту 2, свидетельствует, что надежность вероятных оценок точности уравнивания при сокращении геодезического обоснования меняется очень слабо. Во всех случаях для 50 % точек истинные ошибки плановых координат лежат в пределах вероятных ошибок. Для высот этот показатель равен примерно 60 %. В пределы удвоенных вероятных ошибок попадают соответственно истинные ошибки 75 % точек в плане и 90 % точек по высоте.

Еще один вариант (3) предполагает использование координат центров проектирования, полученных в полете средствами спутниковых навигационных систем. При этом в макетные данные добавлено три каркасных маршрута. Результаты счета замыкают табл. 1. Блок $gr1$ вообще не имеет наземного геодезического обоснования, но для всех маршрутов (и основных, и каркасных) известны координаты центров проектирования. В блоке $gr2$ по спутниковым измерениям определены только центры проектирования каркасных маршрутов, но на земной поверхности имеются 9 опознаков, один из которых находится в центре блока, а остальные – по 3 на каждой стороне блока. Другими словами, наземное геодезическое обоснование в блоках $gr2$ и $bc6$ одинаково.

Часть таблицы для варианта 3 вполне согласуется с предыдущими двумя разделами ее.

В целом табл. 1 подтверждает достаточный уровень надежности вероятных оценок точности фототриангуляционной сети, строго уравненной по условиям коллинеарности.

Помимо перечисленных выше, проведены многие другие эксперименты, в которых варьировалось количество основных и каркасных маршрутов, поперечное перекрытие, число снимков в маршрутах, число и схема расположения планово-высотных, плановых и высотных опознаков, масштаб фотографирования, количество измеренных на стереопаре точек, средняя погрешность измерения координат и параллаксов точек снимков, средняя погрешность положения опознаков в плане и по высоте. Но результаты

вычислений ни разу не вступили в противоречия с общими закономерностям, прослеживающимися по табл. 1.

Один из дополнительных экспериментов поставлен с целью выявить влияние фокусного расстояния съемочной камеры на соотношение ошибок фотограмметрического сгущения. При этом полностью повторена вся охарактеризованная выше программ вычислений. Была сохранена геометрическая схема блока, все параметры точности исходных данных, масштаб воздушного фотографирования и формат кадра съемочной камеры. Но фокусное расстояние камеры принято равным 153 мм. В итоге оказалось, что достоверность вероятных оценок для высот точек местности хотя и слабо, но связана с углом поля зрения объектива. В числовом выражении положительный эффект составил всего 1–2 %.

Выполненные исследования позволяют сделать следующие выводы.

1. Вычисленные при уравнивании вероятные погрешности координат точек фототриангуляционной сети всегда отличаются от истинных значений ошибок. Но примерно для 15–20 % точек разность между этими оценками мала и не превосходит пятой части самих ошибок.

2. Наибольшее влияние на распределение значений отношений оказывают число и схема расположения опознаков (или плотность другого вида рабочего обоснования). Чем лучше схема расположения опознаков, тем большее число истинных ошибок меньше вероятных значений или равно им.

3. Как правило, для 80 % точек истинная ошибка в плане лежит в пределах удвоенной вероятной ошибки. Для высот точек этот показатель близок к 90 %. Поэтому удвоенные вероятные ошибки можно рассматривать как границы доверительных интервалов для истинных ошибок с достоверностью 80 или 90 процентов соответственно.

4. В целом достоверность вероятных оценок точности координат точек уравненной фототриангуляционной сети достаточно высока, что оправдывает учет их в последующих технологических процессах и при характеристике конечных результатов цифрового картографирования и моделирования местности.

5. Необходимы дополнительные исследования, направленные на разработку методов объективной оценки реальной точности цифровых моделей, при построении которых в качестве опоры использованы ориентировочные точки, полученные из фототриангуляции. Желательно расширить круг анализируемых параметров фототриангуляционных сетей, принимая при этом во внимание наиболее часто встречающиеся индивидуальные особенности их.

6. Существенный интерес приобретает анализ соотношения разных типов ошибок для макетных блоков, являющихся аналогами реальных сетей. Такой анализ вполне может вскрыть новые, доселе неведомые свойства.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Дуда, Р.О. Распознавание образов и анализ сцен [Текст] / Р.О. Дуда, П.Е. Харт; пер. с англ. – М.: Мир, 1976. – 511с.

2. Важнейшие фундаментальные и прикладные проблемы геоинформатики [Текст]/ И.А. Соколов, В.Н. Филатов, А.И. Мартыненко и др. // Геодезия и картография. –2006. – №11. –С. 47–56.

3. З.Журкин, И.Г. Технология получения измерительной трехмерной видеосцены по материалам аэрокосмических съемок [Текст] /И.Г. Журкин, Т.А. Хлебникова // Геодезия и картография. – 2009. – № 8. – С.43–48.

4. ГКИНП (ГНТА)-02-036-02. Инструкция по фотограмметрическим работам при создании цифровых топографических карт и планов [Текст]. – М.: ЦНИИГАиК, 2002. – 100с.

5. Антипов, И.Т. Математические основы пространственной аналитической фототриангуляции [Текст] / И.Т. Антипов. – М.: Картгеоцентр – Геодезиздат, 2003. – 296с.

© *И.Т. Антипов, Т.А. Хлебникова, 2011*

УДК 528.7

Е.П. Хлебникова, Д.П. Симонов

СГГА, Новосибирск

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЛИЧЕСТВЕННОГО И КАЧЕСТВЕННОГО СОСТАВА КЕРАМИКИ МЕТОДАМИ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ДЕШИФРИРОВАНИЯ

Рассмотрены факторы, оказывающие влияние на свойства керамических материалов и способы их определения. Проведены экспериментальные исследования возможности определения качественных и количественных характеристик керамики методами управляемой и неуправляемой классификации.

E.P. Khlebnikova, D.P. Simonov

SSGA, Novosibirsk

DEFINITION QUANTITATIVE AND QUALITATIVE STRUCTURE OF CERAMICS BY METHODS AUTOMATED INTERPRETATION

The factors influencing properties of ceramic materials and ways of their definition are surveyed. Experimental researches possibility definition qualitative and quantitative characteristics of ceramics by methods controlled and uncontrollable classification have been received.

Пригодность различных видов керамики для дальнейшего использования предопределяется совокупностью ее свойств. Так как отдельные виды керамики предназначены для эксплуатации в определенных, отличных от других условиях, то и каждая из этих разновидностей характеризуется совокупностью своих специфических свойств. С другой стороны, соответствие данного вида керамики техническим условиям не может быть оценена каким-либо одним общим свойством. Чем сложнее область применения какой-либо разновидности керамики, тем более сложен и многочислен комплекс предъявляемых к ней требований [1].

Использование керамики открывает возможность для создания разнообразных по свойствам материалов в пределах одной и той же химической композиции. Любое, даже самое малое керамическое изделие состоит из огромного числа кристаллитов, размер, форма и относительное расположение которых определяют их свойства [2].

Важнейшие технические характеристики, которыми в той или иной мере должны обладать различные виды керамики, подразделяются на следующие группы: микростроение, пористость и проницаемость, прочность механическая, термомеханические, теплофизические, термические, химические,

электрофизические свойства и т.д. На любые свойства всех видов керамических материалов решающее влияние оказывает их строение. Под строением подразумевается взаимное сочетание и распределение кристаллических, стекловидной (аморфной) и газовой (т. е. пор) фаз, их физико-химическая природа и количественное соотношение.

Кристаллическая фаза керамики представляет собой определенные химические соединения или твердые растворы этих соединений. Свойства кристаллической фазы определяют свойства керамического материала.

Стекловидная фаза представляет собой прослойки стекла, связывающие кристаллическую фазу. Количество стекловидной фазы в технической керамике зависит от содержания минерализаторов, плавней и глинистых веществ, способствующих процессу спекания. Чем больше содержание стекловидной фазы, тем менее заметны характерные свойства керамики, обусловленные кристаллической фазой.

Газовая фаза представляет собой газы, находящиеся в порах керамики. Количество газовой фазы зависит в основном от способа оформления заготовок керамических изделий и режима обжига. В соответствии с содержанием газовой фазы керамику разделяют на плотную, без открытых пор и пористую. При открытой пористости резко снижаются, даже в условиях нормальной влажности, все технические показатели материала. При заметной закрытой пористости наблюдается снижение механической и электрической прочности [3].

Особенности строения керамики оценивают путем исследования его микроструктуры и текстуры. Микроструктура устанавливает природу кристаллических фаз, характер их строения и сочетания со стекловидной фазой и порами. Текстура определяет объем пор, их размеры, строение, форму и взаимное расположение в изделии. Рассмотрение свойств керамических материалов устанавливает, что в большинстве случаев они обуславливаются особенностью фазового состава и характером строения фаз [3].

Решающее влияние особенности строения керамики на все ее свойства вызывает необходимость детальных и всесторонних исследований ее структуры и текстуры.

В настоящее время контроль за соответствием полученных изделий предъявляемым требованиям происходит при помощи механической и визуальной оценки образцов. Такой способ нельзя назвать прогрессивным, т. к. это достаточно трудоёмко, а результаты содержат значительную долю субъективной компоненты. Авторы полагают, что в данном случае целесообразно применить существующие методы автоматизированного дешифрирования цифровых изображений для решения задач по определению качественных и количественных характеристик керамических материалов. Успех тематического дешифрирования изображений в значительной степени зависит от наличия той или иной контекстной и априорной информации об объектах, которые являются предметом обнаружения, классификации, оценивания и т. д., а также об условиях получения изображений, наличия моделей связи между этими объектами и изображениями [4]. В данном случае

условия постановки эксперимента позволяют учесть все вышеперечисленные факторы.

Для проведения эксперимента был использован микроскоп МИА ЛабМет-И1 при увеличении 360х. На первом этапе обработки снимков края изображений были обрезаны, как искаженные неравномерностью освещения.

Полученные снимки представлены на рис. 1.

Проведенные эксперименты показали, что использование алгоритмов неуправляемой классификации для выявления качественного состава керамики неэффективно, что может быть объяснено тем, что интересующие классы имеют достаточно узкий диапазон яркостей, границы которого можно установить лишь при очень большом количестве задаваемых порогов.

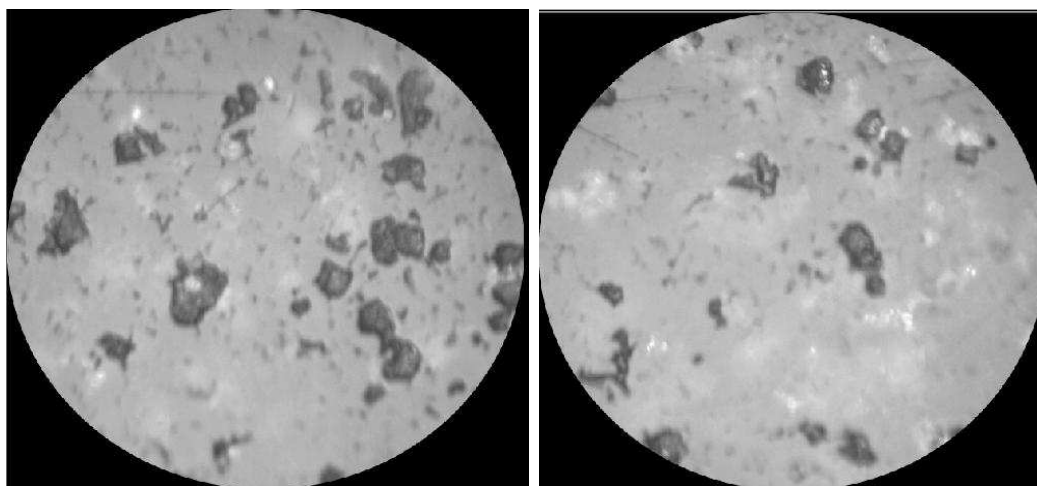


Рис. 1. Снимки поверхности различных образцов керамики

Обучающая выборка создавалась при помощи эталона, созданного на основе визуального анализа изображения. В набор сигнатур включались только два определяемых класса – «газовая фаза (поры)» и «кристаллическая фаза». Таким образом, стеклофаза, являющаяся основой керамики, попадала в понятие «неклассифицированные пиксели». На рис. 2 представлен процесс создания обучающей выборки для класса «газовая фаза (поры)» методом выращивания.

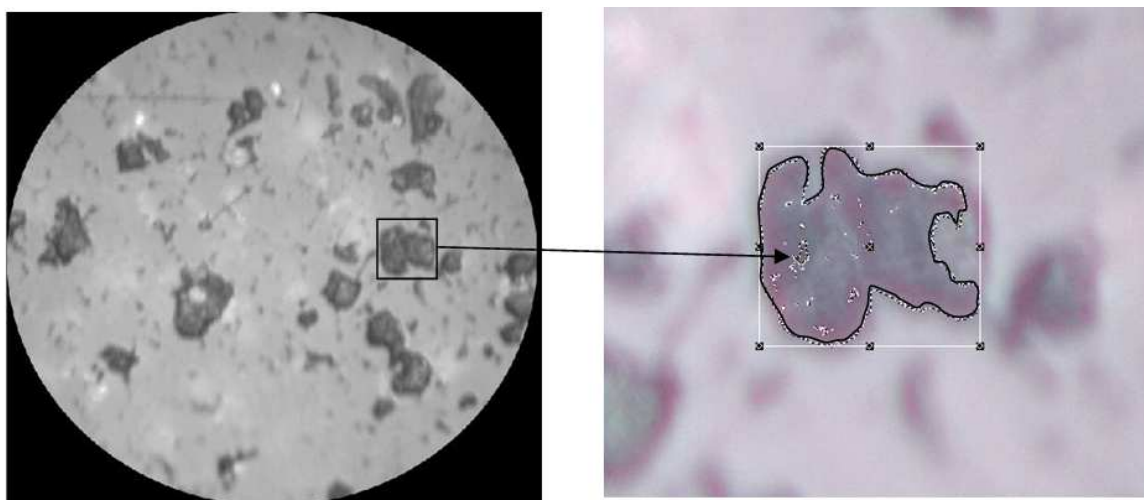


Рис. 2. Создание обучающей выборки для класса «газовая фаза (поры)»

Далее были исследованы такие алгоритмы управляемой классификации, как «Метод параллелепипедов», «Метод минимальных расстояний», «Метод максимального правдоподобия».

Предварительный анализ алгоритмов работы данных методов указывал на «Метод параллелепипедов» как на наиболее оптимальный. Этот вывод основывался на том, что классификация способом параллелепипедов использует простое решающее правило. Данный способ применяется, когда значения спектральной яркости разных объектов практически не перекрываются, а классов объектов немного, что соответствует поставленной задаче.

При таком методе классификации в пространстве спектральных признаков выделяются области в форме параллелепипедов, ограничивающих значения яркости объектов данного класса. При определении граничных (минимальные и максимальные) значений яркости используются сведения о классах в виде векторов средних значений яркости $\bar{\mu}_k$ и векторов дисперсий $\bar{\sigma}_{mk}$, полученные в процессе обучения. Известно, что для нормально распределенной случайной величины 95,4 % ее значений лежат в пределах отклонений от среднего значения, меньших 2σ . Проведенные эксперименты подтвердили правильность сделанных предположений.

Условия получения изображений разных образцов были практически идентичны, что позволило использовать одну и ту же обучающую выборку для классификации аналогичных образцов. На рис. 3 представлен результат обработки двух образцов керамической поверхности по единому эталону. Достоверность дешифрирования для обоих образцов сопоставима и составляет в среднем 97 % для класса «газовая фаза (поры)» и 92 % для класса «кристаллическая фаза».

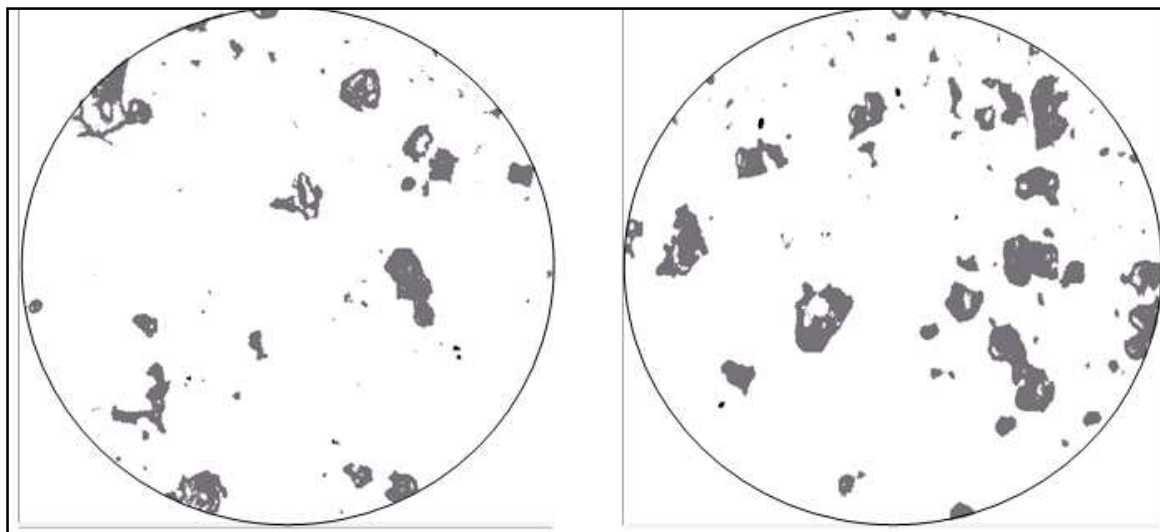


Рис. 3. Результат классификации изображений разных образцов по единому эталону

Таким образом, проведенные эксперименты показали высокую эффективность и перспективность использования методов автоматизированного

дешифрирования изображений для определения количественных и качественных характеристик функциональной керамики. Создание единого эталона для определения микроструктуры материала методами цифровой обработки изображений позволит значительно сократить время- и трудозатраты на контроль качества продукции и повысить достоверность экспертной оценки.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Химическая технология керамики и огнеупоров [Текст]/ под общ. ред. акад. АН УССР, чл.-корр. АН СССР П. П. Будникова и д-ра техн. наук проф. Д. Н. Полубояринова. – М. – Изд-во лит-ры по стр-ву. – 1972, 552с.
2. Третьяков, Ю.Д. Керамика в прошлом, настоящем и будущем [Электронный ресурс]/ Ю.Д. Третьяков. – 1998. – [Режим доступа]: <http://www.pereplet.ru/obrazovanie/stsoros/568.html>
3. Радиокерамика [Текст]/ под ред. В. В. Пасынкова. – Л. – Госэнсргоиздат. – 1963, 553 с.
4. Кабанов, М.М. Помехоустойчивый алгоритм оценивания границ и уровня водной поверхности по данным дистанционного зондирования [Электронный ресурс]/ М.М. Кабанов, С.Н. Капустин, А.П. Серых . – 2002 . – [Режим доступа]: [http://www.tsu.ru/webdesign/tsu/Library.nsf/designobjects/vestnik275/\\$file/Kabanov.pdf](http://www.tsu.ru/webdesign/tsu/Library.nsf/designobjects/vestnik275/$file/Kabanov.pdf)

© *Е.П. Хлебникова, Д.П. Симонов, 2011*

УДК 528.72

А.Ю. Чермошенцев

СГГА, Новосибирск

СОЗДАНИЕ ОРТОФОТОПЛАНОВ ПО КОСМИЧЕСКИМ СНИМКАМ СВЕРХВЫСОКОГО РАЗРЕШЕНИЯ ДЛЯ ЭФФЕКТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ ТЕРРИТОРИЯМИ МУНИЦИПАЛЬНЫХ ОБРАЗОВАНИЙ

В статье рассмотрены результаты создания ортофотопланов по космическим снимкам сверхвысокого разрешения по заказу администраций муниципальных образований для эффективного планирования развития населенных пунктов.

A.Y. Chermoshentsev

Siberian State Academy of Geodesy (SSGA)

10 Plakhotnogo Str., Novosibirsk, 630108, Russian Federation

CREATION OF ORTHOPHOTOPLANS BASED ON VERY HIGH-RESOLUTION SATELLITE IMAGES FOR EFFECTIVE TERRITORY MANAGEMENT OF MUNICIPAL FORMATION

This article describes results of orthophotoplans' creation based on very-high resolution satellite images for the purpose of administration of municipal formation during building's planning.

Постановка земельных участков малых населенных пунктов на государственный кадастровый учет должна сопровождаться согласованием с границами уже состоящих на учете земельных участков и стратегией развития территории поселений.

Процесс формирования документации территориального планирования в настоящее время выполняется администрациями районов. Эта задача сейчас решается с использованием существующих топографических планов населенных пунктов, которые в большинстве своем утратили актуальность. Обновление крупномасштабных планов малых населенных пунктов практически не производится. Создание таких планов полевыми геодезическими методами требует больших экономических и временных ресурсов. Альтернативным источником данных для территориального планирования могут являться космические снимки сверхвысокого разрешения, применение которых позволит значительно сократить объем полевых измерений [1].

Актуальной задачей являются практические исследования целесообразности применения космических снимков сверхвысокого разрешения для создания фотопланов, которые можно использовать для

планирования развития территории муниципального образования и эффективного управления.

По заказу администрации Болотнинского района Новосибирской области выполнено создание фотопланов на территорию 27 населенных пунктов 14 сельсоветов, включая административный центр г. Болотное, с точностью, удовлетворяющей требованиям, предъявляемым к планам масштаба 1:2 000.

На основе выполненного анализа геометрических характеристик космических снимков сделан вывод, что для достижения такой точности могут быть использованы космические снимки с пространственным разрешением не ниже 0,8 м. Данное разрешение обеспечивают съемочные системы Ikonos, QuickBird, WorldView-1,2 и GeoEye-1.

В ходе подготовительных работ был произведен поиск архивных материалов космической съемки, удовлетворяющих следующим требованиям:

- Снимки получены в бесснежный период года;
- Наличие облачности не более 5 %;
- Съемка выполнена не позднее 2008 г.

В соответствии с требованиями поставщиков космических снимков QuickBird и WorldView-1,2 минимальная площадь каждого участка съемки должна составлять 25 км², а длина стороны многоугольника, описывающего границы участка, должна быть не менее 5 км. Для снимков Ikonos и GeoEye-1 площадь снимаемой территории не должна быть менее 49 км², но ограничений на конфигурацию не накладывается за исключением минимальной ширины (3 км) полосы съемки для протяженных объектов. С экономической точки зрения при определении границ участков съемки для заказа космических снимков учитывалась близость расположения населенных пунктов относительно друг друга с целью их возможного объединения, поэтому населенные пункты, расположенные вблизи относительно друг друга, группировались в один участок. В результате было сформировано 17 съемочных участков, космические снимки на которые предоставлены ИТЦ «СканЭкс».

Обрабатываемые архивные космические снимки имели уровни обработки OrthoReady Standard (QuickBird, WorldView-1,2) и Geo Ortho Kit (Ikonos, GeoEye-1), предусматривающие геометрическую коррекцию изображений без учета влияния рельефа.

В табл. 1 приведены характеристики местности в пределах каждого населенного пункта и снимков на эту территорию.

Работы по созданию ортофотопланов по космическим снимкам включали следующие этапы:

- Рекогносцировка участка работ;
- Определение координат точек основного съемочного обоснования с использованием GPS-оборудования;
- Создание рабочего съемочного обоснования (определение координат опознаков) с применением GPS-оборудования;
- Обработка снимков в программном комплексе (ПК) ENVI 4.6.

В качестве основного съемочного обоснования использовались шесть пунктов триангуляции (рис. 1). В г. Болотное была создана временная базовая станция и определены её координаты. Для этого на данном пункте и трех пунктах триангуляции одновременно выполнялись спутниковые измерения в режиме «Статика» и последующее совместное уравнивание их геодезических координат. Работы производились с использованием спутниковых двухчастотных GPS/ГЛОНАСС приемников Topcon Hiper+, JAVAD Prego Lite, Орион (ЭОМЗ).

Таблица 1. Характеристика используемых материалов

Населенный пункт	Перепад высот в пределах нас. пункта, м	Снимок	Разрешение, м	Дата съемки	Угол отклонения оптической оси от надира, °
г. Болотное с. Баратаевка п. Бор п. Дивинка	13,5	Ikonos	0,8	28.08.2010	24
	20,0				
	12,5				29
	16,0				
с. Ача	18,0	WorldView-1	0,5		16
с. Байкал с. Светлая Поляна д. Новая Чебула д. Таганай	17,5	WorldView-1	0,5	09.08.2008	22
	15,0				
	22,5				
	10,0				
д. Большеречка	20,0	WorldView-1	0,5	27.07.2008	29
с. Варламово	12,5	GeoEye-1	0,5	15.10.2010	26
д. Большая Черная	12,5	WorldView-2	0,5	04.05.2010	15
с. Турнаево	12,5	GeoEye-1	0,5	15.10.2010	26
с. Егоровка д. Кривояш с. Карасево д. Верхний Елбак	7,5	WorldView-1	0,5	27.07.2008	9
	15,0				
	17,5				
	10,0				
д. Кругликово	5,0	WorldView-2	0,5	21.08.2010	18
с. Корнилово	15,0	GeoEye-1	0,5	09.08.2008	16
с. Кунчурук	10,0	WorldView-1	0,5	09.07.2008	26
с. Новобибеево д. Старобибеево	7,5	QuickBird	0,64	30.07.2010	12
	7,5				
д. Камень д. Шумиха	6,5	WorldView-2	0,5	21.08.2010	18
	17,5				
с. Ояш	12,5	WorldView-1	0,5	27.07.2008	16

В пределах каждого населенного пункта было запроектировано 8-10 опорных точек (опознаков) для привязки космических снимков (рис. 2). В качестве опорных точек выступали пересечения заборов, как наиболее четко распознаваемые объекты для данной территории на снимках.

Привязка опознаков выполнялась с точек основного съемочного обоснования спутниковыми приемниками JAVAD Prego Lite и Орион.

Продолжительность сеанса спутниковых наблюдений на одной опорной точке составляла от 8 до 12 минут в зависимости от расстояния до базовой станции, максимальное удаление от которой достигало 15 км.

Обработка данных спутниковых измерений выполнялась в программном обеспечении Pinnacle 1.0 (Topcon Position System). Максимальная ошибка определения координат опознаков определены не превышала 0,15 м.

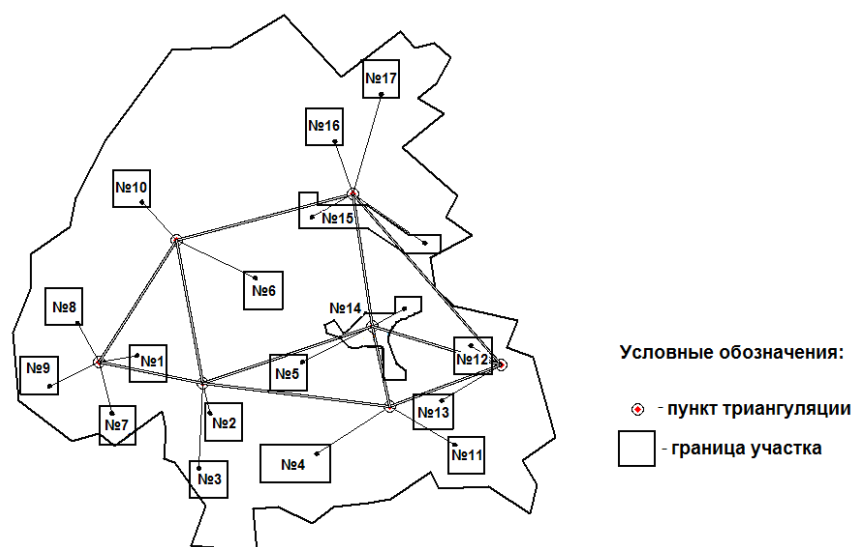


Рис. 1. Схема основного планово-высотного обоснования

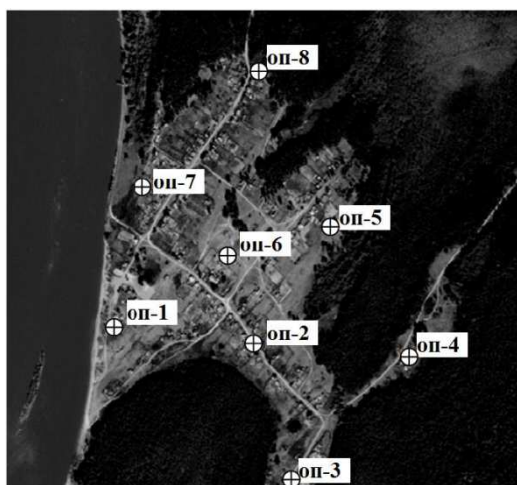


Рис. 2. Типовая схема расположения опознаков

Из анализа литературных источников [2,3] следует, что в зависимости от характера рельефа местности и величины угла отклонения оптической оси от надира погрешность определения планового положения контуров по космическим снимкам может достигать десятков метров и более (табл. 2).

Таким образом, данные в табл. 2 свидетельствуют, что выполнение ортотрансформирования космических снимков практически всегда (за исключением случаев съёмки равнинной местности или использования снимков

с небольшим отклонением оптической оси) является необходимым условием получения выходных продуктов высокой точности.

Сопоставление характеристик исходных материалов, приведенных в табл. 1, и значений из табл. 2 позволило сделать вывод, что для обработки 19 из 23 космических снимков необходимо их ортотрансформирование с использованием цифровой модели рельефа (ЦМР). Создание ЦМР выполнено по горизонталям, проведенным через 2,5 м, векторизованным по карте масштаба 1:10 000 с сечением рельефа 1 м.

Таблица 2. Зависимость ошибки планового положения точки местности от перепада высот и угла отклонения оптической оси от надира

Угол отклонения опт. оси от надира	Отклонение высот точек местности от среднего значения, м							
	2	5	10	15	30	50	100	500
5°	0	0,5	1	1,8	2,5	4	9	44
10°	0,2	1	1,5	3,2	5	8	18	89
15°	0,5	1,5	3	6,5	8	13	27	134
25°	1	2,5	5	9,5	14	23	47	233

Количество опорных точек, используемых для привязки каждого снимка, составляло 3-4, поскольку, как показали выполненные ранее исследования [4,5], для обеспечения точности обработки космических снимков по методу RPC, соответствующей планам масштаба 1:2 000, достаточно иметь 1–4 опорные точки. Остальные точки рабочего съемочного обоснования (4–5 точек) выступали в качестве контрольных. Ортотрансформирование выполнялось в пределах фрагмента снимка с изображением территории населенного пункта и его окрестностей площадью от 2 до 4 км² с целью сокращения времени обработки материалов и вычислительных ресурсов.

При обработке космических снимков использовались материалы съемки положения антенны GPS-приёмника, полученные цифровой фотографической камерой, для более надежного распознавания опорных и контрольных точек на изображениях (рис. 3).

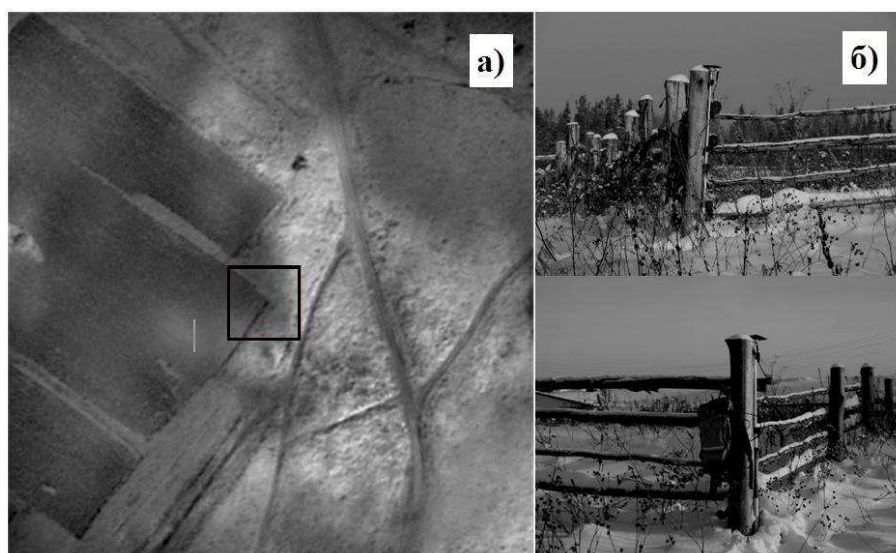


Рис. 3. Пример изображения опорной точки на космическом снимке (а) и на снимке, полученном цифровой камерой (б)

По результатам обработки космических снимков вычислены средние квадратические ошибки (СКО) планового положения опорных и контрольных точек (табл. 3), характеризующие точность создания ортофотопланов.

Таблица 3. СКО расхождений планового положения опорных и контрольных точек

Населенный пункт	Снимок	СКО планового положения опорных точек $m_{Lo,M}$	СКО планового положения контрольных точек $m_{Lk,M}$
г. Болотное	Ikonos	0,41	0,77
с. Баратаевка		0,49	0,59
п. Бор		0,22	0,47
п. Дивинка		0,40	0,59
с. Ача	WorldView-1	0,26	0,41
с. Байкал	WorldView-1	0,20	0,47
с. Светлая Поляна		0,12	0,36
д. Новая Чебула		0,18	0,38
д. Таганай		0,28	0,50
д. Большеречка	WorldView-1	0,51	0,66
с. Варламово	GeoEye-1	0,15	0,58
д. Большая Черная	WorldView-2	0,23	0,46
с. Турнаево	GeoEye-1	0,27	0,34
с. Егоровка	WorldView-1	0,26	0,36
д. Кривояш		0,17	0,42
с. Карасево		0,23	0,57
д. Верхний Елбак		0,24	0,35
д. Кругликово	WorldView-2	0,21	0,47

с. Корнилово	GeoEye-1	0,25	0,36
с. Кунчурук	WorldView-1	0,34	0,46
с. Новобибеево	QuickBird	0,23	0,34
д. Старобибеево		0,35	0,51
д. Камень	WorldView-2	0,29	0,47
д. Шумиха		0,26	0,49
с. Ояш	WorldView-1	0,15	0,30

Из анализа табл. 3 следует, что созданные фотопланы соответствуют точности, предъявляемой к планам масштаба 1:2 000 [6].

Фотопланы с нанесенными границами земельных участков и кадастрового деления территории поселений переданы в администрации муниципальных образований.

Таким образом, результаты выполненных работ показали, что ортофотопланы, созданные по космическим снимкам сверхвысокого разрешения, обладают высокой точностью, информационной емкостью и наглядностью. Они могут служить в качестве измерительной основы для нанесения границ землепользований и использоваться администрациями муниципальных образований в целях обеспечения эффективного управления территориями.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Лютивинская М.В., Нейфельд И.Г. Использование данных ДЗЗ сверхвысокого разрешения для целей кадастрового учета [Текст] / М.В. Лютивинская И.Г. Нейфельд // Геоматика. - 2009. - №2. - С. 76-82.
2. Программный комплекс ENVI [Текст]: Учебное пособие. М.: Компания «Совзонд», 2007 - 265 с.
3. Гормаш А.В., Дорофеева Т.В., Оньков И.В. Влияние геометрических параметров съемки на точность ортофотопланов, создаваемых по снимкам IKONOS [Текст] / А.В. Гормаш, Т.В. Дорофеева, И.В. Оньков // Геоматика. - 2009. - №2. - С. 35-39.
4. Е.А. Кобзева. Создание топографических планов масштаба 1: 2000 для разработки градостроительной документации средних и малых населенных пунктов [Текст] / Е.А. Кобзева // Геоматика. - 2010. - №3. - С. 76-79.
5. Т.А. Широкова, А.Ю. Чермошенцев, Исследование точности обработки космических снимков сверхвысокого разрешения с использованием рациональных функций [Текст] / Т.А. Широкова, А.Ю. Чермошенцев // Сборник тезисов докладов международной научно-технической конференции «Фотограмметрия – вчера, сегодня, завтра», МИИГАиК. - 2010. - С.22-23.
6. ГКИНП (ГНТА)-02-036-02. Инструкция по фотограмметрическим работам при создании цифровых топографических карт и планов [Текст] – М.: ЦНИИГАиК, 2003. - 80 с.

УДК 528.8

К.Б. Хасенов

ВКГТУ, Усть-Каменогорск

В.А. Хан, Н.Б. Турганбаев

КазНТУ, Алматы

ОСОБЕННОСТИ АНАЛИЗА ТЕХНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЦИФРОВЫХ СЪЕМОЧНЫХ КАМЕР

В статье рассмотрены технические характеристики современных цифровых аэрофотосъёмочных камер. Проведен анализ их влияния на параметры съёмки для различных целей.

K.B. Khasenov

East Kazakhstan State Technical University after D. Serikbayev,

69 Protozanov st., Ust-Kamenogorsk c., 070004, Republic of Kazakhstan

V.A. Khan, N.B. Turganbaev

Kazakh National Technical University after K.I. Satpaev

22 Satpaev st, Almaty c., 050013, Republic of Kazakhstan

FEATURES OF THE ANALYSIS OF TECHNICAL CHARACTERISTICS OF DIGITAL CAMERAS

In clause characteristics of modern digital cameras for air photography are considered. The analysis of their influence on quality of the information and parameters of shooting for the various purposes is lead.

Расширение спектра использования данных дистанционного зондирования Земли, связанное с широким внедрением геоинформационных технологий во многие сферы деятельности человека привели к существенным изменениям на рынке аэрофотосъёмочных услуг. На постсоветском пространстве произошла перестройка, как в организационной, так и в технической составляющих этого рынка. В течение короткого периода, за последние 10 лет, сформировался новый рынок аэрофотосъёмочных услуг.

В связи с резким ростом в последние годы цен на нефть, до финансового кризиса, Россия и Казахстан получили известные преимущества. Во-первых, на рынке появились финансово состоятельные потребители, способные осуществить инфраструктурные проекты на основе ГИС-технологий с использованием современных программно-аппаратных комплексов для создания различных видов цифровых геопространственных продуктов. Во-вторых, стали выделяться бюджетные финансовые средства на отраслевые целевые программы, с аэрофотосъёмочной составляющей. Рынок стал

платежеспособным, и как следствие появилось предложение современных цифровых аэрофотосъёмочных технологий.

В отличие от хорошо апробированных и изученных методов подбора параметров аналоговой аэрофотосъёмки для решения различных задач, при цифровой аэрофотосъёмке применяются другие подходы. Связано это, прежде всего с особенностями рынка пользователей, прежде всего в области ГИС-технологий, отсутствием нормативных документов регламентирующих создание цифровой продукции в традиционных для постсоветского пространства сферах использования материалов аэрофотосъёмки. Этот факт прослеживается в практически всех публикациях по цифровой аэрофотосъёмке в научно-технических изданиях.

Проведенный анализ публикаций позволяет выделить следующие основные технические характеристики крупноформатных цифровых аэрофотоаппаратов (АФА), совмещенных для удобства с характеристиками аналоговых фотокамер в одну табл. 1.

Таблица 1. Технические характеристик цифровых и аналоговых аэрофотоаппаратов

Характеристика	Тип аэрофотоаппарата	
	цифровой	аналоговый
Точностные характеристики		
Фокусное расстояние объектива	+	+
Угловое поле зрения объектива	+	+
Дисторсия объектива	+	+
Способ выравнивания аэрофотоплёнки	–	+
Информационные характеристики		
Радиометрическое разрешение	+	–
Спектральные диапазоны (каналы)	+	–
Размер результирующего изображения по каждому каналу в битах	+	–
Разрешающая способность объектива	+	+
Светофильтры	–	+
Экономические характеристики		
Размер результирующего изображения (формат кадра)	+	+
Размер элемента (пиксела) приёмника излучения	+	–
Ширина полосы захвата при заданном разрешении на местности	+	–
Характеристики косвенно влияющие на все параметры аэрофотосъёмки		
Тип затвора и диапазон выдержек, диафрагма	+	+
Минимальный интервал съёмки	+	+
Механизм компенсации сдвига изображения	+	+
Формат растрового изображения	+	–
Объем накопителя снимков	+	–
Тип формируемого изображения (приёмника)	+	–

излучения)		
Применение GPS/IMU	+	–
Габариты и вес	+	+
Производитель	+	+

Условно все параметры аэрофотосъёмки можно разделить на три группы, на основании которых производится выбор фотокамеры при решении топографических задач: точностные, информационные, экономические. Соответственно, разделим характеристики фотокамер на три группы, добавив четвертую, косвенно влияющую на все параметры аэрофотосъёмки.

Точностные характеристики.

Выбор аналоговых АФА для целей создания топографических карт и планов осуществлялся в основном по двум характеристикам: масштабу аэроснимка и фокусному расстоянию объектива, при условии соблюдения требований по дисторсии. Влияние фокусного расстояния камеры сохранилось через соотношение базиса фотографирования к высоте полета, что касается предварительного расчета точности, то он свелся к определению размера элемента пространственного разрешения, который устанавливается в размере 0,1 мм в масштабе создаваемого топографического плана или карты. Величина фокусного расстояния цифровых камер используемых для топографических целей лежит в тех же пределах что и у аналоговых 70-120 мм. Угловое поле зрения зависит от величины фокусного расстояния и служит для количественной оценки размера суммарного изображения в цифровых АФА.

Практически нет информации о дисторсии объективов цифровых АФА. Вместо неё встречается характеристика геометрической точности снимков в пределах 2 мкм, что в целом соответствует последним достижениям лучших аналоговых АФА по дисторсии, не превышавших по величине 3 мкм. Тем не менее, в качестве элементов внутреннего ориентирования величина дисторсии должна быть известна.

Способ выравнивания аэроплёнки позволял определить возможность повышения точности измерений по полю аэроснимка, что в принципе при цифровых технологиях решается конструктивными особенностями приемника излучения и программными средствами обработки изображений.

Несомненным преимуществом цифровых камер является многоканальный принцип съёмки, что особенно важно при расширении спектра использования данных аэрофотосъёмки. Особенность панхроматического канала съёмки цифровых камер заключается в отсечении различными способами ультрафиолетовой зоны электромагнитного излучения, что равноценно применению жёлтого светофильтра, широко используемого при аналоговой аэрофотосъёмке.

Информационные характеристики.

Радиометрическое разрешение – один из важнейших параметров приемника излучения цифровой фотокамеры характеризующий уровень детальности изображения. Все современные цифровые камеры имеют показатель не менее 11 бит. Очевидно, что большее значение этого параметра

позволяет в большей степени укрупнять масштаб оригинала аэроснимка без потери детальности изображений, что особенно важно как при камеральном, так и полевом дешифрировании и, кроме того, позволяет сократить долю последнего.

Размер результирующего изображения в битах, кроме количественной оценки информативности снимков, дает возможность оценить объём необходимых аппаратных ресурсов для хранения и обработки информации. Разрешающая способность объектива цифровых камер практически никогда не указывается, тогда как в аналоговых АФА это основной показатель характеризующий возможности оптики по уровню пространственного разрешения. Очевидно, что эти показатели у обоих типов АФА приблизительно одинаковы.

Характеристики экономичности.

Размер результирующего изображения (формат кадра в пикселах или см) – один из важнейших параметров фотокамеры, определяющих экономическую эффективность аэрофотосъёмочных работ. Малый формат приёмников излучения, обусловленный технологией их изготовления – основной недостаток цифровых АФА. Опыт эксплуатации различных цифровых метрических камер показывает достаточную эффективность методов увеличения формата результирующего изображения путём сшивки нескольких составляющих кадров. Появление цифровых АФА с приёмником излучения в виде монолитной матрицы формата около 10х8 см свидетельствует о решении этого вопроса со временем.

Размер пиксела – линейные размеры элемента (детектора) приемника излучения, основной параметр, характеризующий возможности камеры по пространственному разрешению, при прочих равных условиях. Очевидно также, что его проекция на поверхность Земли зависит от косвенных параметров камеры и полета воздушного судна – фокусного расстояния объектива и высоты фотографирования, т. е. масштаба аэрофотосъёмки. Параметр оказывает прямое воздействие на экономическую эффективность аэрофотосъёмочных работ. При прочих равных условиях, меньшие размеры пиксела, позволяют выбрать большую высоту фотографирования и тем самым уменьшить количество съёмочных часов. Однако, при этом необходимо сравнение параметра чувствительного элемента приёмника излучения – отношение сигнал/шум, который прямо влияет на информационное качество изображения.

Ширина полосы захвата при заданном разрешении на местности, например, 0,2 м. Параметр, аналогично формату результирующего кадра, позволяет оценить экономическую эффективность фотокамеры. В аналоговой аэрофотосъёмке аналогичный параметр определяется как произведение ширины формата кадра используемого АФА на знаменатель масштаба съёмки, который в свою очередь зависит от величины фокусного расстояния объектива фотокамеры и высоты фотографирования.

Из опыта производства аэросъёмочных работ в Казахстане, особенно заметна экономическая эффективность применения цифровых камер при

аэрофотосъёмке населенных пунктов для целей создания крупномасштабных топографических планов. Например, для создания топоплана 1:2 000 масштаба населенного пункта площадью 400 кв км необходима аэрофотосъёмка 1:6 000 масштаба аналоговой фотокамерой типа ТАФА-10. На воздушном судне класса Ан-30 на это необходимо затратить 15 часов (без учета полётов). Аэрофотосъёмка цифровой камерой (с размером пиксела 6–7 мкм) производится в масштабе около 1:30 000, соответственно количество лётных часов составит 3. При этом объем полевых дешифровочных работ сокращается на 50 %.

Менее заметна эффективность цифровой аэрофотосъёмки крупных площадных массивов вследствие малого формата кадра и ограничений по высоте полета воздушного судна, не позволяющего максимального замеления масштаба оригиналов снимков. Более того, казахстанский опыт показывает необходимость применения в этих случаях только крупноформатных цифровых камер в сочетании с воздушным судном класса Ан-30.

Из характеристик косвенно влияющих на все параметры аэрофотосъёмки следует обратить внимание на позицию – тип формируемого изображения (тип приёмника излучения). Кадровые АФА имеют несомненное преимущество над сканерными, которые требуют обязательного применения инерциальных систем и адаптации программного обеспечения под обработку снимков полуортогональной проекции. Остальные позиции, за исключением объёма накопителя снимков, присущие и аналоговым АФА, необходимо учитывать при выборе воздушного судна.

Исходя из вышеизложенного можно сделать следующие выводы. В целом, для целей цифровой аэрофотосъёмки можно использовать в принципе любую цифровую фотокамеру, которую можно комплексовать со спутниковыми системами навигации, предварительно определив элементы внутреннего ориентирования камеры. Выбор типа камеры зависит от масштабности решаемых посредством цифровой аэрофотосъёмки задач, в обязательной связи с имеющимися возможностями выбора типа воздушного судна.

Современное состояние рынка аэрофотосъёмочных услуг в Казахстане характерно наличием всего спектра используемой в мировой практике аэрофотосъёмочной аппаратуры. Есть в наличии аналоговые аэрофотосъёмочные комплексы советского производства и фирмы Karl Zeiss, потребность в которых практически сошла на нет. Небольшими фирмами используются после соответствующих процедур цифровые среднеформатные фотокамеры Hasselblad и Rolley. Есть на вооружении и современные универсального назначения крупноформатные цифровые камеры UltraCam X, ADS40, воздушные суда класса Ан-30 и KingAir. Таким образом, в Республике Казахстан есть все предпосылки для полного обеспечения нужд рынка в современных материалах аэрофотосъёмки, при квалифицированном подходе к организации и проведению этих работ.

УДК 528.722.8

В.С. Коркин, А.Е. Сидякина

СГГА, Новосибирск

ПРОЕКТ СОЗДАНИЯ КОМПЛЕКСА ЦИФРОВЫХ МАКЕТНЫХ АЭРОСНИМКОВ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ФОТОГРАММЕТРИЧЕСКИХ СИСТЕМ

В статье представлен проект создания макетных снимков для тестирования цифровых фотограмметрических станций и решения ряда других задач.

V.S. Korkin, A.E. Sidyakina

Siberian State Academy of Geodesy (SSGA)

10 Plakhotnogo Ul., Novosibirsk, 630108, Russian Federation

PROJECT OF THE DIGITAL MOCK-UP AEROPHOTO IMAGES SET ESTABLISHMENT FOR THE PHOTOGRAMMETRIC SYSTEMS RESEARCH

The article deals with the mock-up images creation project for digital photogrammetric stations testing and other tasks.

В последнее десятилетие обработка любой аэро - и космической информации практически происходит на цифровых станциях. Но развитие современных фотограмметрических программных комплексов влечет за собой неизбежную проблему проверки правильности их работы, как на этапе создания, так и в процессе использования на производстве. Применение специальных макетных снимков является наилучшим решением этой проблемы.

Следует отметить, что в настоящее время не существует сертифицированных макетных снимков для тестирования цифровых фотограмметрических станций, доступных для широкого круга пользователей. Производители подобных комплексов при их создании, безусловно, используют некие тесты для проверки правильности их работы на начальных этапах, но не предоставляют информации об этих тестах. Также при продаже в комплект оборудования не входит никаких макетных материалов для того, чтобы пользователь мог оценить работу приобретенного комплекса, провести тренинг операторов, произвести априорную оценку точности фотограмметрической обработки снимков для будущих работ.

Наличие комплекта макетных снимков единого образца позволит оценить точность работы фотограмметрических систем, решит задачу сравнения различных цифровых станций, позволит произвести оценку точности полученных результатов и проконтролировать многие фотограмметрические

процессы. Нужно сказать, что полноценный комплект макетных снимков даст возможность также оценить качество работы оператора.

Следует отметить, что возможно создание как идеальных макетных снимков, так и реальных, то есть в макетные снимки можно внести любые искажения и выявить их при обработке на фотограмметрических станциях. А наличие точного значения такой ошибки позволит распознать любую неточность, как в работе системы, так и в личной работе оператора.

Говоря о создании единого комплекса макетных снимком, следует отметить, что чем шире их масштабный ряд, тем реалистичней и продуктивней будет работа с ними.

При составлении проекта необходимо учитывать, снимки каких масштабов используются наиболее часто при проведении реальных работ, и опираться на эту информацию. Так же необходимо помнить о разнообразии характеров рельефов отображенных на реальных снимках, чтобы при создании тестовых аналогов реалистичность процесса обработки была максимальной.

При создании макетных снимков необходимо также смоделировать различные значения фокусного расстояния и углов наклона.

В таблице указаны параметры, которые будут использоваться при составлении проекта.

Таблица

Масштаб		1:1000	1:3000	1:7000	1:10000	1:25000
Фокусное расстояние АФА		100–200 мм	100–200 мм	100–200 мм	100–200 мм	100–200 мм
Формат снимков		18×18 23×23	18×18 23×23	18×18 23×23	18×18 23×23	18×18 23×23
Углы наклона снимков		0,5-5°	0,5-5°	0,5-5°	0,5-5°	0,5-5°
Характер территории	Равнинный		+	+	+	
	Всхолмленный	+	+	+	+	+
	Горный		+	+	+	+

При внесении искажений в моделируемые тест-объекты следует учитывать наиболее часто встречающиеся искажения реальных снимков (дисторсия объектива съемочной камеры, атмосферной рефракции, неравномерности деформации фотоматериала и др.). Также необходимо вносить в макетные снимки систематические и случайные ошибки.

Макетные снимки необходимы в цифровом виде, что исключает использование физических тест-объектов, таких как контрольные сетки и снимки-макеты Ошуркова. Цифровые тест-объекты можно подразделить на битовые и реалистичные.

Битовые макетные снимки имеют дискретное поле изображения в виде замаркированных точек или линий [1]. Их недостаток заключается в том, что оценку точности измерений можно произвести только в этих точках и невозможно восприятие стереоэффекта. Но они имеют ряд достоинств: простота создания, малый размер готового файла.

Реалистичные макетные снимки являются наиболее перспективным видом тест-объектов: они имеют непрерывное изображение по всему полю моделирования, позволяют произвести оценку точности измерений в любой точке на изображении, позволяют получать стереопары. Но их моделирование занимает гораздо больше времени, чем создание битовых тест-объектов.

Технология создания битового макетного снимка любого масштаба и на любой вид территории состоит из следующих этапов:

1. Проектирование точек (оцифровка рельефа) на топографической карте реальной территории с последующим выводом координат и высот каждой точки и создание ЦМР по этим данным. Информация впоследствии хранится в виде коэффициентов полиномов.

2. Формирование аналитических макетных снимков (необходимо создание либо идеальной, либо приближенной к реальной модели съемочной системы с заданными геометрическими свойствами и параметрами съемки). На этом этапе необходимо задать размеры участка моделирования.

3. Формирование цифровых снимков (перевычисление координат точек аналитических макетных снимков в систему координат цифровых снимков).

4. Маркировка точек в растровом редакторе Photoshop в цифровом виде (аналогично макетным снимкам Ошуркова). На данном этапе вносится небольшая ошибка в координаты точек цифрового снимка в связи с округлением координат до целых пикселей. Необходимо контролировать, чтобы средние погрешности координат точек стереопары не превышали от 0,4 до 0,5 элемента сканирования при его величине от 10 до 20 мкм [2].

Сложность создания реалистичных макетных снимков, в отличие от битовых, заключается в необходимости создания дополнительных моделей – модели источника освещения (Солнца) и модели атмосферы [1].

Для формирования стереопары макетных снимков необходимо задать следующие параметры: фокусное расстояние, размер снимка, высоту фотографирования, масштаб, разрешение, а так же элементы внутреннего и внешнего ориентирования снимков, оценка точности построения модели по контрольным точкам.

После получения стереопары, проводится исследование фотограмметрических комплексов. Необходимо выполнить все процессы построения геометрической модели местности: внутреннее ориентирование макетных снимков; взаимное ориентирование макетных снимков; внешнее ориентирование модели.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Коркин. В.С. Цифровые фотограмметрические тест-объекты для тестирования цифровых фотограмметрических станций [Текст]/ Коркин В.С. // Геодезия и картография. – 2008. – №2. – С. 39-41 .

2. Инструкция по фотограмметрическим работам при создании цифровых топографических планов и карт [Текст] / Федеральная служба геодезии и картографии России / М.: 2001. – 62 с.

© В.С. Коркин, А.Е. Сидякина, 2011

УДК 528.7

Р.А. Попов

СГГА, Новосибирск

СОЗДАНИЕ ВЕКТОРА ПРИЗНАКОВ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ КЛАССИФИКАЦИИ НА ОСНОВЕ СФЕРИЧЕСКОГО БАЗИСА

В статье рассмотрены основы классификации с использованием сферического базиса. Приведены примеры расчетов и результат классификации фрагментов изображения. Рассмотрено создание вектора признаков для отдельных объектов.

R.A. Popov

SSGA, Novosibirsk

CREATING SIGN VECTOR USING SPHERICAL BASIS IMAGE CLASSIFICATION

Image classification is an important trend in remote sensing devices development. A lot of classification methods have been developed lately. The method of classification using the spherical basis allows to classify the images. The method is based on the spherical classification of image areas.

Кратко рассмотрим метод классификации снимков с использованием сферического базиса. Для этого способа классификации необходимо разбить исходное изображение на площадки размером 2×2 .

Рассмотрим площадку $R = \{r(i, j)\}_{i,j=1}^{N,N}$, где $N = 2t, t \geq 2$, интенсивности пикселей, которая удовлетворяет условию нормировки, то есть перед обработкой площадку R необходимо отнормировать.

Разобьем R на четыре квадранта размерности $t \times t$. Пусть f_1, f_2, f_3, f_4 — значения средних интенсивностей пикселей в соответствующих квадрантах, то есть:

$$f_i = t^{-2} \cdot \sum_{A_i} r(k, l), i = 1(1)4, \quad (1)$$

$$\begin{aligned} A_1 &= \{k = 1(1)t; l = 1(1)t\}, \\ A_2 &= \{k = 1(1)t; l = t + 1(1)N = 2t\}, \\ A_3 &= \{k = t + 1(1)N = 2t; l = t + 1(1)N = 2t\}, \\ A_4 &= \{k = t + 1(1)N = 2t; l = 1(1)t\}. \end{aligned} \quad (2)$$

Из условия центрирования вытекает что:

$$f_1 + f_2 + f_3 + f_4 = 0 \quad (3)$$

Дополнительно отнормируем $\vec{f}$: $\vec{f} = \frac{(f_1, f_2, f_3, f_4)}{\sqrt{f_1^2 + f_2^2 + f_3^2 + f_4^2}}$, то есть:

$$f_1^2 + f_2^2 + f_3^2 + f_4^2 = 1 \quad (4)$$

Множество, удовлетворяющее равенствам (3), (4), представляет собой пересечение четырехмерной единичной сферы S_4 с гиперплоскостью, проходящей через начало координат, то есть трехмерную единичную сферу S_3 см. рис. 1.

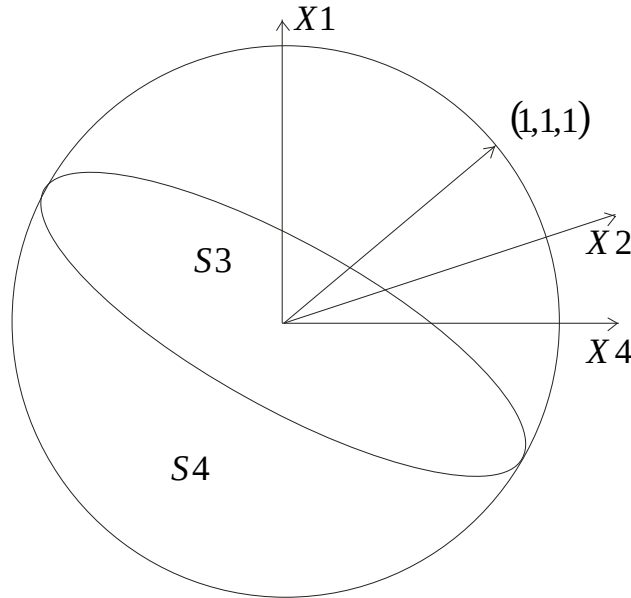


Рис. 1. Множество S_3

Сделаем следующую замену переменных (матрица преобразования – ортогональная):

$$\begin{aligned} \xi_1 &= 0.5 \cdot (f_1 - f_2 + f_3 - f_4), \\ \xi_2 &= 0.5 \cdot (f_1 - f_2 - f_3 + f_4), \\ \xi_3 &= 0.5 \cdot (f_1 + f_2 - f_3 - f_4), \\ \xi_4 &= 0.5 \cdot (f_1 + f_2 + f_3 + f_4) = 0 \end{aligned} \quad (5)$$

Ясно, что величины ξ_1, ξ_2, ξ_3 определяют направляющие косинусы сферы S_3 : $\xi_1^2 + \xi_2^2 + \xi_3^2 = 1$. Таким образом, мы получили, что каждой площадке, взятой с изображения, соответствует точка на единичной сфере S_3 .

В таблице выведены результаты числового эксперимента с использованием метода сферической классификации. В первой колонке приведены примеры коэффициентов, с помощью которых кодируется площадка изображения. Далее в таблице выведена зависимость числа разбиений сферы на сегменты (количества фракталов в базе) от погрешности внутри сегмента (ε). Из таблицы видно, что коэффициенты кодирующие близкие по значению площадки изображения стремятся попасть в один и тот же сегмент. При увеличении погрешности внутри сегмента происходит уменьшения количества сегментов, а так же объединение меньших классов в более крупные.

Таблица

Коэффициенты	$\varepsilon = 0,001$		$\varepsilon = 0,01$		$\varepsilon = 0,1$	
	№ широт полосы	№ меридиональ ной полосы	№ широтной полосы	№ меридиональ ной полосы	№ широтн полосы	№ меридиональ ной полосы
0.62 0.73 0.28	282	156	29	16	3	2
0.12 0.81 0.58	715	44	72	5	8	1
0.19 0.96 0.19	686	20	69	2	7	1
0.28 0.75 0.59	598	123	61	12	7	1
0.28 0.84 0.45	616	83	62	9	7	1

При обработке снимка и последующим представлением результата классификации в оттенках серого получили следующий результат, показанный на рис. 2.

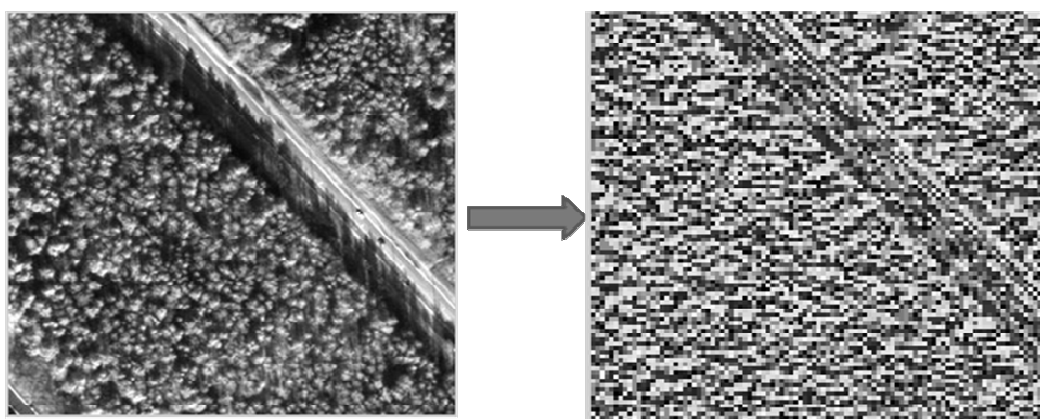


Рис. 2. Результат представления номеров классов площадок изображения в оттенках серого

При проведении классификации получаем коэффициенты, отражающие в какой класс попала площадка изображения. В зависимости от номеров классов в которые попадают площадки с одного и того же объекта можно составить вектор-признак для распознавания объекта по которому можно в дальнейшем определять класс объектов на других снимках. Вектор признаков представляет собой набор номеров классов площадок изображения для конкретного объекта. На рисунке два для объекта лес в состав вектора признака входят следующие значения {68, 109, 168, 193, 144}, в состав же вектора признака для объекта дорога входят другие значения {194, 22, 85, 223, 151}.

УДК 551.511.61:541.182.3:543.2

В.В. Коковкин

ИНХ СО РАН, Новосибирск

В.Ф. Рапута

ИВМиМГ СО РАН, Новосибирск

С.В. Морозов

НИОХ СО РАН, Новосибирск

О.В. Шуваева, А.Ю. Девятова

ИННГ СО РАН, Новосибирск

ИССЛЕДОВАНИЕ РАЙОНОВ ВЫСОКОГО АЭРОЗОЛЬНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ СНЕЖНОГО ПОКРОВА В Г. НОВОСИБИРСКЕ

Представлены результаты полевых и химико-аналитических исследований состояния загрязнения снежного покрова и воздуха в районе ул. Большевистской (территория детского сада № 324) и постов наблюдения Росгидромета г. Новосибирска, полученные авторами в зимние периоды 2008/09 и 2009/10 г.г. Показано, что содержание значительного числа измеренных параметров химического состава на территории, прилегающей к ул. Большевистской значительно превышает уровни концентраций, наблюдаемые в снеге вблизи стационарных постов Росгидромета. Анализ пространственной динамики изменения концентраций примесей в снеге позволил выполнить оценки вкладов действующих источников загрязнения изучаемой территории.

V.V. Kokovkin, V.F. Raputa, S.V. Morozov, O.V. Shuvaeva, A.Yu. Devyatova

NIIC SB RAS, ICM&MG SB RAS, NIOC SB RAS, IPG&G SB RAS, Novosibirsk

INVESTIGATION OF SNOW COVER HIGH AEROSOL CONTAMINATION AREAS IN THE CITY OF NOVOSIBIRSK

The results of field, chemical and analytical investigation of snow cover and air contamination levels at the area of Bolshevistskaya street near the childrens garden N 324 and at Novosibirsk Hydrometeoservice net stationary posts for the winter seasons of 2008/09 и 2009/10 are presented. The concentration levels of basic chemical composition parameters in the snow samples taken at the area of Bolshevistskaya street were considerably higher than that at the Hydrometeoservice posts. The space dynamics of impurities concentration profiles analysis was allowed to estimate the pollution contributions of working sources at the area of sampling sites.

Введение

Доминирующим источником загрязнения атмосферного воздуха г. Новосибирска является автомобильный транспорт. Значительный вклад в загрязнение вносят также дымовые трубы промышленных предприятий, ТЭЦ,

котельных. В числе основных загрязняющих примесей в воздухе присутствуют пыль, сажа, тяжёлые металлы, окислы углерода, серы, азота, формальдегид, полиароматические углеводороды (ПАУ). Для оценки уровня загрязнения атмосферы города функционирует сеть стационарных постов наблюдений [1, 2] (см. схему на рис. 1). В настоящее время в Новосибирске измерения проводятся на 10 постах, исходя из расчёта один пост на один район города. Также эпизодически используется сеть передвижных пунктов по наблюдению за состоянием городского воздуха. К сожалению, имеющаяся сеть как стационарных, так и передвижных постов не покрывает все потребности города по контролю состояния его окружающей среды. В этой связи существует необходимость в поиске дополнительных возможностей для получения более детальной информации о состоянии загрязнения атмосферы города.

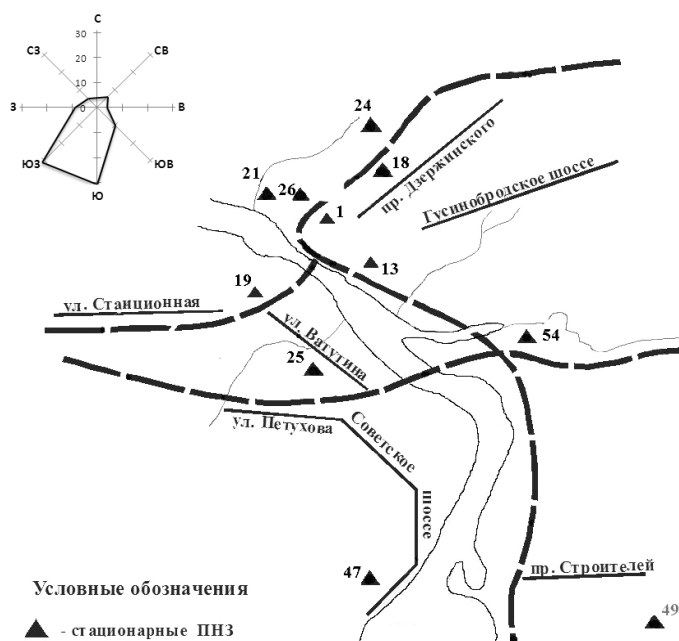


Рис. 1. Схема размещения стационарных ПНЗ на территории г. Новосибирска

Как известно [2-4], исследование снежного покрова является удобным и экономичным способом получения данных о поступлении загрязняющих веществ из атмосферы на подстилающую поверхность. Особый интерес снежный покров представляет при изучении процессов длительного загрязнения (месяц, сезон), поскольку как естественный планшет-накопитель дает действительную величину сухих и влажных выпадений в холодное время года. Таким образом, по составу снежного покрова можно выявлять территории в черте города, отвечающие наиболее неблагоприятным условиям для проживания его жителей.

В работе представлены результаты полевых и химико-аналитических исследований состояния загрязнения снежного покрова вблизи пересечения улиц Большевистской и Выборной (территория детского сада № 324) в конце зимних сезонов 2008/09 и 2009/10 гг. Целью данной работы является получение данных по состоянию снежного покрова в районе ул. Большевистской и сопоставление их с данными, полученными на основании сопряженных

исследований загрязнения атмосферного воздуха и снегового покрова на постах г. Новосибирска.

1. Экспериментальная часть.

Отбор проб проводили по направлению преобладающего сноса от автомагистрали по трем маршрутам с использованием пластмассовой трубы $\varnothing$ 45 мм на всю глубину снежного покрова. Схемы отбора снеговых проб представлены на рис. 2. Анализ снежных проб проводили в лаборатории после их топления по схемам в зависимости от природы определяемых компонентов. Неорганические компоненты определяли после топления проб как в осадках, так и фильтрах. Органические компоненты, в основном ПАУ, определяли после их экстракционного концентрирования в хлористый метилен из всего объема нефilterованной пробы. После упаривания сухой остаток растворяли в ацетоне. Полученный раствор анализировали методом газовой хроматографии с масс-спектрометрическим детектором.

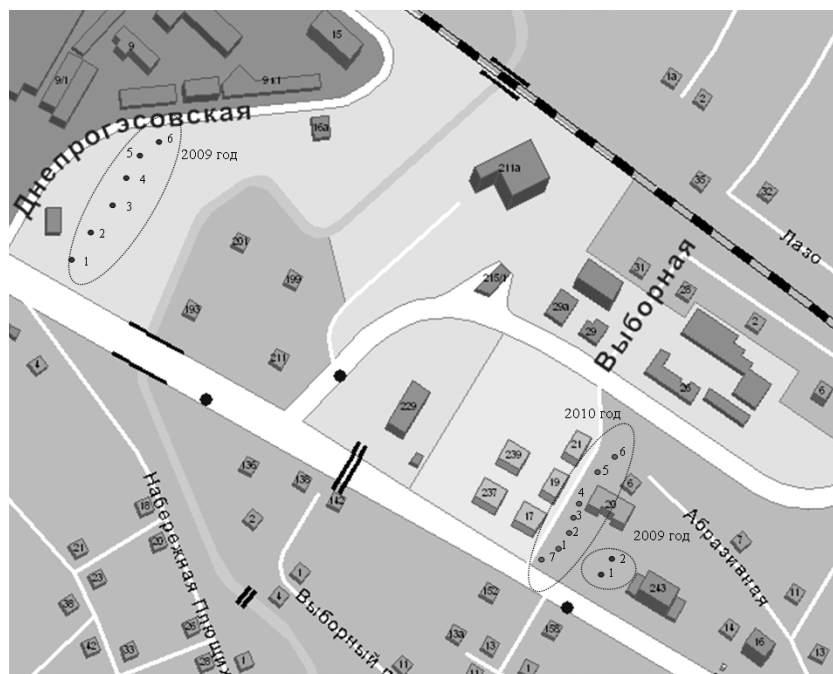


Рис. 2. Схемы отбора снеговых проб в зимних сезонах 2008/09 и 2009/10 гг.

Основные результаты химико-аналитических исследований представлены в табл. 1.

Таблица 1. Содержание ионных компонентов, бенз(а)пирена и осадка в пробах снега на территории детского сада № 324 (ул. Большевистская) в конце зимнего сезона 2009/10 гг.

№ точки отбора проб	Расстояние от автотрассы, м	Хлорид, мг/кг	Нитрит, мг/кг	Сульфат, мг/кг	Нитрат, мг/кг	Фторид, мг/кг	Бенз(а) пирен, нг/кг	Осадо к, г/кг
1	14	35,1	0,59	15,2	3,54	0,24	425	1,45
2	23	23,9	0,62	15,3	2,97	0,34	465	1,03
3	36	17,9	0,42	14,3	3,13	0,29	234	1,00
4	59	9,2	-	9,7	-	0,25	230	0,45
5	84	7,5	0,47	9,1	2,57	0,27	191	0,40
6	101	6,5	0,24	5,9	1,93	0,19	216	0,31
7	3	82,5	0,80	15,2	2,80	0,18	162	1,06
Среднее		26,1	0,52	12,1	2,82	0,25	275	0,81

Для сопоставления уровня загрязнения района ул. Большевистской использовались данные по состоянию загрязнения снега и атмосферного воздуха на постах Росгидромета г. Новосибирска. В табл. 2 представлены средние значения измеренных концентраций примесей на постах и территории д/с 324.

Таблица 2. Среднее значение концентраций основных ионных компонентов, бенз(а)пирена и осадка в пробах снега на территории детского сада № 324 (ул. Большевистская) в конце зимнего сезона 2009/10 гг.

	Хлорид, мг/кг	Нитрит, мг/кг	Сульфат, мг/кг	Нитрат, мг/кг	Фторид, мг/кг	Бенз(а) пирен, нг/кг	Осадок, г/кг
Среднее по точкам (д/с 324)	26,1	0,52	12,1	2,82	0,25	275	0,81
Среднее по постам	-	-	3,2	0,87	-	91	0,14
Отношение концентраций	-	-	3,8	3,2	-	3,0	5,8

2. Сопоставления и оценки уровней концентраций примесей на территории д/с № 324 с использованием данных постов Росгидромета

Анализ данных табл. 1 и 2 показывает, что содержание всех измеряемых компонентов на территории д/с 324 значительно превышает уровни концентраций, наблюдаемые в снеге вблизи стационарных постов Росгидромета. По всем сопоставляемым компонентам превышение составляет от 3 до 6 раз.

К сожалению, уровни содержания загрязнителей в снежном покрове до сих пор не являются нормируемой характеристикой, и не позволяют судить о степени загрязнения атмосферного воздуха. Но в данном случае использование данных сопряженных измерений вредных примесей в воздухе и снежном

покрове на постах позволяет провести сопоставление загрязнения атмосферного воздуха и на территории д/с 324. На рис. 3 представлена динамика изменений загрязнения снега бенз(а)пиреном и пылью по мере удаления от автомагистрали. Дальнейший сравнительный анализ данных наблюдений загрязнения атмосферного воздуха на стационарных постах города и на рис. 3 показывает, что на данной территории имеет место значительное загрязнение атмосферы, многократно превышающее ПДК для данных компонентов.

Анализ данных табл. 1 позволяет провести некоторые оценки вкладов действующих источников в загрязнение территории д/с. В частности, динамика резкого уменьшения хлоридов, осадка в снеге с расстоянием указывает на преобладающий вклад автомагистрали по ул. Большевистской. Динамика изменения концентрации бенз(а)пирена более сглажена, что говорит о заметном дополнительном вкладе и других источников (частного сектора, котельной, автотрассы по ул. Выборной). Концентрации сульфатов, нитратов слабо меняются с расстоянием, что указывает на значительный вклад в загрязнение территории д/с выбросами частного сектора, как площадного источника. Следует особо отметить влияние микрорельефа местности, способствующего образованию застойной зоны в районе д/с.

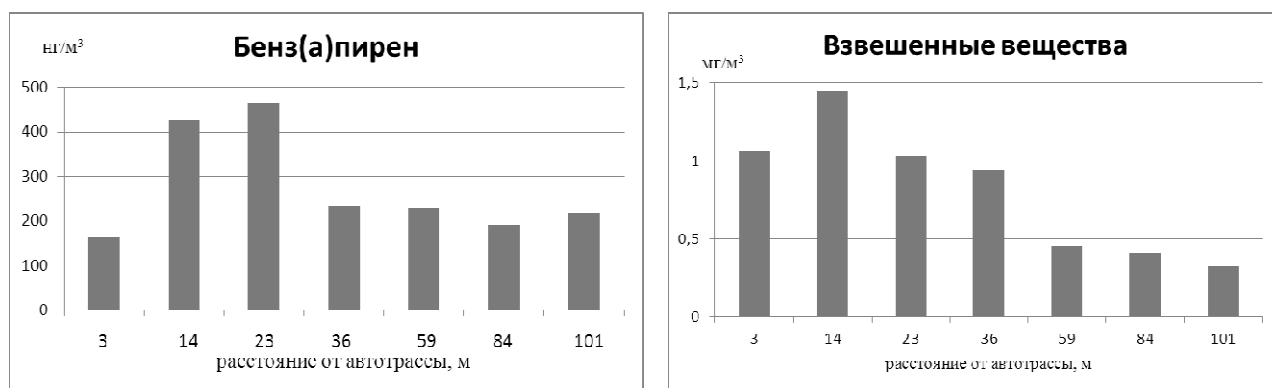


Рис. 3. Пространственная динамика загрязнения снежного покрова на территории д/с 324 бенз(а)пиреном и взвешенными веществами

Заключение

Проведённые исследования показывают, что в зимнее время уровни загрязнения снежного покрова на территории д/с № 324 полиароматическими углеводородами, ионными компонентами, пылью являются очень высокими. В пересчёте на атмосферное загрязнение по многим основным компонентам концентрации могут многократно превышать ПДК. В связи с этим нахождение детского учреждения на данной территории нежелательно и его следует, на наш взгляд, перевести в ближайшей перспективе в более благополучное место.

Работа выполнена при финансовой поддержке Программы фундаментальных исследований Президиума РАН № 4.4, ИП СО РАН № 84.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Безуглая, Э.Ю. Мониторинг состояния загрязнения атмосферы в городах. / Э.Ю. Безуглая / Л.: Гидрометеиздат, 1986. - 200 с.
2. Рапута, В.Ф. Сравнительная оценка состояния длительного загрязнения атмосферы и снегового покрова г. Новосибирска на сети стационарных постов Гидрометеослужбы / В.Ф. Рапута, В.В. Коковкин, А.Ю. Девятова// Оптика атмосферы и океана. - 2010. – Т. 23, № 6. – С. 499 – 504.
3. Василенко, В.Н. Мониторинг загрязнения снежного покрова / В.Н. Василенко, И.М. Назаров, Ш.Д. Фридман / Л.: Гидрометеиздат, 1985. - 182 с.
4. Рапута, В.Ф. Экспериментальные исследования и численный анализ процессов загрязнения снегового покрова в окрестностях крупной автомагистрали г. Новосибирска / В.Ф. Рапута, В.В. Коковкин, С.В. Морозов // Химия в интересах устойчивого развития. - 2010. – Т. 18, № 1.- С. 63-70.

© В.В. Коковкин, В.Ф. Рапута, С.В. Морозов, О.В. Шуваева, А.Ю. Девятова, 2011

УДК 551.511.61:541.182.3:543.2

В.Ф. Рапута

ИВМиМГ СО РАН, Новосибирск

А.Н. Романов

ИВЭП СО РАН, Новосибирск

В.В. Коковкин

ИНХ СО РАН, Новосибирск

С.В. Морозов

НИОХ СО РАН, Новосибирск

К.О. Шутова

УГМС, Барнаул

СОПРЯЖЁННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ДЛИТЕЛЬНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРЫ И СНЕЖНОГО ПОКРОВА Г. БАРНАУЛА

Приведены результаты экспериментальных исследований загрязнения атмосферного воздуха и снежного покрова вблизи стационарных постов Гидрометеослужбы г. Барнаула. Установлены качественные и количественные закономерности между содержанием ряда измеренных компонентов примеси в атмосфере и снеге, включающих сажу, бенз(а)пирен, окислы азота, формальдегид, нитраты. Показана возможность создания взаимно дополнительных систем мониторинга и получения на её основе более детальной оценки состояния длительного загрязнения атмосферы города.

V.F. Raputa, A.N. Romanov, V.V. Kokovkin, S.V. Morozov, K.O. Shutova

ICM&MG SB RAS, IW&EP SB RAS, NIIC SB RAS, NIOC SB RAS, Novosibirsk,
MHMS, Barnaul

SIMULTANEOUS INVESTIGATION OF ATMOSPHERE AND SNOW COVER LONG-TERM CONTAMINATION FOR THE CITY OF BARNAUL

The results of atmosphere and snow cover contamination condition at Barnaul Hydrometeoservice net stationary posts are presented. Qualitative and quantitative regularities between measured content of impurity component series in atmosphere and snow cover including soot, benzo(a)pyrene, suspended substances, nitrogen and sulfur oxides are obtained. A possibility of creation of mutually complement monitoring system and estimation on its basis more detailed long term city atmosphere contamination condition is discussed.

Введение

Значимыми источниками загрязнения атмосферы г. Барнаула являются крупные промышленные предприятия, преимущественно расположенные на обрывистом высоком берегу р. Обь и дугой охватывающие город с северо-

запада на восток и с юга на юго-запад. Автотранспорт является основным источником загрязнения и его суммарный выброс составляет более 60 %. К доминирующим загрязняющим примесям следует отнести пыль, сажу, окислы углерода, серы, азота, формальдегид, полиароматические углеводороды (ПАУ). Для оценки уровня загрязнения атмосферы города создана сеть стационарных постов наблюдений [1].

Снежный покров является естественным природным планшетом-накопителем аэрозольных примесей. Изучение пространственной динамики распределения загрязняющих веществ в снеге позволяет выявить источники выбросов аэрозольных примесей, дифференцировать зоны воздействия и дальности распространения, выполнить оценку суммарного выброса и характеристик дисперсного состава [2]. Особый интерес снежный покров представляет при изучении процессов длительного загрязнения (месяц, сезон).

Целью данной работы является выявление качественных и количественных взаимосвязей между концентрациями определённых примесей на основании сопряженных исследований загрязнения атмосферного воздуха и снежного покрова на постах г. Барнаула.

1. Мониторинг загрязнения атмосферы и снежного покрова города

Наблюдения производятся на 5 стационарных постах (ПНЗ) государственной службы наблюдений за состоянием окружающей среды, расположенных в различных районах города. Отбор и анализ проб обеспечивает комплексная лаборатория мониторинга загрязнения окружающей среды ГУ «Алтайский ЦГМС». Схема расположения ПНЗ представлена на рис. 1. Посты подразделяются на «городские фоновые», в жилых районах (пост 18), «промышленные», вблизи предприятий (посты 3 и 6) и «авто», вблизи автомагистралей с интенсивным движением транспорта (посты 1, 13). Это деление является условным, так как застройка города и размещение предприятий не позволяют сделать четкого разделения.

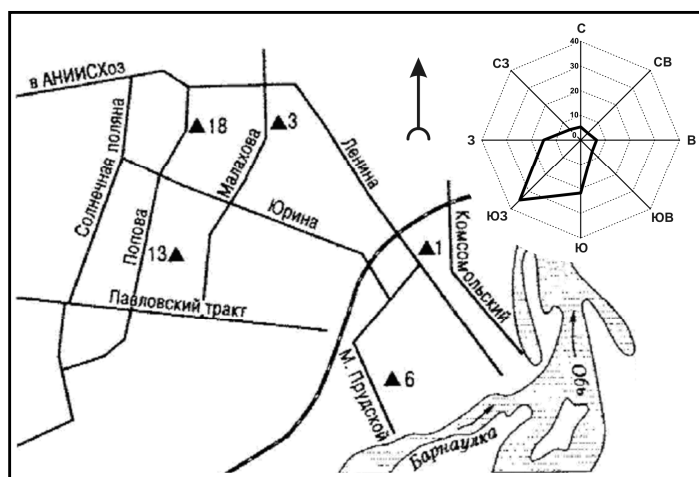


Рис. 1. Схема размещения стационарных ПНЗ на территории г. Барнаула

Для Барнаула характерно повышенное содержание в воздухе диоксида азота, формальдегида, сажи, бенз(а)пирена. В 2007-2008 годах уровень загрязнения атмосферы города оценивался как очень высокий и г. Барнаул включался в приоритетный список городов России с наибольшим уровнем

загрязнения атмосферного воздуха. В 2009 году уровень загрязнения города стал оцениваться как высокий и это связано с особыми метеорологическими условиями года, способствующими рассеиванию вредных примесей. В 2010 году рост средних и максимальных концентраций взвешенных веществ, формальдегида, бенз(а)пирена обусловил рост уровня загрязнения и оценку «очень высокий».

Превышение предельно-допустимых концентрации по взвешенным веществам в течение года отмечено во всех районах города. Наибольшей запыленностью отличаются Железнодорожный, Октябрьский и Центральный районы, где среднегодовая концентрация примеси превысила ПДК в 1,2-1,4 раза. Средняя за год концентрация сажи в целом по городу не превышает ПДК, однако во всех районах города регистрировались случаи превышения санитарной нормы. Именно для сажи в Ленинском районе города зарегистрирована максимальная концентрация примеси, достигшая 5,3 ПДК (ПНЗ № 18). Наибольшей повторяемостью проб, превышающих величину норматива, отличается Центральный район (ПНЗ № 6), здесь 9,9 % проб превышали ПДК. Концентрации бенз(а)пирена, продукта любого процесса горения достигают максимума в январе-феврале и в 2010 году максимум составил 8,6 ПДК, средняя за год концентрация в целом по городу превысила стандарт ВОЗ в 3,3 раза. Концентрации формальдегида возрастают в теплый период года – в месяцы с интенсивной солнечной радиацией, превышая ПДК в 6-8 раз. Средняя за год по городу концентрация примеси составила 3,7 ПДК. В разовых пробах в течение года регистрировались превышения ПДК по диоксиду азота. Средняя за год концентрация в районах города составляет 1,1-1,7 ПДК, а по городу – 1,3 ПДК. Среднегодовое содержание других примесей в атмосферном воздухе (диоксида серы, оксида азота и углерода, фенола, сероводорода) не превышает ПДК.

Отбор проб снега производился в конце зимних сезонов 2009 и 2010 гг. вблизи стационарных ПНЗ г. Барнаула. После топления проб использовали две схемы пробоподготовки в зависимости от природы определяемых (неорганических или органических) компонентов. Перед определением неорганических компонентов растопленную пробу фильтровали через фильтр «синяя лента» и мембранный фильтр с диаметром пор $\varnothing$ 0,45 мкм. Полученные осадки сушили на воздухе. Анализ подвергали и осадки, и фильтрат. В фильтрате определяли следующие параметры макрокомпонентного состава: содержание натрия, калия, кальция, магния, хлоридов, нитратов, нитритов и сульфатов, фторидов и др., – с использованием методов атомной абсорбции в пламенном варианте и капиллярного электрофореза. Осадок, полученный после высушивания, взвешивали.

Органические компоненты (ПАУ) определяли после их трехкратного экстракционного концентрирования в предварительно перегнанный хлористый метилен из всего объема нефильтованной пробы. После сбора экстрактов их осушали безводным сульфатом натрия. Далее растворитель упаривали на ротационном испарителе при температуре 35 °С до сухого осадка и полученный осадок растворяли в небольшом объеме ацетона (1 – 5 мл). Полученный раствор

анализировали на содержание ПАУ с использованием метода хромато-масс-спектрометрии.

Погрешности определения как макро-, так и микроэлементов находились в пределах, регулируемых ГОСТ.

2. Параметры для сравнения загрязнения атмосферного воздуха и снега

Для прямого сравнения результатов измерений в воздухе и снеге были выбраны соответственно следующие параметры: бенз(а)пирен в обеих средах; сажа воздуха сопоставлялась с бенз(а)пиреном и суммой ПАУ в снеге. К сожалению, бенз(а)пирен в г. Барнауле измеряется только на двух ПНЗ. Поэтому для расширения объёма выборок сравнения в данной работе была использована сажа, содержание которой в атмосфере измеряется на всех ПНЗ и которая является известным индикатором присутствия бенз(а)пирена (ПАУ) в воздухе [3].

Другими неочевидными параметрами для сравнения в рассматриваемых средах нами были выбраны: диоксид азота (NO_2) и формальдегид, с одной стороны, и нитраты, с другой. Из литературных данных известно, что диоксид азота является газовым предшественником нитратов в аэрозольных выпадениях в снег. Что касается формальдегида, то его связь с нитратами, видимо, обусловлена тем, что преимущественными источниками их выбросов является автотранспорт. Расчёт среднезимних концентраций примесей, измеряемых в атмосфере, проводился за период времени с середины ноября по середину марта, что примерно соответствует периоду залегания устойчивого снежного покрова в городе.

3. Результаты и обсуждение

Результаты экспериментальных исследований приводятся в виде диаграмм отношений (K) соответствующих параметров в снеге и воздухе, на которых по вертикальной оси представлена величина отношений сопоставляемых параметров, на горизонтальной оси указаны порядковые номера ПНЗ.

Нитрат-анионы / диоксид азота, формальдегид. Сопоставление изменения концентраций диоксида азота и формальдегида в атмосферном воздухе, а также нитрат-анионов в снежном покрове на ПНЗ дало вполне удовлетворительное согласие (рис. 2) для обоих зимних сезонов.

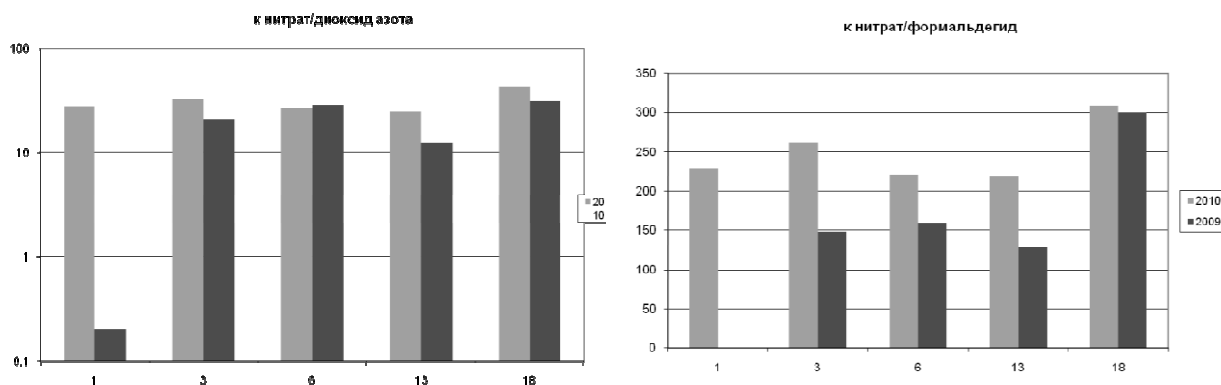


Рис. 2. Отношение концентраций нитрат-ионов в снеге (мг/л) к концентрациям диоксида азота и формальдегида в воздухе (мг/м^3) за зимние сезоны 2008/09 гг., 2009/10 гг. для ПНЗ г. Барнаула

Сумма ПАУ / сажа; бенз(а)пирен / сажа. На рис. 3 представлены отношения концентраций суммы ПАУ и бенз(а)пирена в снеге к концентрации сажи в воздухе за зимние сезоны 2008/09 г.г. и 2009/10 г.г. Из приведённых диаграмм видно, что значения отношений концентраций сравниваемых примесей на рис. 3 от поста к посту для зимнего сезона 2009/10 г.г. достаточно близки друг к другу. Сравнение отношений концентраций рассматриваемых примесей для зимнего сезона 2008/09 г.г. показывает значительный разброс в данных, что может быть связано с не вполне корректным выбором мест отбора снега в окрестностях постов. Также нельзя исключать вклада систематических погрешностей при анализе химического состава как проб воздуха, так и снега.

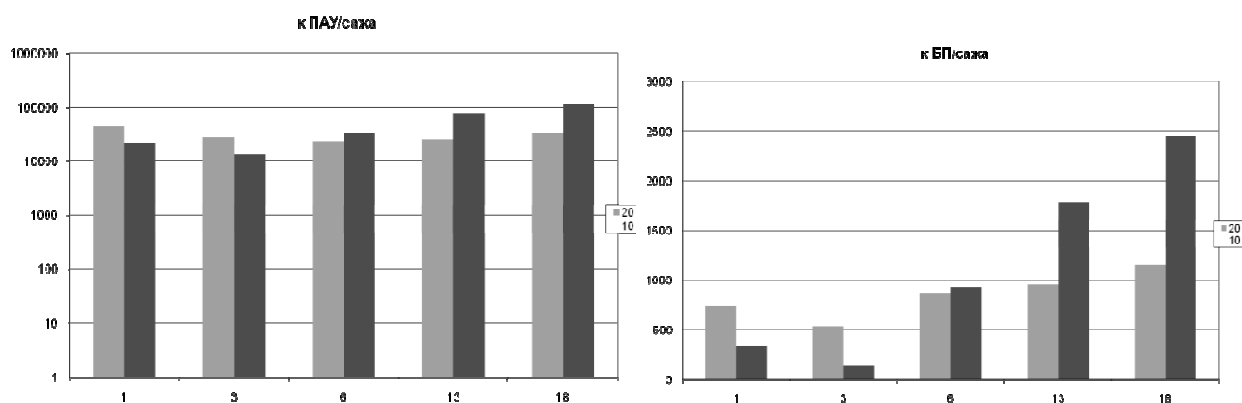


Рис. 3. Отношения концентраций суммы ПАУ и бенз(а)пирена в снежном покрове (нг/л) к саже в атмосферном воздухе (мг/м³) на постах г. Барнаула для зимних сезонов: а) 2008/09 г.г.; б) 2009/10 г.г.

Результаты экспериментальных исследований и численного анализа данных наблюдений загрязнения атмосферного воздуха и снежного покрова на стационарных постах Гидрометеослужбы г. Барнаула позволили установить качественные и количественные закономерности между концентрациями ряда компонентов примеси, таких как сажа и бенз(а)пирен (ПАУ); диоксид азота, формальдегид и нитрат-анионы; диоксид серы и сульфаты; взвешенные вещества и осадок. Наиболее высокий уровень согласия получен между уровнями концентраций нитратов в снеге и диоксидом азота, а также формальдегидом. Следует отметить, что высокая степень согласия в данных достигнута при выполнении следующих условий: отбор проб проведён непосредственно у поста с ненарушенным снежным покровом, устранены систематические погрешности собственно как при пробоподготовке, так и химическом анализе проб снега и воздуха.

Результаты этих исследований могут быть использованы для взаимного контроля данных наблюдений в снеге и приземном слое воздуха города, существенно дополнить в зимнее время стационарную сеть наблюдений.

Работа выполнена при финансовой поддержке Программы фундаментальных исследований Президиума РАН № 4.4, ИП СО РАН № 84.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Безуглая, Э.Ю. Мониторинг состояния загрязнения атмосферы в городах. / Э.Ю. Безуглая / Л.: Гидрометеиздат, 1986. - 200 с.
2. Василенко, В.Н. Мониторинг загрязнения снежного покрова. / В.Н. Василенко, И.М. Назаров, Ш.Д. Фридман / Л.: Гидрометеиздат, 1985. - 182 с.
3. Ровинский, Ф.Я. Фоновый мониторинг полициклических ароматических углеводородов. / Ф.Я. Ровинский, Т.А. Теплицкая, Т.А. Алексеева / Л.: Гидрометеиздат, 1988. - 224 с.

© *В.Ф. Рапута, А.Н. Романов, В.В. Коковкин, С.В. Морозов, К.О. Шутова,*
2011

УДК 621.391

И.Г. Казанцев

ИВМиМГ СО РАН, Новосибирск

И.П. Яровенко, И.П. Прохоров

ИПМ ДВО РАН, Владивосток

АНАЛИТИЧЕСКОЕ И СТАТИСТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ФОРМИРОВАНИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ РАССЕЯННОГО ИЗЛУЧЕНИЯ В ЭМИССИОННОЙ ТОМОГРАФИИ

Рассмотрена задача моделирования изображений рассеянных фотонов в эмиссионной томографии. Выведенные интегральные уравнения требуют сравнительного статистического эксперимента, которое проведено методами Монте-Карло. Получено хорошее совпадение изображений, генерированных статистически и с помощью формул. Работа поддержана грантом РФФИ 10-07-00131-а.

I.G. Kazantsev

Institute of Computational Mathematics and Mathematical Geophysics SB RAS

6, prospect Akademika Lavrentjeva, Novosibirsk, 630090, Russian Federation

I.P. Yarovenko, I.V. Prokhorov

Institute of Applied Mathematics FEB RAS

7 Radio Street, Vladivostok, 690041, Russian Federation

ANALYTICAL AND STATISTICAL MODELING OF SCATTER RADIATION IMAGE FORMATION IN EMISSION TOMOGRAPHY

The mathematical model of single scatter image formation in emission tomography is investigated. Integral equations are derived under idealized assumptions and therefore they need physical or statistical verification. Statistical validation of the analytical approach using Monte Carlo simulation techniques is presented. The numerical experiments were performed. Good fit of formula-based and statistically generated profiles of scatter images is observed.

Идеализированная интегральная модель эмиссионной томографии на не рассеянных (прямых) фотонах хорошо известна. Для известного распределения активности (изотопа) $f(x, y, z)$ внутри среды с коэффициентом ослабления $\mu(x, y, z)$ и детекторов малых размеров A и B на поверхности просвечиваемого тела, модель формирования данных имеет вид:

$$P^{AB} = \exp\left[-\int_A^B \mu(x', y', z') dl\right] \cdot \int_A^B f(x, y, z) dl \quad (1)$$

На рис. 1 (слева) изображена физическая модель эмиссионной томографии на паре прямых фотонов (u, u) , разлетающихся из точки аннигиляции C в

результате столкновения позитрона, испускаемого изотопом f , с одним из свободных электронов среды.

В практических задачах оценки однократного рассеяния в сканерах, широко используется аппроксимация [1], являющаяся упрощенной версией уравнения переноса [2],[3]. Это приближение оценивает поток однократно рассеянных (по Комптону) пар фотонов, зарегистрированных парой детекторов А и В как интеграл по всему объему V_S возможных событий рассеяния:

$$S_1^{AB} = \iiint_{V_S} dV_S \left(\frac{\sigma_{AS} \sigma_{BS}}{4\pi |AS|^2 |BS|^2} \right) \frac{\mu}{\sigma_C} \frac{\partial \sigma_C}{\partial \Omega} [I^A + I^B], \quad (2)$$

где

$$I^A = \varepsilon_{AS} \varepsilon'_{BS} \exp\left[-\left(\int_A^S \mu dl + \int_S^B \mu' dl\right)\right] \int_A^S f dl, \quad I^B = \varepsilon'_{AS} \varepsilon_{BS} \exp\left[-\left(\int_A^S \mu dl + \int_S^B \mu' dl\right)\right] \int_S^B f dl \quad (3)$$

Здесь σ_{AS} и σ_{BS} - геометрические поперечные сечения детекторов А и В, f - активность источников, $\mu = \mu(E, S)$ - линейный коэффициент ослабления, зависящий от энергии и положения точки рассеяния, ε_{AS} и ε_{BS} - величины, связанные с эффективностью детекторов А и В, $d\sigma_C/d\Omega$ - дифференциальное поперечное сечение рассеяния. Знак штриха означает значение величины после рассеяния. Уравнение (2) симметрично относительно А и В, и прямые фотоны регистрируются в обоих детекторах А и В. Модифицируем это уравнение в предположении, что регистрируется пара фотонов, один из которых попал в детектор А нерассеянным, а детектор В зафиксировал рассеянный фотон и определил его энергию. Тогда можно считать, что выражение I^B в (3) равно нулю. Для удобства изложения обозначим

$$M_{f,\mu}(x, y, z) = \frac{\mu}{\sigma_C} \frac{\partial \sigma_C}{\partial \Omega} \varepsilon_{AS} \varepsilon'_{BS} \exp\left[-\left(\int_A^S \mu dl + \int_S^B \mu' dl\right)\right] \int_A^S f dl, \quad (4)$$

где (x, y, z) декартовы координаты точки рассеяния S . Тогда (2) принимает вид

$$S_1^{AB} = \iiint_{V_S} dV_S \left(\frac{\sigma_{AS} \sigma_{BS}}{4\pi |AS|^2 |BS|^2} \right) M_{f,\mu}(x, y, z). \quad (5)$$

Это уравнение будет использовано для вывода интегральных уравнений однократного комптоновского рассеяния с определенным углом θ .

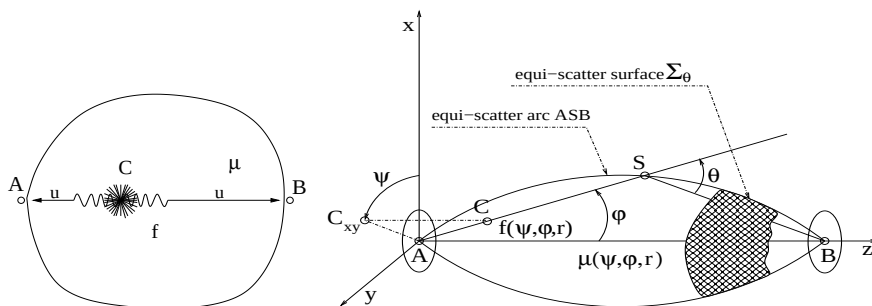


Рис. 1

Аппроксимация (2)-(5) применима к объектам различной формы или объема V_S . Однако для идеальных детекторов уравнение (5) допускает

упрощение благодаря свойствам поверхностей, на которых сосредоточены точки рассеяния с одинаковым углом. Тогда объем V_S описывается точно и интегрирование в (5) приобретает конкретные пределы.

Предположим, что детекторы А и В - круги малого радиуса δ , $\delta \ll 1$ (Рис. 1 справа). Детектор А регистрирует прямые, детектор В – рассеянные фотоны. Из геометрии однократного рассеяния можно видеть, что все точки рассеяния S (с энергией фотона E' , или углом рассеяния θ) лежат на поверхности тела вращения (вокруг оси Z) дуги окружности ASB радиуса

$$R = |AB| / (2 \sin \theta). \quad (6)$$

Выберем некоторый угол $0 \leq T \leq \pi/2$. Тогда все события, состоящие в регистрации в В рассеянных фотонов с углами, меньшими или равными T, при условии, что прямой фотон из пары, испускаемой из точки С, зарегистрирован в А, составляют в сферических координатах (ψ, φ, r) множество (тело вращения)

$$V_T = \{(\psi, \varphi, r) | \psi \in [0, 2\pi), \varphi \in [0, T], r \in [0, |AS|]\}. \quad (7)$$

Выберем некоторый угол $0 \leq \theta \leq \pi/2$. Тогда все события, состоящие в рассеянии фотонов с углом, точно равным θ , составляют поверхность тела вращения

$$\Sigma_\theta = \{(\psi, \varphi, r) | \psi \in [0, 2\pi), \varphi \in [0, T], r = [0, |AS|]\}. \quad (8)$$

Хорды |AS| и |SB| вычисляются по формулам:

$$|AS| = |AB| \sin(\theta - \varphi) / \sin \theta, \quad |SB| = |AB| \sin \varphi / \sin \theta. \quad (9)$$

Будем искать полное рассеяние с порогом T, учитывая формулу (5), в виде:

$$S_T^{AB} = \lim_{\delta \rightarrow 0} \frac{1}{(\pi \delta^2 / 4)^2} \int_A \partial A \int_B (S_1^{AB}) \partial B. \quad (10)$$

Для малых δ геометрические поперечные сечения детекторов А и В для падающих лучей AS и SB являются приближенно эллипсами с площадями

$$\sigma_{AS} \approx (\pi \delta^2 / 4) \cos \varphi, \quad \sigma_{SB} \approx (\pi \delta^2 / 4) \cos(\theta - \varphi). \quad (11)$$

Тогда (10) принимает вид

$$S_T^{AB} = \iiint_{V_T} dV_T \left(\frac{\cos \varphi \cos(\theta - \varphi)}{4\pi |AS|^2 |BS|^2} \right) M_{f,\mu}(x, y, z). \quad (12)$$

Заменим переменные в (12) с декартовых (x, y, z) на криволинейные (ψ, φ, θ) :

$$x = X(\psi, \varphi, \theta) = |AS| \sin \varphi \cos \psi,$$

$$y = Y(\psi, \varphi, \theta) = |AS| \sin \varphi \sin \psi, \quad (13)$$

$$z = Z(\psi, \varphi, \theta) = |AS| \cos \varphi,$$

Вычислим элементарный объем интегрирования $dV_T = dx dy dz = \det(J) d\psi d\varphi d\theta$, где J – якобиан преобразования (13) и его определитель может быть вычислен:

$$\det(J) = |AB|^3 \frac{\sin^2 \varphi \sin^2(\theta - \varphi)}{\sin^4 \theta} = \frac{|AS|^2 |BS|^2}{|AB|}. \quad (14)$$

Тогда интеграл (12) приводится к искомому виду (положим $\varepsilon=1$ для краткости)

$$S_T^{AB} = \frac{1}{4\pi |AB|} \int_0^T d\theta \int_0^\theta d\varphi \cos \varphi \cos(\theta - \varphi) \int_0^{2\pi} d\psi \frac{\mu(\psi, \varphi, |AS|)}{\sigma_C} \frac{\partial \sigma_C}{\partial \Omega} e^{-\left(\int_A^S \mu dl + \int_S^B \mu' dl\right)} \cdot \int_0^{|AS|} f(\psi, \varphi, r) dr. \quad (15)$$

Аналогично выводится интегральное уравнение рассеяния с углом рассеяния θ :

$$S_{\theta}^{AB} = \frac{\sin^2 \theta}{4\pi |AB|^2} \int_0^{\theta} d\varphi \frac{\cos \varphi \cos(\theta - \varphi)}{\sin \varphi \sin(\theta - \varphi)} \int_0^{2\pi} d\psi \frac{\mu(\psi, \varphi, |AS|)}{\sigma_C} \frac{\partial \sigma_C}{\partial \Omega} \varepsilon_{AS} \varepsilon_{BS} \cdot e^{-\left(\int_A^S \mu dl + \int_S^B \mu' dl\right)} \cdot \int_0^{|AS|} f(\psi, \varphi, r) dr. \quad (16)$$

В данной работе исследуется упрощенная оценка $\xi_{\theta}(A, B)$ рассеяния с углом рассеяния $\theta = 60^\circ$, в виде

$$\xi_{\theta}(A, B) = \int_0^{\theta} d\varphi \cos \varphi \cos(\theta - \varphi) \int_0^{2\pi} d\psi \frac{\mu(\psi, \varphi, |AS|)}{\sigma_C} \frac{\partial \sigma_C}{\partial \Omega} \cdot e^{-\left(\int_A^S \mu dl + \int_S^B \mu' dl\right)} \cdot \int_0^{|AS|} f(\psi, \varphi, r) dr. \quad (17)$$

Для проверки формулы (17) методами статистического моделирования была посчитана величина

$$I = (\pi \delta^2 / 4)^2 \xi_{\theta \pm \Delta \theta}(A, B), \quad (18)$$

где δ – диаметр детектора, $\Delta \theta$ – некоторый диапазон изменения угла рассеяния, который при моделировании траекторий обеспечивает попадание в некоторую фиксированную точку. Вычислительные эксперименты проведены для цилиндрического фантома радиусом 8 см и заполненного водой (рис. 2). Внутри цилиндра помещены четыре стационарно излучающих сферических источника, заполненные изотопом с единичной активностью: No. 1 в центре и No. 2, 3, 4, смещенные на 4 см от центра. Коэффициент ослабления воды μ принят одинаковым для всех энергий $\mu = \mu' = 0.096 \text{ см}^{-1}$. Линейки A и B детекторов лежат в плоскости YOZ, и проекция $\xi_{\theta}(A, B)$ вычисляется для пар точек (A, B) с одинаковой координатой Y. Параметры теста: $\theta = 60^\circ$, $\delta = 0.16 \text{ см}$, $\varepsilon = \varepsilon' = 1$. При моделировании траекторий отслеживалось до 10 актов рассеяния. Для метода Монте-Карло данные о сечениях взаимодействия брались из таблиц Хабла [4]. Моделировалось 10^{11} траекторий (время расчета на компьютере Pentium 3.2 GHz около 5 суток). Для генерации случайных чисел использовался датчик, описанный в [5]. Результаты численных экспериментов (рис. 3) показывают хорошее соответствие между проекциями, полученными по формуле (17) и статистическим моделированием (18).

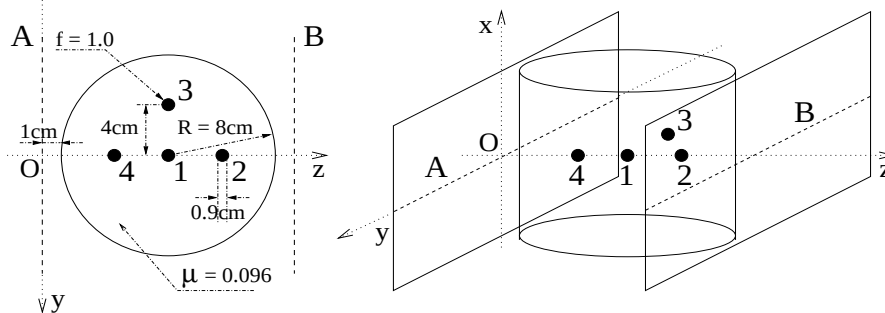


Рис. 2

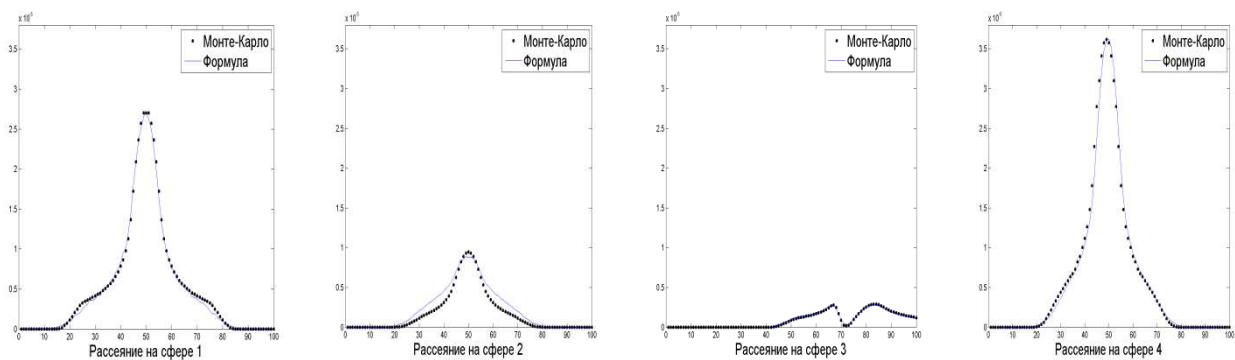


Рис. 3

Алгоритм состоит из следующих шагов:

1. *Розыгрыш точки аннигиляции фотона.* Розыгрываем точку рождения позитрона внутри источника активности. Ее же считаем точкой аннигиляции.

2. *Розыгрыш первоначального направления движения фотона.* В результате аннигиляции рождается два фотона, распространяющихся в диаметрально противоположных направлениях. Вследствие изотропии первоначальных направлений движения фотона, равномерно на сфере разыгрываем направление $\omega = (\omega_1, \omega_2, \omega_3)$, в котором полетит первый из образовавшихся фотонов. Далее отслеживаем историю фотона, движущегося в направлении ω .

3. *Розыгрыш свободного пробега фотона в веществе.* Учитывая экспоненциальный закон уменьшения интенсивности потока фотонов с расстоянием, найдем длину свободного пробега в веществе. Если фотон в результате пробега покинул область, проверяется: не попал ли он в детектор А. Если попал, то запоминаем номер детектора и отслеживаем направление $-\omega$, если же фотон не попал в детектор А, то перестаем отслеживать данную траекторию и переходим к пункту 1. В случае, когда фотон остался внутри области, разыгрываем тип взаимодействия фотона с веществом.

4. *Розыгрыш взаимодействия фотона с веществом.* Для рассматриваемого диапазона энергий, среди всех видов взаимодействия излучения с веществом преобладают фотоэлектрическое поглощение, комптоновское рассеяние и рассеяние по Рэлею. Для определения типа взаимодействия излучения с веществом вычисляются вероятности поглощения фотона, рассеяния по Комптону и рассеяния по Рэлею: P_a, P_c, P_r . Если $\alpha < P_a$, то фотон поглотился, и такая траектория дальше не отслеживается. Если $\alpha > P_a$, то фотон рассеется и необходимо определить тип рассеяния. При $\alpha < P_r$, фотон рассеется по Рэлею, в противном случае фотон рассеется по закону Комптона.

5. *Рассеяние фотона по Рэлею.* Если фотон рассеялся по Рэлею, то разыгрываем новое направление ω' , используя функцию рассеяния Рэлея.

6. *Рассеяние фотона по Комптону.* При рассеянии фотона по Комптону изменяется не только направление, но и энергия фотона. Вероятность рассеянному фотону иметь энергию от E до E' в зависимости от значения

случайного числа α определяется из уравнения $\int_E^{E'} \frac{d\tilde{\sigma}_C}{dE} dE = \alpha$, где $d\sigma_C/dE$ - нормированное на единицу дифференциальное сечение комптоновского рассеяния в интервал энергий от E до $E+dE$, определяемое формулой Кляйна-Нишины [3]. Для ускорения решения этого уравнения использовалась заранее насчитанная двумерная таблица, содержащая решения уравнения с заданной точностью на равномерных сетках по E и α . Найденное значение энергии рассеянного фотона позволяет определить косинус угла рассеяния: $\nu = 1 + E_0/E - E_0/E'$, где E_0 - энергия покоя электрона. Далее, разыгрывая равномерно в диапазоне от 0 до 2π азимутальный угол рассеяния, находим новое направление движения фотона после рассеяния.

7. *Возврат и выход.* Возврат на шаг 3 к розыгрышу свободного пробега и повторение этого пока либо фотон попадает в детектор или покидает объем, или поглощается.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Watson C.C. "New, faster, image-based scatter correction for 3D PET," IEEE Transactions on Nuclear Science. -2000. - Vol. 47. -P. 1587-1594.
2. Аниконов Д.С., Ковтанюк А.Е., Прохоров И.В. "Использование уравнения переноса в томографии", М: Логос, 2000.
3. Фано У., Спенсер Л., Бергер М. "Перенос гамма излучения" М.: Госатомиздат, 1963.
4. Hubbell J.H., Seltzer S.M. "Tables of X-Ray Mass Attenuation Coefficients and Mass Energy-Absorption Coefficients 1 Kev to 20 Mev for Elements Z = 1 to 92 and 48 Additional Substances of Dosimetric Interest," NISTIR 5632, 1995.
5. L'Ecuyer, P. and Cote, S. "Implementing a Random Number Package with Splitting Facilities." ACM Transactions on Mathematical Software, 17: 98-111 (1991).

© И.Г. Казанцев, И.П. Яровенко, И.П. Прохоров, 2011

УДК 550.344

Б.М. Глинский, И.Н. Иванова

ИВМиМГ СО РАН, Новосибирск

О СВЯЗИ СПЕКТРОВ ВОЛНОВОГО ВИБРОСЕЙСМИЧЕСКОГО ПОЛЯ С ГЕОЛОГИЧЕСКИМ СТРОЕНИЕМ ГРЯЗЕВОГО ВУЛКАНА «ГОРА КАРАБЕТОВА»

В статье анализируются проекции спектрально-временной функции (СПФ), полученные при вибросейсмическом зондировании грязевого вулкана «Гора Карабетова». Изучается связь спектрально-временных функций с геологическими особенностями строения грязевого вулкана. Проведенный анализ экспериментальных данных служит основой для построения систем мониторинга грязевых вулканов.

B.M. Glinsky, I.N. Ivanova

Institute of Computational Mathematics and Mathematical Geophysics,

Siberian Branch Russian Academy of Sciences

Novosibirsk, 630000 Russian Federation

ON THE RELATIONSHIP BETWEEN THE SPECTRA OF THE WAVE FIELD VIBROSEIS THE GEOLOGICAL STRUCTURE OF MUD VOLCANOES « GORA KARABETOVA»

The article analyzes the projection of the spectral-temporal function (SPF) obtained vibroseismic sounding of the mud volcano "Gora Karabetova". We study the relation of spectral-temporal function and geological. structural features of the mud volcano. The analysis of experimental data provide a basis for The performed experiments form a basis for the construction of systems for mud volcano monitoring.

Грязевой вулканизм – сложное, малоизученное геологическое образование. В настоящее время установлена связь грязевого вулканизма с наличием залежей углеводородов и динамикой глубинных флюидов, однако до сих пор достоверно не известен механизм образования таких вулканов. Периодические взрывы таких вулканов, сопровождающиеся выбросом грязи, обломков твердых пород и газов представляют определенную опасность для проживающего рядом населения. Обнаружены многочисленные газовые факелы и грязевые вулканы в Черном море и Таманском полуострове. Одним из интересных и активных вулканов в Таманской грязевулканической провинции является грязевой вулкан «Гора Карабетова» [1].

Институт вычислительной математики и математической геофизики СО РАН совместно с Институтом физики Земли РАН и Кубанским Государственным Университетом начиная с 2005 года поставил ряд

экспериментальных исследований по вибросейсмическому зондированию этих уникальных природных явлений. В частности, были поставлены эксперименты на грязевых вулканах Тамани – Шуго, Ахтанизовский, Карабетова гора [2-5].

В данной работе анализируются спектрально-временные характеристики волнового поля, полученного на профиле регистрации длиной 3.2 км, пересекающего вулкан Карабетова гора. Схема наблюдения для этого варианта зондирования грязевого вулкана приведена на рис 1.

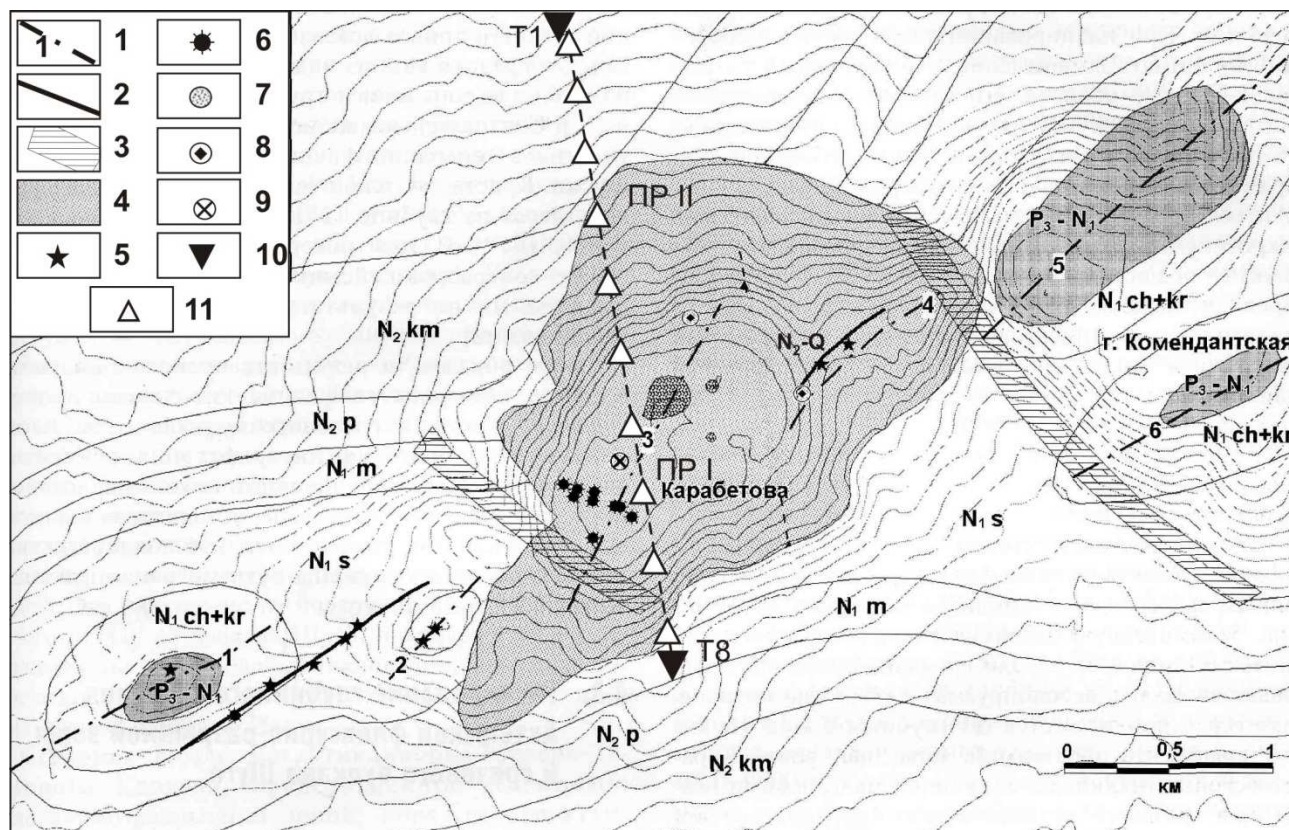


Рис. 1. Геологическая схема района Карабетова гора (Горбатилов А.В.)

Условные обозначения: 1 – оси антиклинальных складок и их номера; 2 – достоверно установленные разломы; 3 – разломы выделенные по структурно-геоморфологическим признакам; 4 – покров сопочной брекчии грязевого вулкана горы Карабетова; 5 – действующие грифоны; 6 – недействующие грифоны; 7 – сальзы; 8 – крупные конусообразные грифоны высотой несколько метров; 9 – центр взрывного извержения 6 мая 2001 г.; 10 – пункты вибросейсмического излучения; 11 – пикеты профиля вибросейсмической съёмки, приведены каждый пятый датчик

На карту нанесен профиль Т1-Т8, в крайних точках которого осуществлялось вибросейсмическое излучение. В экспериментах применялись вибратор СВ 10/180 и регистрирующая аппаратура REFTEK (40 регистраторов). Диапазон частот, занимаемый зондирующим сигналом, составляет 10–64 Гц. Суммарный профиль регистрации состоял из двух частей: профиля II, начинающегося в 46 метрах от Т8, протяженностью 1800 метров и проходящего через вулкан, и профиля III протяженностью 1400 метров и заканчивающегося

вблизи Т1 (29 метров). Шаг между датчиками составлял около 50 метров, регистрировалась вертикальная компонента сейсмического поля.

На этом рисунке, кроме разломных зон, грифонов и сальз (грифоны – конусообразные поднятия, сальзы – небольшие углубления) через которые извергаются фракции грязевого вулкана, нанесено также геологическое строение вулкана Карабетова гора: N_2km – киммерийский ярус, глины, пески с прослоями и линзами оолитовых железных руд в нижней части; N^2p – понтический ярус, темно-серые, черные глины с прослоями рыхлых известняков, мергелей и песчаников; N^1m – меотический ярус, темные глины с прослоями мергелей и известняков; N_1s – сарматский ярус, зеленовато-серые глины с многочисленными прослоями пористых мергелей и известняков; $N, ch+kr$ – чокракский и караганский ярусы, темно-серые глины с прослоями мергелей и известняков; N_2-Q – сопочная брекчия [1,6].

На рис. 2, 3 приведены коррелограммы, полученные от источников в точках Т8, Т1, путем корреляционной свертки принятого сигнала с излучаемым.

Диапазон частот, занимаемый зондирующим сигналом, составляет 10–64 Гц. Временная структура волнового поля характеризуется усложнением по мере приближения к телу вулкана. Одиночные волновые формы на начальном участке зондирования разрастаются до нескольких цугов волн в районе вулкана и далее за ним. Соответственно их длительность при этом возрастает примерно на порядок.

На начальном участке сейсмограмм от источника Т1 и на конечном от Т8 отчетливо прослеживаются низкочастотные поверхностные волны со скоростями 340 м/с, что соответствует структуре поверхностного слоя, характерного для почвенного слоя и рыхлых сухих песков. Остальные части сейсмограмм определяются сильно перемятыми пластичными глинами.

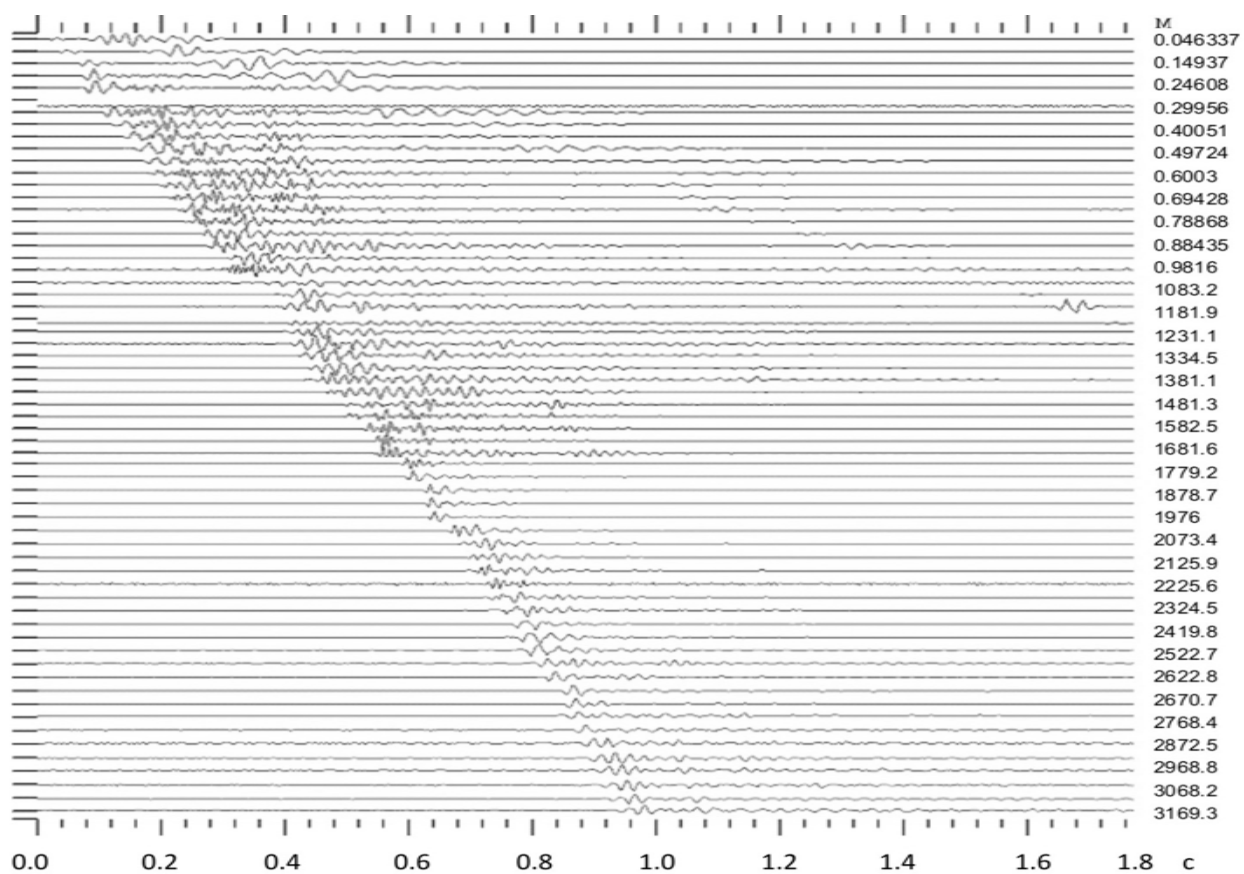


Рис. 2. Коррелограммы сигнала от источника Т8. Профиль II-III

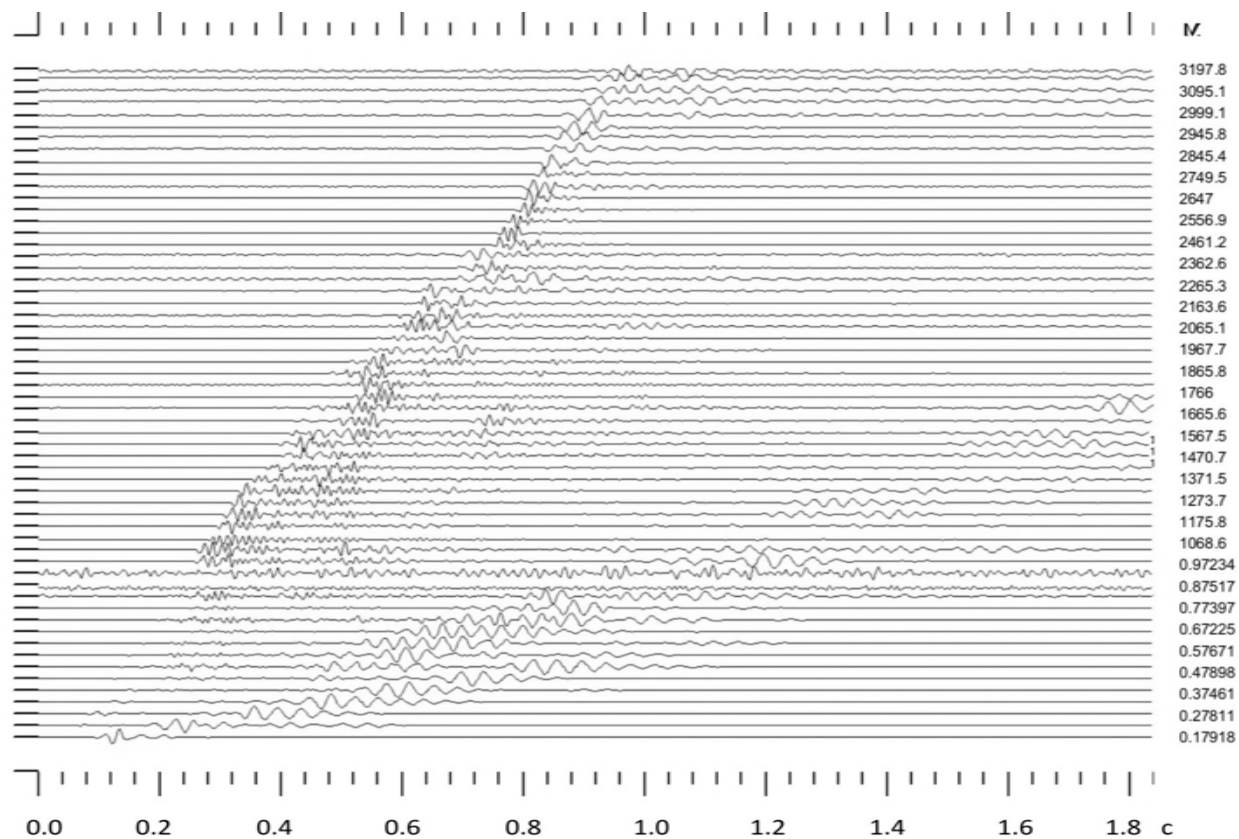


Рис. 3. Вибрационные сейсмограммы от источника Т1. Профиль III-II

Усложнение структуры волнового поля во временной области сопровождается изменениями в спектральной области. Спектральный анализ вибрационных сейсмограмм (вибрационных коррелограмм) на этом профиле показывает довольно сложную картину прохождения сейсмических волн через тело вулкана.

На рис. 4 приведены проекции спектрально-временной функции (СПФ) на плоскость частота-время на расстояниях 79, 479, 774 м от источника Т1 см. рис. 1. Это область рыхлых песчаников до сопочной брекчии, видно, что доминирует низкоскоростная поверхностная волна со скоростью около 340 м/с. На начальных временах появляется спектральная составляющая, обусловленная приближением к границе вулканической трубки.

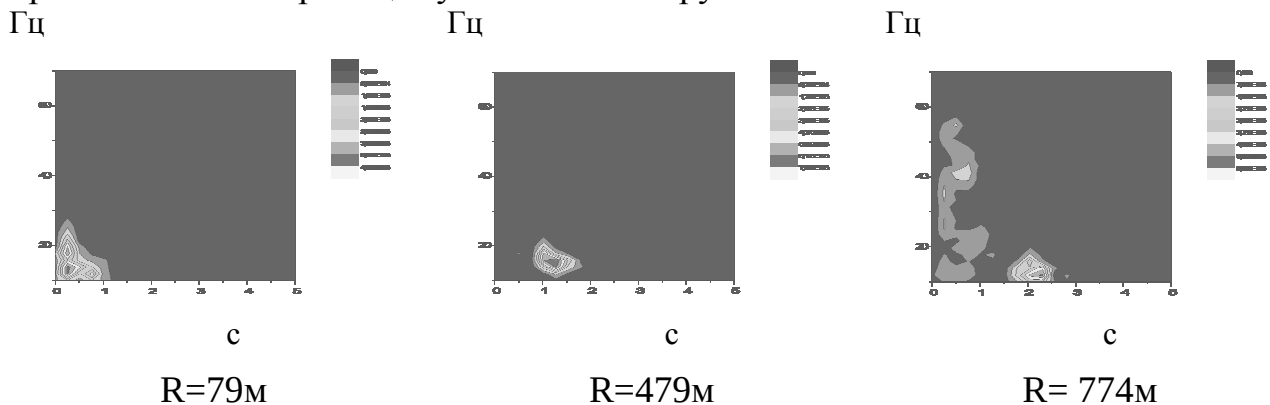


Рис. 4. Проекции СПФ на расстояниях до 774м от источника Т1

Аналогичная картина наблюдается и для поверхностной волны от источника Т8, однако в данном случае влияние грязевой трубки начинается раньше, поскольку начало профиля находится вблизи сопочной брекчии, а на расстоянии 647м датчик находится около грифонов, см. рис. 1.

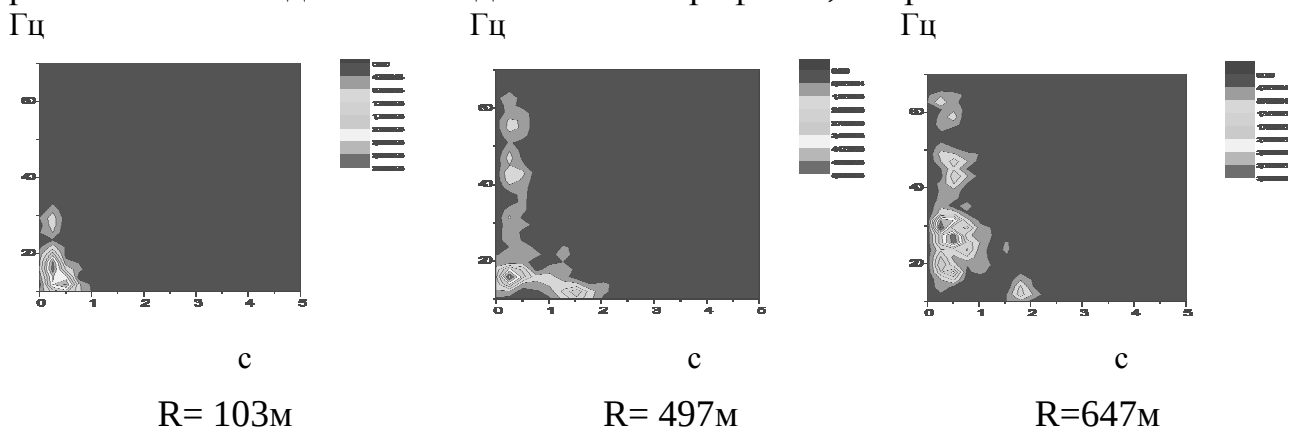
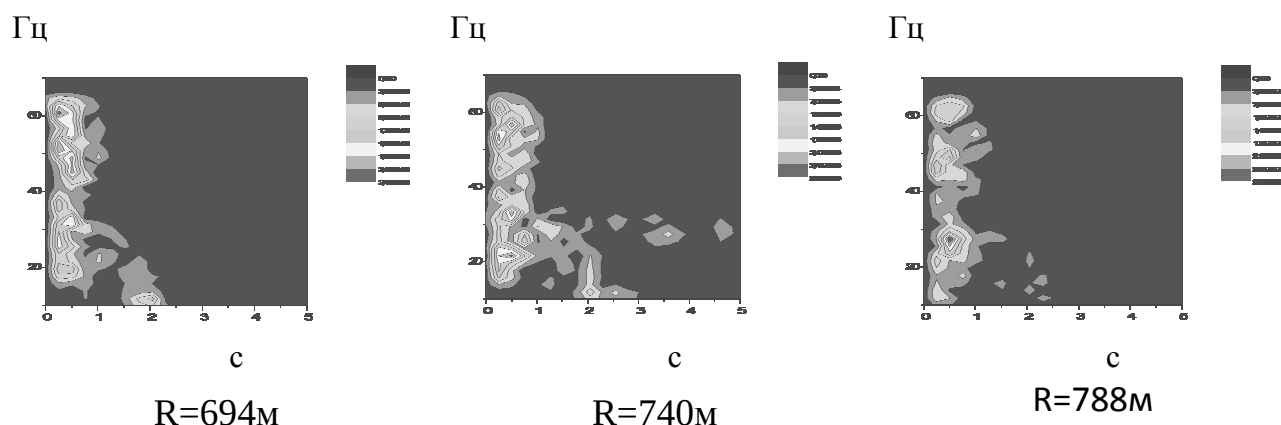


Рис. 5. Проекции СПФ на расстояниях до 647м от источника Т8

На рис. 6 приведены СПФ для трех закрепленных датчиков находящихся вблизи грифонов, но на различных удалениях от источников Т8, Т1.

Источник Т8, район грифонов.



Источник Т1, район грифонов.

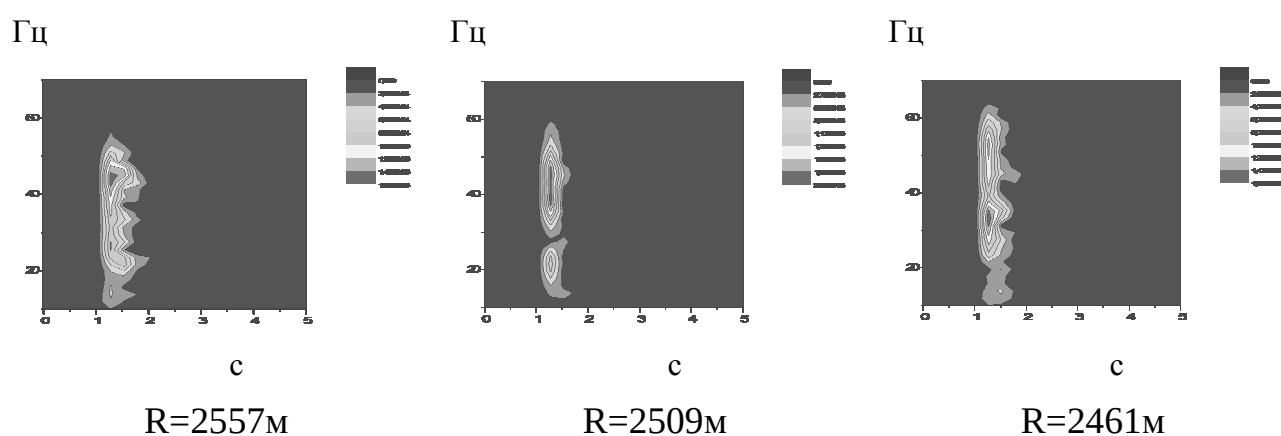


Рис. 6. Проекции СПФ для закрепленных датчиков, регистрирующих сейсмические волны от источников Т8, Т1

Сравнительный анализ данных СПФ показывает в целом удовлетворительное совпадение спектров, регистрируемое от источников, находящихся на различных концах профиля Т1 – Т8. Например для датчика, находящегося на расстояниях 694м от источника Т8 и 2557м от Т1 видно, что спектры занимают одинаковую область частот в диапазоне от 20 до 55 Гц. Однако выше 55 Гц частоты от источника Т1 не проявляются, что обусловлено затуханием высоких частот на данном расстоянии. Аналогичная картина наблюдается и для расстояний 2509 и 2461м. Следует отметить, что данный район характеризуется скоплением подводящих каналов, в данный период времени недействующих грифонов, и возможно спектральные полосы на этих рисунках связана с резонансными свойствами данных каналов.

Спектральный анализ вибрационных сейсмограмм (вибрационных коррелограмм) на этом профиле показывает довольно сложную картину прохождения сейсмических волн через дилатансное тело вулкана. В целом, изменения спектров как от источника Т8, так и от Т1 характеризуются расширением спектра в сторону высоких частот по мере приближения к центру вулкана и затуханием высоких частот по мере удаления от центра. Однако,

встречаются и узкополосные спектральные пики, обусловленные чрезвычайно сложным внутренним строением грязевого вулкана, наличием подводящих каналов грифонов и сальз.

Пример такого спектрального пика приведен на рис. 7, в данном случае регистрация вибросейсмического поля от источника Т8 проводилась на вершине вулкана, вблизи большой сальзы, см. рис.1. Хорошо просматривается пик СПФ на частоте 23Гц.

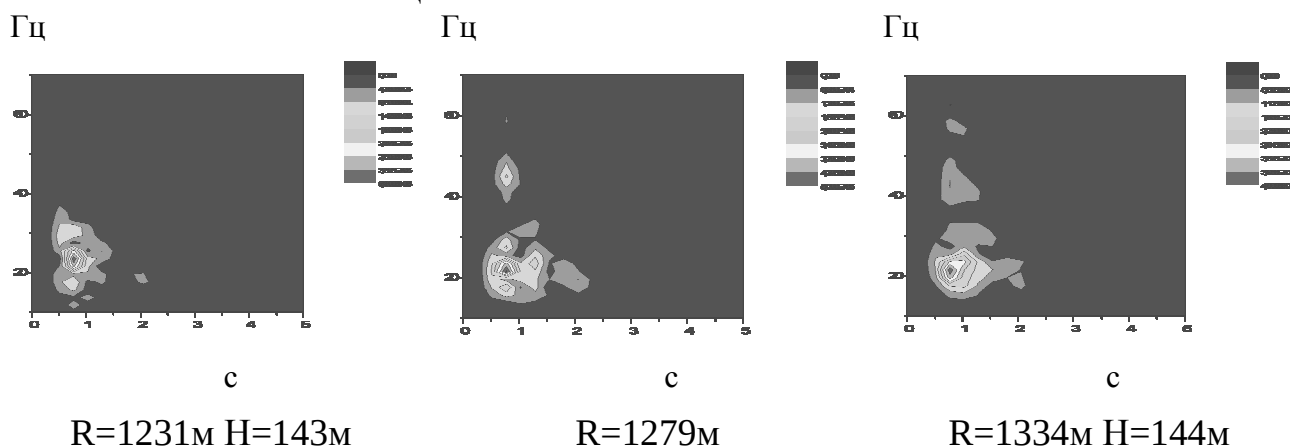


Рис. 7. Проекция СПФ на вершине вулкана, R-расстояние от источника Т8, Н – высота над уровнем моря

Таким образом, анализ СПФ на профиле проходящем через центр вулкана позволяет сделать следующие выводы: по спектральному составу вибросейсмическое поле в районе вулкана Карабетова гора имеет чрезвычайно сложное строение, определяемое протяженной дилатансной структурой грязевого вулкана; в волновом поле выделяется поверхностная волна, распространяющаяся со скоростью около 340 м/с; общая тенденция, по изменению спектрального состава волновых форм в зависимости от расстояния от источника по профилю II-III заключается в том, что по мере приближения к центру вулкана наблюдается расширение спектра в сторону высоких частот с последующим затуханием высокочастотной части спектра по мере удаления от центра вулкана. Однако встречаются точки на профиле, где наблюдаются локальные спектральные максимумы, возможно связанные с резонансными свойствами подводящих каналов изучаемого вулкана. Например, на расстоянии 875 м от источника Т1 наблюдается такой максимум на частоте 40 Гц; на расстоянии 1300 м от источника Т8 максимум на частоте 23 Гц.

Работа выполнена при поддержке грантов РФФИ: № 07-05-00858, 07-07-00214, проект РАН 4.5, ИП СО РАН № 133.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Грязевые вулканы Керченско-Таманского региона /Шнюков Е.Ф., Шереметьев В.М., Маслаков В.А. и др. – Краснодар: ГлавМедиа, 2006. – С. 176.

2. Б.М. Глинский, А.Л. Собисевич, А.Г. Фатьянов, М.С. Хайретдинов. Математическое моделирование и экспериментальные исследования грязевого вулкана Шуго. // Вулканология и сейсмология, 2008 №4, С. 1-9.
3. А.С. Алексеев, Б.М. Глинский, А.Л. Собисевич, В.В. Ковалевский, М.С. Хайретдинов и др. Активная сейсмология с мощными вибрационными источниками: Отв. ред. Г.М. Цибульчик. – Новосибирск: ИВМиМГ СО РАН, Филиал "Гео" Издательства СО РАН, 2004. – С. 387.
4. Глинский Б.М., Собисевич А.Л., Хайретдинов М.С. Опыт вибросейсмического зондирования сложно построенных геологических структур (на примере грязевого вулкана Шуго). // Докл. РАН. - 2007. - Т.413, №3. - С.398-402.
5. Алексеев А.С., Глинский Б.М., Имомназаров Х.Х., Ковалевский В.В., Собисевич Л.Е., Хайретдинов М.С., Цибульчик Г.М. Мониторинг геометрии и физических свойств «поверхностной» и «очаговой» дилатансных зон методом вибросейсмического просвечивания сейсмоопасных участков земной коры. // Коллективная монография «Изменение окружающей среды и климата. Природные и связанные с ним техногенные катастрофы». – М.: ИФЗ РАН, 2008. – Т.1: Сейсмические процессы и катастрофы, Ч.2. – С. 179-223.
6. Горбатилов А.В. и др. Технология глубинного зондирования земной коры с использованием естественного низкочастотного микросейсмического поля. Там же. С. 223-236.

© Б.М. Глинский, И.Н. Иванова, 2011

УДК 530.4

С.А. Ефимов

ИВМиМГ СО РАН, Новосибирск

ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ВОЛНОВОГО ВИБРОСЕЙСМИЧЕСКОГО ПОЛЯ, ФОРМИРУЕМОГО МОНОХРОМАТИЧЕСКИМ ЗОНДИРУЮЩИМ СИГНАЛОМ

В докладе представлены результаты обработки экспериментальных данных, полученных при вибросейсмическом просвечивании и мониторинге района озера Байкал. Полученные данные указывают на существенную пространственную динамику амплитудных значений монохроматических сейсмических волн.

S.A. Efimov

Institute of Computational Mathematics and Mathematical Geophysics,
Siberian Branch Russian Academy of Sciences
Novosibirsk, 630090 Russian Federation

RESEARCH OF FEATURES OF THE WAVE SEISMIC FIELD FORMED BY A MONOCHROMATIC PROBING SIGNAL

In the report results of processing of the experimental data received at vibroseismic influence and monitoring of area of lake Baikal are submitted. The received data specify essential spatial dynamics of peak values of monochromatic seismic waves.

Серия разрушительных землетрясений в марте 2011 года в районе акватории Японского острова еще раз напомнила об актуальности создания геофизических систем, ориентированных на прогноз тектонических событий. Очевидно, что появление эффективных геофизических систем связано с изучением строения структуры земной поверхности и созданием инструментов для ее изучения. В настоящее время существует технология вибросейсмического просвечивания земли, позволяющая объективно исследовать структурные особенности земной поверхности и формировать прогнозные факторы эволюции литосферы. В 2009 г. сотрудниками ИВМиМГ СО РАН проведены полевые экспериментальные работы по вибросейсмическому просвечиванию и мониторингу разломных зон хребта Хамар-Дабан (юго-восток Байкала). При проведении работ по активному вибросейсмическому просвечиванию исследовалась структура волнового поля вибраторов при прохождении разломных зон хребта Хамар-Дабан с использованием профильной регистрации волнового поля. В качестве источника сейсмических волн использовался вибратор СВ-100, расположенный

на Южно-Байкальском вибросейсмическом полигоне СО РАН, п. Бабушкин. Излучение сигналов вибратором осуществлялось в режиме свип-сигналов в диапазоне частот 6-10 Гц, и в режиме гармонического излучения на фиксированных частотах 7 Гц, 8 Гц, 9 Гц. Регистрация осуществлялась на профилях длиной 5–10 км в зонах разломов вдоль реки Мантуриха (район п. Бабушкин, удаление 3,6 км от источника, длина профиля 4,8 км), реки Еловка (район г. Каменска, удаление 38,9 км от источника, длина профиля 4,0 км), реки Большая Санжеевка (район п. Хурамша, удаление 59,3 км от источника, длина профиля 10,0 км). Регистрация вибросейсмических сигналов осуществлялась аппаратурой Байкал (22 регистратора) с сейсмическими датчиками GS-3, СК1-П, координатная привязка - системой GPS.

Вибросейсмическое зондирование проводилось в рамках комплексного геофизического исследования зон разломов. Задачей исследований являлось выделение оперяющих разломов, разрывных нарушений, градиентов геофизических параметров.

Профиль III (Хурамша-Большая Санжеевка) проложен в северо-западном направлении, в 60 - 66 км на восток-юго-восток от ЦВО-100, по разлому Большая Санжеевка (условно Каменск-Тимлюй). На юго-востоке, в начале, он проходит по осадочным отложениям убукунской свиты, представленной нерасчлененными конгломератами, гравелитами, углистыми сланцами.

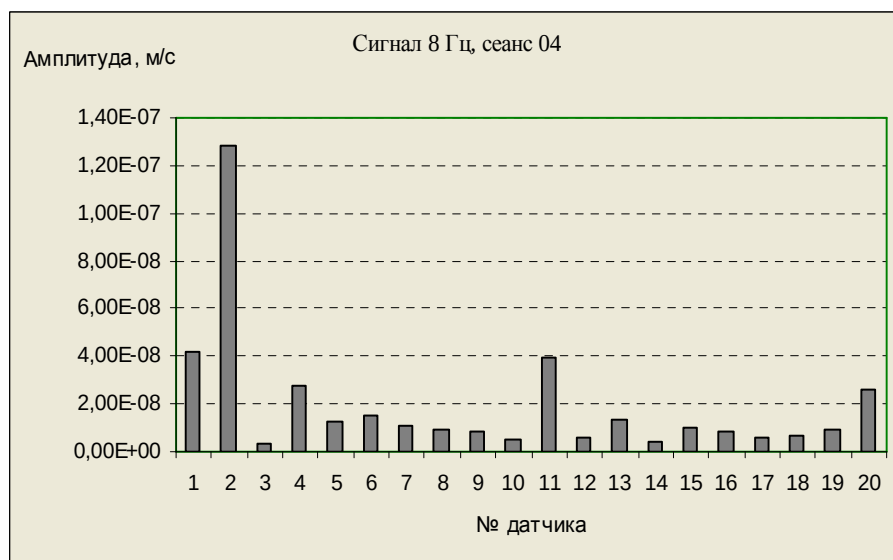
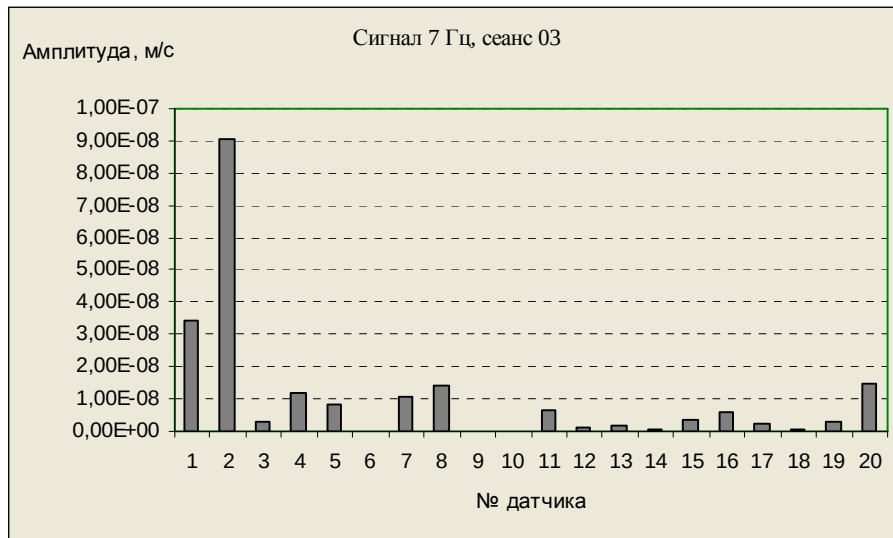
Профиль I (Мантуриха). Наиболее близкий к вибратору ЦВО-100 (6÷10 км), расположен по долине одноименной реки, приуроченной к субмеридиональному глубинному разлому, выделенному по гравиметрическим (Попов, 1963) и аэрогеофизическим (Шпильков, 1977) данным. Профиль проходит в основном по гнейсовидным гранитам γ_3PZ , гв.

Профиль II (Каменск) расположен в пади Еловка на расстоянии 38-39 км от вибратора, в 600 м западнее пос. Каменск. Располагается в субмеридиональном направлении (по дороге от железнодорожной магистрали в горный хребет). На северной половине профиль проходит по осадочным отложениям байкальской толщи юрского возраста. Общая схема эксперимента, план проведения эксперимента и результаты регистрации сейсмических сигналов представлены на информационно-вычислительной системе «Вибросейсмическое Просвечивание Земли» - сайт <http://opg.sccc.ru/db>. Для формирования таблиц и графиков амплитудных значений волнового монохроматического поля для всех профилей использованы инструменты информационно-вычислительной системы «Вибросейсмическое Просвечивание Земли». Все оценки получены для Z компоненты сейсмоприемников.

На рис. 1 представлены графики амплитудных значений волнового поля, формируемого монохроматическим зондирующим сигналом на профиле I (район реки Мантуриха). Расстояние источник – регистратор: 5,97 км. Представленные результаты показывают существенное различие величин амплитудных значений волнового поля. Дисперсия амплитудных оценок зависит от частоты зондирующего сигнала. Для частоты 7 Гц дисперсия оценок максимальна. Для частоты 8 Гц дисперсия уменьшается. Минимальная дисперсия соответствует частоте 9 Гц.

На рис. 2 представлены графики амплитудных значений волнового поля, формируемого монохроматическим зондирующим сигналом на профиле П. Расстояние источник – регистратор: 38.43 км. Представленные результаты показывают так же существенное различие величин амплитудных значений волнового поля. Структура волнового поля зависит от частоты зондирующего сигнала.

Для частоты 7 Гц только в пяти точках профиля мощности сейсмического поля достаточно для формирования оценок. Для частот 8, 9 Гц структура волнового поля представляет собой более монотонную функцию, и большинство число точек профиля фиксируют наличие волнового поля.



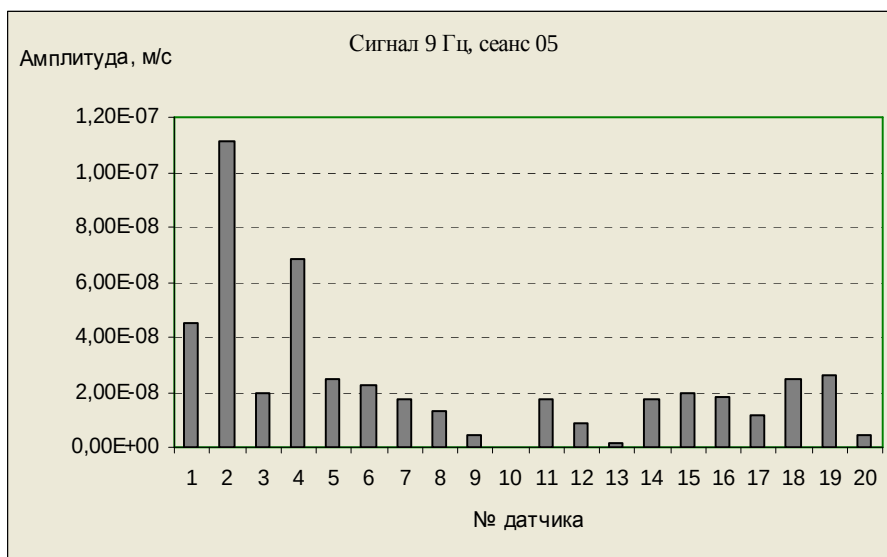
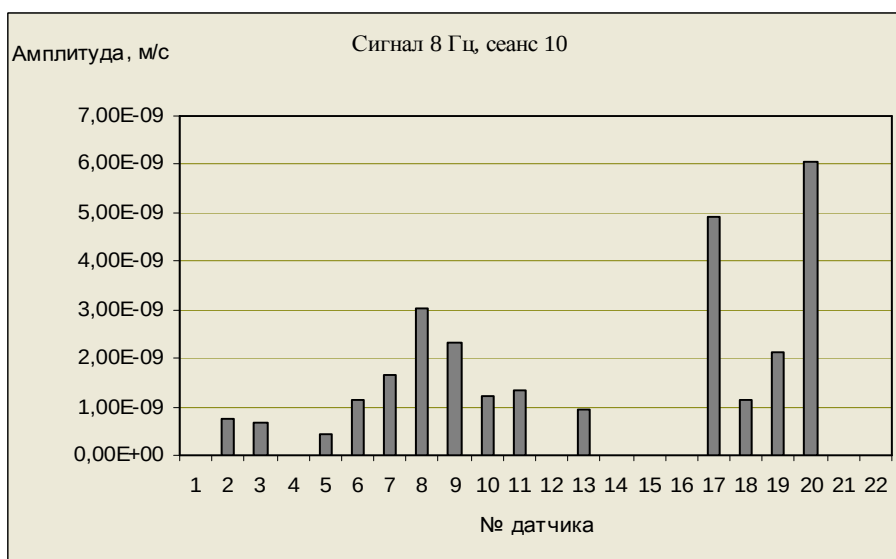
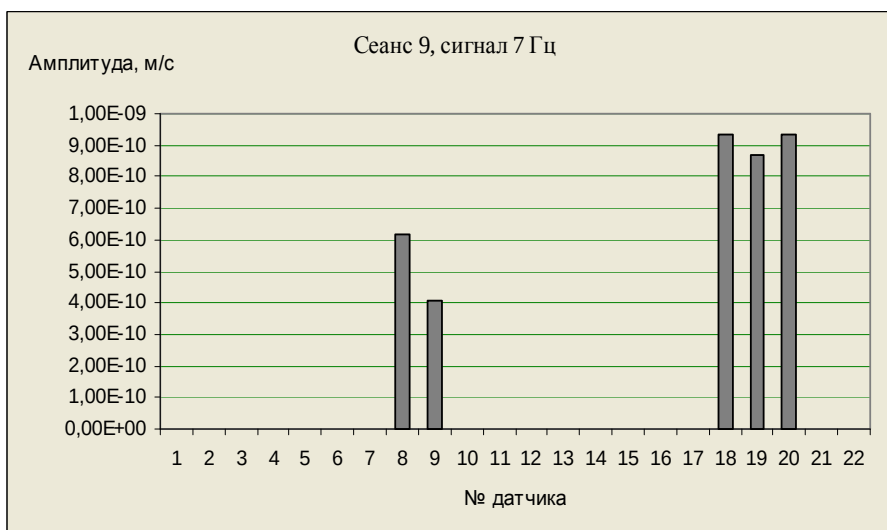


Рис. 1. Амплитудные значения волнового поля, формируемого монохроматическим зондирующим сигналом на профиле I



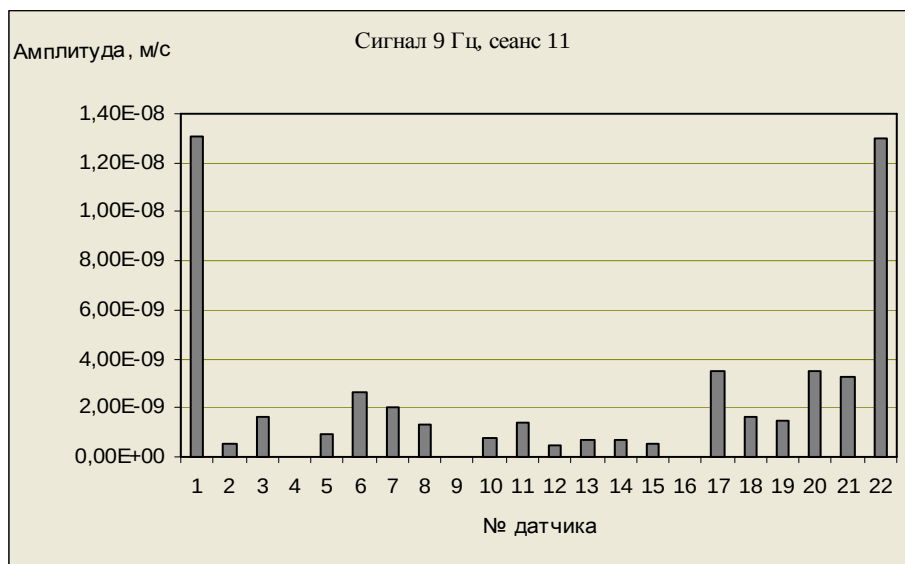


Рис. 2. Амплитудные значения волнового поля, формируемого монохроматическим зондирующим сигналом на профиле II

На рис. 3 представлены графики амплитудных значений волнового поля, формируемого монохроматическим зондирующим сигналом на профиле III. Расстояние источник – регистратор: 60,58 км. Представленные результаты показывают так же существенное различие величин амплитудных значений волнового поля. Структура волнового поля зависит от частоты зондирующего сигнала.

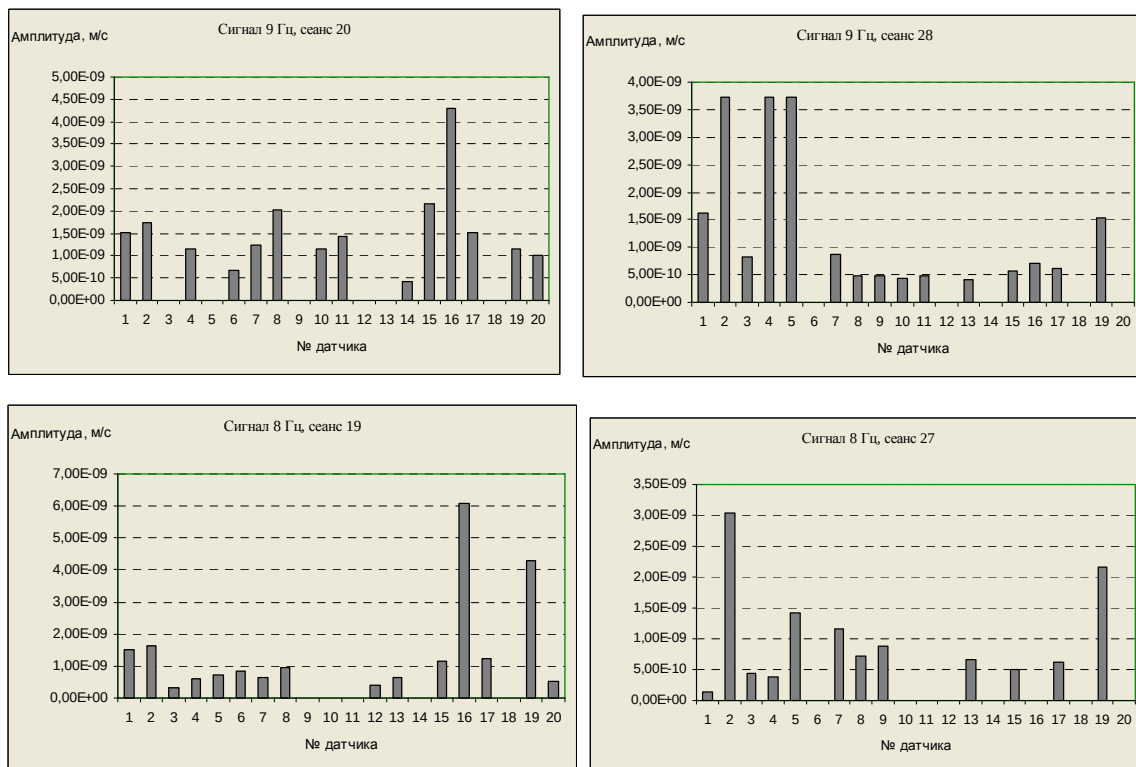


Рис. 3. Амплитудные значения волнового поля, формируемого монохроматическим зондирующим сигналом на профиле III

Выводы. Существенная изменчивость волнового поля, формируемого вибросейсмическим монохроматическим зондирующим сигналом, показывает высокую чувствительность этого метода при исследовании геодинамических свойств поверхности земли, и может быть использована для создания эффективного инструмента исследователя-геофизика.

Автор выражает благодарность всем участникам экспериментальных работ, усилия которых предоставили возможность исследования особенностей вибросейсмического поля и строения геологических структур в районе озера Байкал.

© С.А. Ефимов, 2011

УДК 004.75

Ю.И. Шокин, Н.Н. Добрецов, В.В. Смирнов, Д.Л. Чубаров

Институт вычислительных технологий СО РАН, Новосибирск

А.В. Калашников

Западно-Сибирский региональный центр приема и обработки спутниковых данных

ОРГАНИЗАЦИЯ И ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ОПЕРАТИВНОЙ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ TERRA/AQUA

В статье представлена система оперативной обработки данных оперативного спутникового мониторинга с платформ TERRA/AQUA, развернутой в Институте вычислительных технологий СО РАН. Рассмотрены вопросы организации систем автоматизированной обработки оперативных данных.

Y.I. Shokin, N.N. Dobretsov, V.V. Smirnov, D.L. Chubarov

Institute of Computational Technologies, SB RAS

A.B. Kalashnikov

West Siberian regional center for receiving and processing satellite data, Novosibirsk

SETUP OF AN ONLINE TERRA/AQUA DATA PROCESSING SYSTEM AND PRACTICAL EXPERIENCE

One of the key issues in automated data processing is to provide for consistent performance and reliability along the path from the direct readout system to long term storage of high level products. We outline the technical issues and solutions chosen for an automated satellite data processing system for the TERRA/AQUA platform installed at the Institute of Computational Technologies.

В настоящее время в Институте Вычислительных технологий СО РАН, в ходе выполнения ряда проектов, направленных на создание современной информационной поддержки и обеспечения данными от различных сенсоров, выполняющих регулярные наблюдения за окружающей средой, развернута автоматизированная система приема и обработки спутниковых данных, в том числе принимаемых в оперативном режиме.

В 2009 году, на базе информационно-вычислительных ресурсов ИВТ СО РАН и инфраструктуры приема Западно-Сибирского регионального центра приема и обработки данных, развернут комплекс по приему и обработке данных принимаемых с платформ Terra/Aqua. Инфраструктура Западно-Сибирского Регионального Центра по приему и обработке данных обеспечивает бесперебойный прием данных в режиме реального времени. Для приема данных с платформ Terra/Aqua задействованы две приемных станции MEOS-

POLAR ведущих прием и аппаратную распаковку потока данных в автоматическом режиме. Благодаря расположению приемного комплекса, обеспечивается прием данных покрывающих Сибирь, часть Дальнего Востока и Якутии, а также территории Урала и Центральной России включая часть Московского региона. Имеется возможность приема данных и с других активных в настоящее время платформ. Для решения задачи обработки поступающего потока данных, на базе информационно-вычислительной инфраструктуры ИВТ СО РАН, развернут вычислительный комплекс обработки потока “сырых” данных поступающих в ИВТ СО РАН по выделенному волоконно-оптическому каналу связи, связывающему институт с приемным комплексом (п. Новый). К настоящему времени реализована цепь алгоритмов, PGE (Product Generation Executable, NASA DRLab), обеспечивающих обработку “сырых” данных сенсора MODIS до продуктов уровня L2G/L3. Сборка и валидация вычислительного комплекса обработки данных MODIS была проведена в Центре космического мониторинга Алтайского государственного университета (Лагутин, 2007). При адаптации комплекса сотрудниками Института вычислительных технологий были добавлены программные компоненты для обеспечения режима потоковой обработки, а также компоненты автоматической архивации данных (Шокин, Добрецов, Смирнов 2010). Созданный вычислительный комплекс обеспечивает распределенную обработку данных в режиме реального времени, архивирование потока “сырых” данных. Для хранения поступающей информации и продуктов ее обработки используется система хранения данных ИВТ СО РАН, включающая в себя промышленную систему хранения данных EMC Clarion с подсистемой параллельного файлового доступа. Общий объем используемого системой дискового пространства в настоящее время составляет порядка 64Т. Объем ежедневного “продукта” составляет порядка 35-50Gb информации. Работа комплекса полностью автоматизирована и не требует вмешательства оператора, за исключением функций управления расписанием приема, корректировки параметров алгоритмов и контроля работы комплекса.

Функциональность системы постоянно расширяется, как за счет расширения списка продуктов обработки данных MODIS, так и за счет подключения к системе новых потоков данных. Так, с осени 2010 года, развернута обработка данных гиперспектрометра AIRS поступающих с платформы Aqua. Доступ к продуктам обработки обеспечивается подсистемой сервисов доступа к данным. Подсистема включает в себя набор HTTP/FTP ресурсов, а также интерфейсы доступа к данным с использованием технологий геосервисов (KML\KMZ, WMS).

Работа выполняется при поддержке проекта IV.31.2.1. Программы фундаментальных исследований СО РАН на 2010 - 2012 гг., Российского фонда фундаментальных исследований (грант 09-07-00103); Программы интеграционных фундаментальных исследований Президиума СО РАН (междисциплинарные проекты No.No. 4, 116, заказной проект No.9); Программы поддержки ведущих научных школ (грант НШ-931.2008.9).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Лагутин А.А., Никулин Ю.А., Жуков А.П., Лагутин А.А., Резников А.Н., Синицин В.В., Шмаков И.А. Математические технологии оперативного регионального спутникового мониторинга характеристик атмосферы и подстилающей поверхности ч. 1. MODIS// Вычислительные технологии. – 2007. – Т. 12. – № 2.
2. Шокин Ю.И., Пестунов И.А., Смирнов В.В. КОРПОРАТИВНАЯ ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА СО РАН ДЛЯ СБОРА, ХРАНЕНИЯ И ОБРАБОТКИ СПУТНИКОВЫХ И НАЗЕМНЫХ ДАННЫХ // Труды X Всероссийской конференции с участием иностранных ученых "Проблемы мониторинга окружающей среды (ЕМ-2009)". Кемерово, 27-30 октября 2009. Горный информационно-аналитический бюллетень. 2009. Вып. 2, т. 1 (т. 2)
3. Шокин Ю.И., Н.Н. Добрецов, В.В. Смирнов, А.А. Лагутин, В.Н. Антонов, А.В. Калашников Система информационной поддержки задач оперативного мониторинга на основе данных дистанционного зондирования // Тезисы докладов Восьмой открытой Всероссийской конференции "Современные проблемы дистанционного зондирования земли из космоса" (Москва, 15 - 19 ноября 2010 г.). М.: ИКИ РАН, 2010. – С. 40-41.

© Ю.И. Шокин, Н.Н. Добрецов, В.В. Смирнов, Д.Л. Чубаров, А.В.
Калашников, 2011

УДК 528.854.4

П.А. Калантаев, В.П. Пяткин

ИВМиМГ СО РАН, Новосибирск

КОНЦЕПЦИЯ SEMANTIC WEB В МОДЕЛИРОВАНИИ СЕНСОРНОЙ СЕТИ ПРИРОДНЫХ ЯВЛЕНИЙ

Semantic Web - это концепция эффективного объектно-ориентированного управления данными WWW с применением семантического анализа. В мировой практике сенсорные сети (Sensor Network – "сенсорнет") природных явлений конструируются в стандартах открытых систем на элементной базе WWW средствами Semantic Web. В статье представлен подход моделирования элементов сенсорных сетей средствами Semantic Web. В рамках этого подхода метамодель сенсорной сети включает в себя такие понятия, как устройство, сенсор устройства, конфигурируемые параметры сенсора и устройств, реконфигурация сети.

P.A. Kalantaev, V.P. Pyatkin

Institute of Computational Mathematics and Mathematical Geophysics of Siberian Branch of Russian Academy of Science, prospect Akademika Lavrentjeva, 6, Novosibirsk, 630090, Russian Federation

CONCEPT SEMANTIC WEB IN MODELLING OF THE SENSOR NETWORK OF THE NATURAL PHENOMENA

Semantic Web is concept of effective object-oriented data control WWW with application of the semantic analysis. In world practice Sensor Network ("SensorNet") the natural phenomena are designed in standards of open systems on element base WWW by means Semantic Web. In article the approach of modelling of elements of sensor networks is presented by means Semantic Web. Within the limits of this approach the metamodel of sensor network includes such concepts, as the device, the device sensor control, configured parametres of sensor control and devices, network reconfiguration.

1. Введение

Semantic Web - это концепция эффективного объектно-ориентированного управления данными WWW с применением семантического анализа. В мировой практике сенсорные сети (Sensor Network - "сенсорнет") природных явлений конструируются в стандартах открытых систем на элементной базе WWW средствами Semantic Web. В приложениях "сенсорнет" мониторинга окружающей среды основными сберегаемыми ресурсами являются пропускная способность и процессорное время узлов сети, затрачиваемое в основном на

коммуникации, а не на обработку или сохранение данных, что требует полного распределения вычислений по отдельным узлам – сенсорам сети.

Области применения сенсорных сетей. Автоматизация строений (“умный дом”). Системы безопасности; управление энергоснабжением; контроль HVAC (кондиционирование, вентиляция, отопление); мониторинг состояния окружающей среды внутри и снаружи; ретрансляторы для счетчиков газа, воды, электроэнергии; домашние системы безопасности.

Промышленный мониторинг. Мониторинг производственных процессов; удаленный мониторинг имущества и ценностей.

Экология и чрезвычайные ситуации. Мониторинг загрязнений окружающей среды; миграция животных, насекомых; лесные пожары и т.д.; спасение людей при чрезвычайных ситуациях.

Системы безопасности и оборона. Коммерческие системы безопасности (контроль периметров, определение вторжения, удаленное наблюдение); охрана военных объектов; отслеживание маршрутов движения войск, соединений; средства связи и боевой разведки;

Логистика. Отслеживание грузов, контейнеров; мониторинг упаковки, определение целостности товаров и грузов; обеспечение складского учета при перемещении товаров.

Здравоохранение и телемедицина. Физиологический мониторинг - сердечный ритм, кровяное давление, температура, уровень стресса и другие параметры жизнедеятельности; неотложная помощь; мониторинг персонала; контроль приема лекарств; забота о престарелых.

2. Архитектура сенсорной сети и функционирование системы

Для исследования выбрана типичная архитектура сенсорной сети "клиент - сервер - шлюз - сенсор", использующая XML - протокол интерфейса между модулями сети. Модуль-сенсор (включает один или несколько датчиков) производит измерения параметров среды, частичную обработку и связь с внешним миром. Блок связи с модулем-сенсором (шлюз) обеспечивает цифровую радиосвязь и управление сенсорами, сохранение и предоставление данных сенсоров по запросу "клиентов" и "сервера". Сервер эксперимента собирает данные с одного или нескольких шлюзов, обеспечивает формирование семантики данных и выдает данные по запросу с рабочих мест исследователей. Рабочее место исследователя ("клиент") обеспечивает управление системой, отображение, частичную обработку (семантики в том числе) и сохранение экспериментальных данных для детальной обработки. XML - протокол интерфейса между модулями сети обеспечивает универсальность и гибкость ПО управления сенсорной сетью, а также сжатие трафика с использованием априорной информации. Описание функционирования системы:

- Система опрашивает доступные шлюзы сети и определяет для них количество и тип устройств, с которыми есть связь;

- Для каждого найденного сенсора в семантической базе данных отыскивается его описание - параметры и ссылка на исполняемый код обработки данных с этого сенсора;

- Если данный частный тип сенсора не требует собственного кода обработки или код недоступен, будет использован код от более общего типа сенсоров (суперкласса), включающего данный подтип;
- По параметрам сенсоров, описанным в семантической базе данных, генерируется интерфейс пользователя, позволяющий настраивать эти параметры. При этом параметры также могут быть типизированы, что позволяет настраивать их в соответствии с их смыслом (например, контролировать граничные значения в соответствии с текущими значениями параметров внешней среды -температуры, влажности, освещенности и т.д.).

3. Семантическая база данных моделирования сенсорной сети

При разработке управляющей системы сенсорных сетей мониторинга окружающей среды предполагается множество различных типов модулей, отличающихся используемыми сенсорами и режимами работы. Сенсорные сети, с точки зрения области применения, являются частным случаем стандартизированных сетей мониторинга и контроля со сформировавшимися стандартами. В этих стандартах сенсоры разделяются на классы с возможностью для управляющей программы управлять сенсором, зная только его класс, независимо от его детальных технических характеристик. В проекте применена концепция моделирования элементов сенсорных сетей при помощи технологий Web-семантических (Semantic Web) баз данных [1]. Согласно концепции Semantic Web метамодель сенсорной сети включает в себя такие понятия, как устройство, сенсор устройства, конфигурируемые параметры сенсора и устройств, реконфигурация сети. Объекты Semantic Web в описании RDF представляются графом, элементы которого - как узлы, так и дуги являются URI (унифицированные идентификаторы ресурсов WWW). Поскольку URI глобально уникальны, они позволяют адекватно называть одни и те же предметы в разных местах Semantic Web, как объекты реального мира, так и абстрактные понятия, что позволяет совершенствовать и описывать на языке RDF [1] как модели, так и метамодели предметной области, при сохранении совместимости снизу вверх. Язык RDF (Resource Description Framework - модель описания метаданных) позволяет описывать не только предметную область сенсорной сети, но и прикладные предметные области (например, природных ресурсов). При этом программное обеспечение опирается на обобщенную (абстрактную) модель предметной области, расширяемую в модели описаниями допустимого набора сущностей конкретной области и их взаимодействий.

4. Карты Google Map для управления "сенсорнет"

Компания Google предоставляет Web-приложения Maps.Google для разработки программного "движка" сенсорной сети природных явлений, способного синхронизировать, объединять и выводить (на рабочее место исследователя) интегрированные данные сенсоров, совмещенные с цифровой картой местности. Google Maps API позволяет встраивать карты Google на веб-страницы при помощи JavaScript. API предоставляет ряд служебных программ для управления картами (как на веб-странице maps.google.com) и добавления

содержания на карту при помощи множества служб, что позволяет создавать на веб-страницах надежные картографические приложения. Хороший пример Maps.Google "движка" сенсорной сети общественного транспорта Новосибирска - maps.nskgortrans.ru, показывающей на карте, в текущий момент, местоположение транспортных средств городских маршрутов. Google Maps API v3(2009г.) дает возможности разрабатывать приложения на JavaScript Maps API для мобильных устройств с браузерами с поддержкой JS для iPhone, устройств на базе Android и сервисом геокодирования. Maps.Google "движок" сенсорной сети способен реализовать функции мобильной ГИС для изучения определенного мобильного объекта на местности, легко переключаясь с "глаз" одной мобильной ГИС на сенсорные системы другой мобильной ГИС, совмещая возможности различных аппаратов и цифровой интерактивной карты местности. Подобная система, с применением оболочки Google Earth, названная объединенным универсальным программным "движком" (FUSE), использует программные и аппаратные средства, позволяющие вывести данные с множества различных источников на один экран. Система поддерживает разнотипные сенсоры, включая датчики наземных движущихся целей, электронно-оптические и инфракрасные системы, радиолокационные станции с синтезированной апертурой (SAR) [3, 4].

5. Заключение

В связи с ограниченностью вычислительных ресурсов в реализации запросов данных "сенсорнет" становится выгодным полное распределение вычислений по отдельным узлам -сенсорам: сеть становится своего рода машиной баз данных, запрос к которой составлен из компонент запроса локальных данных сенсоров. Каждый сенсор сохраняет и обрабатывает непрерывно свой компонент запроса. СУБД "сенсорнет" автоматически изменяет план запроса при отключении или выходе из строя сенсоров и интегрирует информацию. При этом для СУБД "сенсорнет" требуется встроенная поддержка неточных данных с применением для обработки запросов вероятностной, недетерминированной модели с накоплением фактов и самоусовершенствованием ответов на запросы с выдачей пользователю оценки уровня релевантности неточного ответа. На текущем этапе проекта разрабатывается Maps.Google "движок" для СУБД лабораторной сенсорной сети природных явлений, поставляющей управленческую информацию о текущем и прогнозируемом состоянии природной среды и экологии с целью принятия решений по предотвращению катастроф и катаклизмов. На следующем этапе проекта разработанное ПО планируется адаптировать к сенсорной сети мониторинга загрязнений окружающей среды Новосибирского Академгородка. Работа выполнена частично при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, проект № 10-07-00131-а.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. П.А. Калантаев. Семантическая организация пространственных данных. // В сборнике трудов Международной Конференции "ИНТЕРКАРТО - ИНТЕРГИС 11 Устойчивое развитие территорий: теория ГИС и практический

опыт" 25 сент.-3 окт. 2005 г., Ставрополь-Домбай-Будапешт, изд-во СГУ, 2005 г., с.92-96.

2. П.А. Калантаев, В.П. Пяткин. Web-семантическая сенсорная сеть мониторинга окружающей среды // Сборник материалов VI Международного научного конгресса "ГЕО-Сибирь-2010", 19-29 апреля 2010, Новосибирск, Россия, т.4, ч.1. "Дистанционные методы зондирования земли и фотограмметрия, мониторинг окружающей среды, геоэкология", с. 97-101.

3. Jessica D. Lundquist, Daniel R. Cayan and Michael D. Dettinger. Meteorology and Hydrology in Yosemite National Park. A Sensor Network Application. F. Zhao and L. Guibas (Eds.): IPSN 2003, LNCS 2634, pp. 518-528, 2003. c Springer-Verlag Berlin Heidelberg 200.

4. CNews.ru: Новое ПО объединит данные с беспилотников в оболочке Google Earth, 29.03.2011

© П.А. Калантаев, В.П. Пяткин, 2011

УДК 519.652

П.А. Ким

ИВМиМГ СО РАН, Новосибирск

ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ МАСШТАБИРУЕМОЙ МОДЕЛИ РЕЛЬЕФА

Исходно масштабируемая модель рельефа, задается конструктивно как интегральная гладкая аппроксимация ступенчатой модели рельефа, определяемой дискретным множеством опорных точек, в которых задается усредненная высота ступенек, проекции которых определяют разбиение-покрытие опорной горизонтальной области задания рельефа. Поскольку поверхность модели выбирается из условия минимальности ее площади, то ее уравнение должно удовлетворять уравнению Пуассона с константной правой частью для каждого площадного элемента. Работа частично поддержана грантом РФФИ 10-07-00131.

P.A. Kim

Institute of Computational Mathematics and Mathematical Geophysics SB RAS
6, prospect Akademika Lavrentjeva, Novosibirsk, 630090, Russian Federation

DIFFERENTIAL REPRESENTATION OF SCALED MODEL OF THE RELIEF

Initially the scaled model of the relief as integrated smooth approximation of step model of the relief defined by discrete set of reference points in which the average height of the steps which projections define splitting-covering of basic horizontal domain specifying the relief is structurally designed. As far as the model surface gets out from the condition of a minimality of its area then the function should satisfy to the Poisson equation with a constant right part for each splitting element.

Подавляющая часть жизнедеятельности человечества проистекает на земной поверхности. Даже космические технологии неразрывно связаны с определением местоположения тех или иных объектов на Земле. В этой связи, понятно, что многообразие, порой противоречивых требований к формальной модели земной поверхности, создает непреодолимую преграду на пути создания единственной универсальной модели. Измерение объемов выбранного грунта в открытых карьерах, имеющих протяженность более 40 километров, и вызванные тем самым изменения рельефа, осушение акваторий, прокладка дорог, определение зон радиовидимости, оценка освещенности, как фактора развития биоценоза – все эти задачи используют свои формализации рельефа. В настоящей работе представленная модель рельефа также не претендует на глобальное решение задачи описания поверхности, но должна рассматриваться

как очередной технологический этап в процессе обеспечения отдельных функциональных потребностей жизнеобеспечения. Таким образом, требования к формальной строгости модели земной поверхности не являются критическими с точки зрения ее применимости и не препятствуют разработке алгоритмов практической направленности [1-4].

Масштабируемая модель $f(x, y)$ строится на основе ступенчатой модели рельефа, задаваемой высотами ступенек над участками разбиения. Когда поверхность задана уравнением $z = f(x, y)$, то площадь поверхности вычисляется по формуле $S = \iint_G \sqrt{(f'_x)^2 + (f'_y)^2 + 1} dx dy$. здесь G - проекция

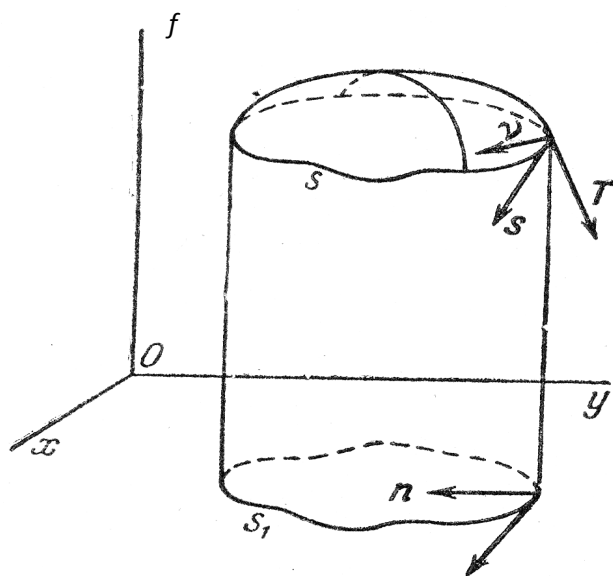
поверхности S на плоскость xOy . Искомой поверхностью выберем решение, имеющее минимальную площадь всей поверхности, и удовлетворяющее граничным условиям по границе области. При этом на каждом участке разбиения должно сохраняться равенство объема над участком разбиения «объему соответствующей ступеньки». То есть, для каждого участка выполнено $(\forall i) \iint_{G_i} f(x, y) dx dy = S_{G_i} \times h_{G_i}$ где, S_{G_i} - площадь соответствующего

участка, а h_{G_i} - усредненное значение высоты для данного участка. Также и интеграл по всей территории, должен равняться сумме объемов конечного числа разбиений. при минимальности площади обтягивающей поверхности.

$$\iint_G f(x, y) dx dy = \sum_i S_{G_i} \times h_{G_i}$$

Искомая функция выбирается по минимальной площади поверхности из класса/семейства непрерывных функций, у которых объем (или интеграл по элементу разбиения равен объему соответствующей ступеньки.

Известно, что минимальная поверхность отвечает уравнению Пуассона $\Delta f(x, y) = k$ для напряженной мембраны-пленки, где $\Delta = \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2}$ - оператор



Лапласа или лапласиан, k - константа, а мембрана - очень тонкое твердое тело, натянутое равномерно по всем направлениям. Пусть в спокойном состоянии она расположена в плоскости xOy . Будем предполагать, что эта пленка столь тонка, что не сопротивляется изгибу. В изогнутом состоянии уравнение ее будет $f = f(x, y)$. Какой бы участок S этой мембраны мы ни выделили, будем считать, что со стороны остальной части мембраны на этот участок действует направленное по нормали к контуру

равномерно распределенное натяжение T , лежащее в касательной плоскости к мембране [5].

В этом случае поверхность масштабируемой модели рельефа задается гладко-сопряженными решениями уравнений Пуассона с правыми частями k_i в свою очередь, задающими другую ступенчатую функцию. Будем называть такие поверхности пуассоновскими. Таким образом, ступенчатой функции через переход к пуассоновской поверхности соответствует также ступенчатая функция заданная на той же области определения, с тем же разбиением покрытия. Следовательно, к этой ступенчатой поверхности возможно вновь применить описанное преобразование. Предполагается, что этот процесс сходится к поверхности задаваемой уравнением Лапласа, т. е. к поверхности гармонической функции.

С другой стороны, если мы будем уменьшать размеры площадей участков разбиения, то мы придем к уравнению Пуассона для произвольной правой части. Таким образом, всякая поверхность приближается последовательностью пуассоновских поверхностей. Поскольку решение дифференциального уравнения может привести к аналитически непредставимым функциям, то представляет несомненный интерес исследование прямого и обратного преобразования Пуассона, устанавливающих соответствия между функциями и их лапласианами.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Соболев С.Л. Уравнения математической физики. М. Наука, 1966, 443с.
2. Ким П.А. ГЕНЕРАЦИЯ ПРОФИЛЕЙ МАСШТАБИРУЕМОЙ МОДЕЛИ РЕЛЬЕФА. // Труды VI Международного научного конгресса «ГЕО-Сибирь-2010», 19-29 апреля 2010, Новосибирск, Россия, т.4, ч.1. «Дистанционные методы зондирования Земли и фотограмметрия, мониторинг окружающей среды, геоэкология», с. 107-110.
3. Ким П.А. МИНИМИЗАЦИЯ ПОВЕРХНОСТИ ДЕФОРМИРУЕМОГО ТЕЛА // Международный симпозиум "Образование, наука и производство:..." (Комсомольск - на- Амуре, 26-28 октября 2010 года): В 5 т. Т.4, ГОУ ВПО "КнАГТУ", 2010. стр.261-264
4. Ким П.А. ПОЛИДУГА КАК ЭЛЕМЕНТ КОНСТРУИРОВАНИЯ ПРОФИЛЕЙ МАСШТАБИРУЕМОЙ МОДЕЛИ РЕЛЬЕФА. // Труды Международного научного конгресса «ГЕО-Сибирь-2007», 25-27 апреля 2007, Новосибирск, Россия, т.3 «Дистанционные методы зондирования Земли и фотограмметрия, мониторинг окружающей среды, геоэкология», с.188-192.
5. Ким П.А. Порождение геометрических объектов итерационным способом. Труды 15 Международной конференции по компьютерной графике и ее приложениям ГрафиКон"2005. 20-24 июня 2005 года Россия Новосибирск Академгородок, ИВМиМГ СО РАН стр.216-223

УДК 528.852

В.С. Сидорова

ИВМиМГ, Новосибирск

АНАЛИЗ МНОГОСПЕКТРАЛЬНЫХ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ПОКРОВА ЗЕМЛИ С ПОМОЩЬЮ ГИСТОГРАММНОГО ИЕРАРХИЧЕСКОГО КЛАСТЕРНОГО АЛГОРИТМА¹

Анализируется приложение гистограммного иерархического алгоритма к многоспектральным данным дистанционного зондирования. Предложен алгоритм оптимизация выбора детальности кластеризации для подобластей пространства признаков.

V.S. Sidorova

Institute of Computational Mathematics and Mathematical Geophysics SB RAS
(IofCMandMG),

6 Lavrentjev avenu 6, Novosibirsk, 630090, Russian Federation

MULTISPECTRAL REMOTE SENSING DATA ANALYSIS FOR THE EARTH COVER WITH THE HISTOGRAM HIERARCHICAL CLUSTERING ALGORITHM

Exhibit of histogram hierarchical clustering algorithm to remote sensing data is analyzed. The technique for an optimization of minuteness choice for sub regions of feature space is proposed.

Для анализа многоспектральных спутниковых данных, когда обучающие образцы трудно или невозможно получить, актуален подход распознавания, основанный на неконтролируемой классификации [1]. Особенно привлекателен гистограммный алгоритм Нарендры [2]. Быстрый и непараметрический, этот алгоритм разделяет векторное пространство признаков по унимодальным кластерам, модальные векторы которых соответствуют локальным максимумам, а границы долинам гистограммы. Для регулирования детальностью кластеризации в алгоритме Нарендры осуществлялось предварительное квантование дискретного векторного пространства. Однако выбор числа уровней квантования не был автоматизирован. В [3] был предложен иерархический алгоритм для автоматического выбора детальности в зависимости от кластерной делимости.

В настоящей работе рассмотрено развитие иерархического алгоритма, использующего оценку делимости кластеров в процессе кластеризации.

¹ Работа выполнена частично при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 10- 07-00131).

Алгоритм дополнен выбором этапов иерархии для кластеров, минимизирующим их среднюю разделимость.

Параметром детальности кластеризации является число уровней квантования векторного пространства, обозначим его n . В [4] были предложены меры разделимости распределения, как среднее по всем кластерам, и разделимости каждого унимодального кластера, определенная как отношение плотности векторов на его границе к плотности модального вектора. Эта мера разделимости кластера не зависит от остальных кластеров. Для иерархического алгоритма в качестве меры разделимости распределения в целом по K кластерам также возьмем среднюю разделимость M_K :

$$M_K = \frac{1}{K} \sum_{j=1}^K m^j(n^j). \quad (1)$$

где $m^j(n^j)$ разделимость кластера j .

Но n^j теперь – это набор чисел уровней квантования, полученный при построении K кластеров, а не одно, общее для всех значение. Всегда $m^j(n) \leq 1$ и $M_K \leq 1$. Иерархический алгоритм находит сначала число уровней квантования, при котором получается новая система объединенных квантованием векторов такая, что ее унимодальные кластеры наилучшим образом разделены, изменяя n от 0 до $n1 < 256$. Затем внутри каждого полученного кластера начальное значение n увеличивается на единицу от полученного на предыдущем этапе. И в новом диапазоне алгоритм находит свое лучшее кластерное распределение и новое число уровней, и так далее. Для минимизации M_K предлагается осуществлять возврат к предыдущему этапу иерархии для определенной части данных. Когда n достигнет или станет больше заданного $n1$ ($n1 < 256$) при делении всех кластеров, начиная от старшего этапа иерархии в обратном порядке, последовательно сравниваются значения средней меры разделимости (1) группы кластеров, полученных делением родительского кластера и меры разделимости самого родительского кластера. В результате окончательной классификации получается распределение данных по кластерам, представленных с дифференцированной детальностью в соответствии со степенью их разделимости.

Рассмотрим фрагмент изображения земной поверхности, охватывающий части Западной Сибири и Казахстана; получен со спутника NOAA 24 апреля 2003г. Изображение пятиспектральное: сканировано в двух диапазонах видимой части спектра, в трех инфракрасных - 3.7 мкм, а также 11 и 12 мкм.

Сначала рассмотрим классификацию по двум каналам: ближнему инфракрасному и голубому видимого спектра. Снимок в цветосовмещенном формате на рис.1а. Вверху изображения - тающие снега, внизу – оттаявшая поверхность почти без снега. По диагонали вниз от города Омска река Иртыш.

На первом этапе иерархии было найдено число уровней квантования $n=8$, для которого мера (1) достигла минимума $M_K=0.18$ в диапазоне изменения n : $0 < n < 256$. Количество кластеров 3. Полученный минимум соответствует лучшей классификации для алгоритма без иерархии. Между тем, новый иерархический

алгоритм обнаружил кластерное распределение с лучшей разделимостью кластеров по мере (1). Лучшая классификация иерархического алгоритма соответствует минимуму меры (1) $M_K=0.06$, число кластеров $K=13$. Минимум получен для четвертого этапа иерархии. При этом число уровней квантования n для заснеженной области достигло $n = 23$, а для оттаявшей $n = 48$. Для сравнения отметим, что достижение наибольшей детальности ($n = 48$) без иерархии приводит к 55 кластерам и значению меры разделимости (2) $m(n)=0.43$.

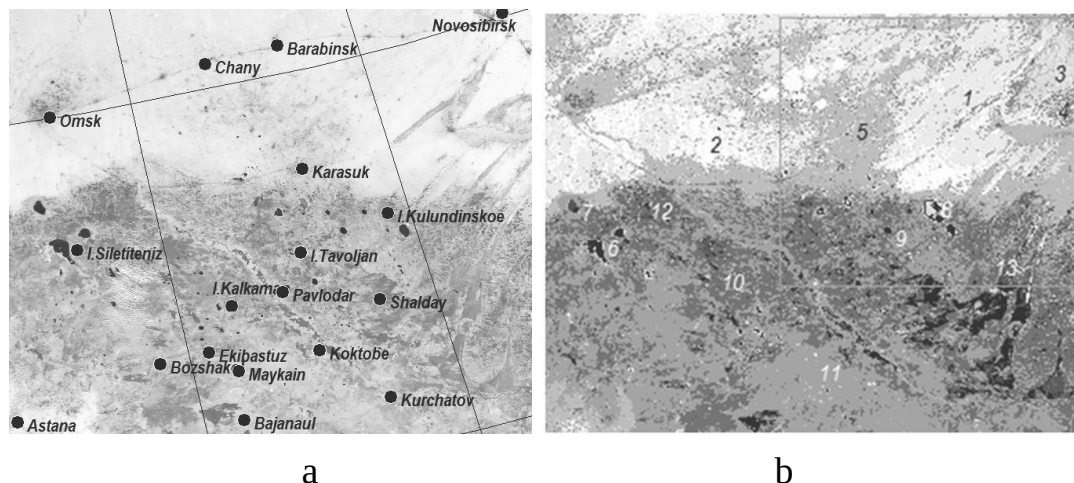
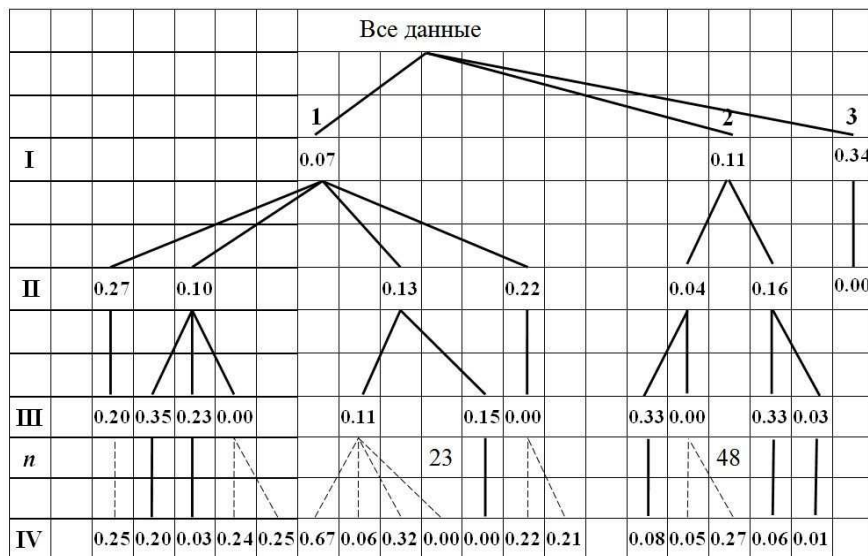


Рис. 1. а) Фрагмент спутникового снимка. б) Карта автоматической кластеризации иерархическим алгоритмом:

1, 2 – тающий снег; 3, 4 – хвойный лес под снегом; 5 – не сплошной снежный покров; 6, 7, 8, 9 – озера; 10 – снег местами; 11, 12 – снега нет; 13 – хвойный лес

В табл. 1 показано полученное иерархическое дерево. Сплошными линиями обозначены те ветви, которые были оставлены при минимизации средней меры (1). Если разделимость кластера оказывалась меньше, чем разделимость (1) всей совокупности его подкластеров на последнем этапе иерархии, то он оставлялся на том этапе, где сам был получен. На рис. 1б полученная кластерная карта. Кластер 2 выделил озеро Чаны под снегом, к кластеру 4 относятся диагональные полосы Сузунских ленточных боров. Кластер 11, видимо, связан с высотой рельефа, его границы на карте близки к границам Казахского мелкосопочника.

Таблица 1. Иерархическое представление кластеров. Римские цифры нумеруют этапы иерархии, арабские показывают разделимость каждого кластера



Рассмотрим классификацию по пяти спектральным каналам. На рис. 2 представлены изображения фрагмента в пяти спектральных каналах.

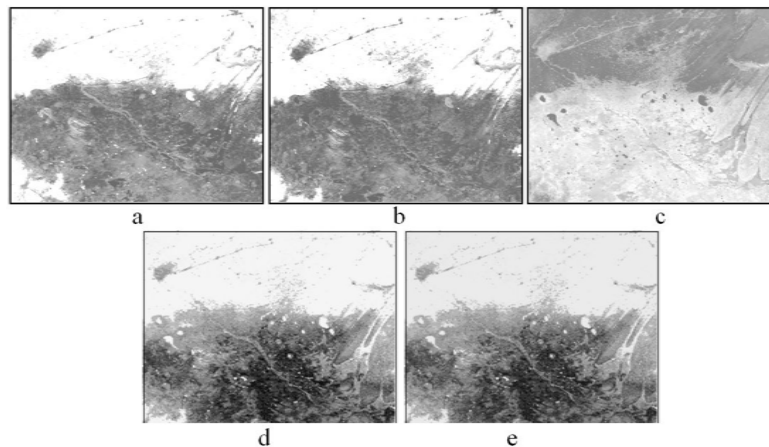


Рис. 2. а), b) диапазоны видимой части спектра, с) ближний инфракрасный 3.7 мкм, d) инфракрасный 11 мкм, е) инфракрасный 12 мкм

Лучшая классификация, соответствующая минимуму меры (3) $M_K = 0.02$ получена на третьем этапе иерархии. Число кластеров $K=15$. Карта кластеров представлена на рис. 3а. Достижение полученной детальности оттаявшей части ($n = 16$) основным алгоритмом (без иерархии) приводит к 58 кластерам вместо 15 и значению меры разделимости (2) $m(n)=0.18$.

Для снегов (в выделенном фрагменте) видно хорошее соответствие с классификацией схемы рис. 3б, полученной Гидрометцентром (также три кластера).

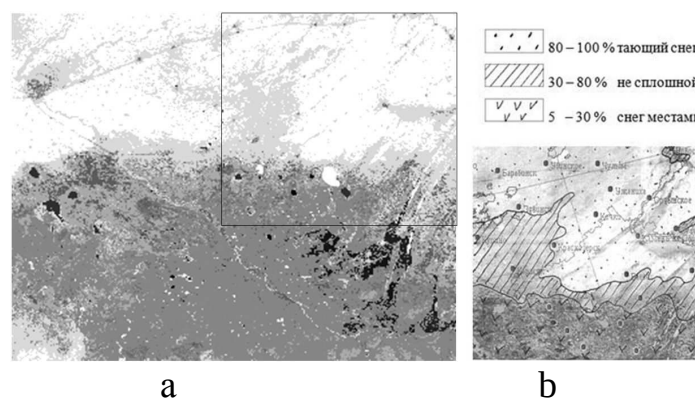


Рис.3.а) Карта автоматической кластеризации пятиспектрального снимка, б) классификация тающего снега в указанном на рис. 3а квадрате; выполнена Гидрометцентром

Представим более детальную кластеризацию самого крупного кластера оттаявшей поверхности. Этот кластер распадается на ряд подкластеров. Появился новый большой подкластер, отличающийся также и хорошей разделимостью. При достижении $n = 22$ его разделимость уменьшилась до нуля. На рис. 4а показана новая карта. (Достижение полученной детальности ($n = 22$) основным алгоритмом по всему объему данных приводит к 260 кластерам).

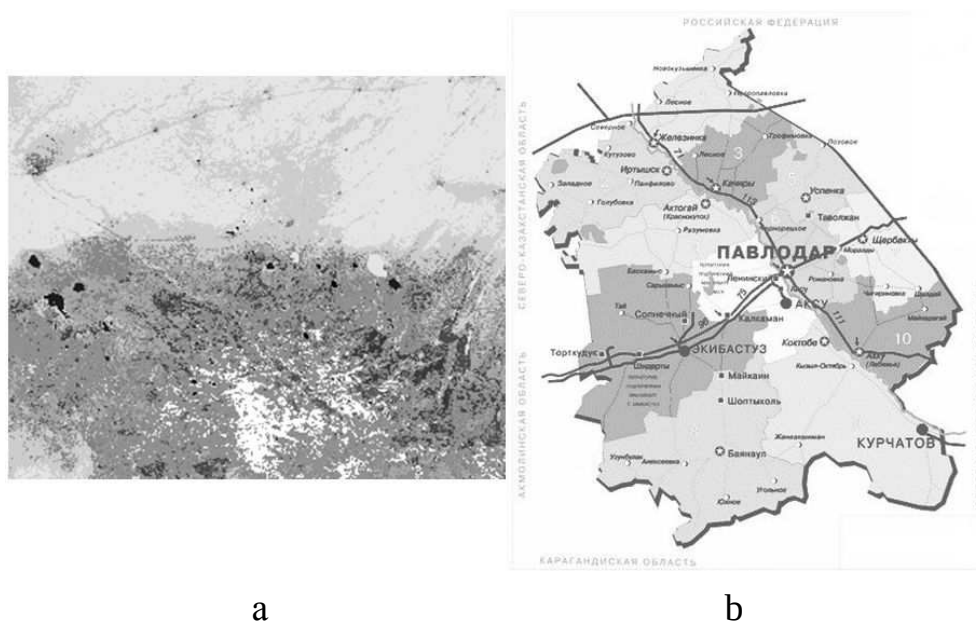


Рис. 4. а) Карта детальной кластеризации оттаявшей области пятиспектрального снимка. б) картосхема Павлодарской области.

Выделенный кластер (показан белым цветом на рис.3а) отражает поведение данных для спектральных каналов среднего инфракрасного диапазона на рис. 2d и 2e. Классификация по двум каналам не нашла соответствующего кластера. Интересно отметить, что его размещение на кластерной карте совпадает с разработками полезных ископаемых. Карта Павлодарской области показана на рис. 4б (Интернет). Экибастуз, Баянаул -

центры угледобычи открытым способом. Также известны и другие разработки цветных металлов и угля Казахстана слева от Иртыша: Майкаин, Шоптыколь, Коктобе. Справа от Иртыша ведется добыча природных строительных материалов и некоторая обработка угля и руды. Автомобильные и железные дороги соединяют берега. Поселок Бозшаколь на запад от Экибастуза по железной дороге также известен как пункт добычи полезных ископаемых открытым способом.

Эти пункты нанесены на спутниковое изображение рис. 1 и хорошо попадают в область полученного кластера. В озерах Калкаман и Таволжан ведется добыча соли, южнее городов Курчатова и Семипалатинска в Восточном Казахстане добыча цветных металлов. Возможно, нарушение почвенных покровов как-то влияет на изменение спектральных характеристик инфракрасного диапазона в областях разработок.

Новый иерархический алгоритм позволяет дифференцированно подойти к различным областям многоспектральных данных. Сравнение с прямым алгоритмом при анализе земной поверхности показывает, что новый алгоритм существенно сокращает число кластеров, улучшая их соответствие информационным классам земного покрова. Алгоритм позволяет выбирать границы исследуемых объектов, подробно и выборочно исследовать структуру данных в автоматическом и интерактивном режимах.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. P. Gong & P.J. Howarth. An assessment of some factors influencing multispectral land-cover classification. // Photogrammetric Engineering and Remote Sensing. 1990 56(5), pp. 597-621.
2. Narendra P.M. and Goldberg M. A non-parametric clustering scheme for LANDSAT. // Pattern Recognition. – 1977. – 9. P. 207.
3. В.С. Сидорова. Иерархический кластерный алгоритм для данных дистанционного зондирования. // Вестник Бурятского государственного университета. 2010/9. - Вып. «Математика и информатика», с. 125-130.
4. Сидорова В.С. Оценка качества классификации многоспектральных изображений гистограммным методом. // Автометрия. – 2007. – Том 43. – № 1. – С. 37–43.

© В.С. Сидорова, 2011

УДК 551.511.61

Т.В. Ярославцева, В.Ф. Рапута

ИВМиМГ СО РАН, Новосибирск

АНАЛИЗ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ РАЗМЕРОВ ЧАСТИЦ В ПОЛЯХ ВЫПАДЕНИЙ ВУЛКАНИЧЕСКОГО ПЕПЛА

Предложена модель оценивания размеров частиц пепла на различных удалениях от источника вулканического извержения. На данных натурных исследований отложений тефры в окрестностях вулкана Чикурачки (о. Парамушир, Курильские острова) проведено численное восстановление полей характерных размеров выпавших из атмосферы частиц.

T.V. Jaroslavtseva, V.F. Raputa

Institute of Computational Mathematics and Mathematical Geophysics, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences prospect Akademika Lavrentjeva, 6, Novosibirsk, 630090, Russia

ANALYSIS OF PARTICLE SIZE DISTRIBUTION IN FIELDS LOSS VOLCANIC ASH

A model estimating the size of the particles of ash at different distances from the source of the volcanic eruption. In these field studies of tephra deposits in the vicinity of the volcano Chikurachki (Paramushir, Kuril Islands), a numerical reconstruction of fields of characteristic size of particles precipitated from the atmosphere.

Введение

Дифференциация выбрасываемого во время вулканических извержений материала существенно зависит от интенсивности этих извержений и определяется протекающими взрывными процессами. При сильных вулканических взрывах происходит внезапный выброс газов, либо интенсивное истечение газовой струи, что обеспечивает растрескивание и измельчение вытекающих пород. Пирокластический материал, подвергаясь воздействию ветров, разносится на сотни и тысячи километров от вулкана. Мощности пепловых накоплений на расстояниях десятков километров могут достигать дециметров и метров [1].

Поведение частиц различного размера в воздушной среде далеко не одинаково, что приводит к дифференциации пирокластического материала в процессе взрывных вулканических извержений. Установленные закономерности его выпадений могут быть использованы для рациональной классификации обломков. В частности, баллистические исследования позволяют установить путь движения крупных обломков пород, вероятную начальную скорость движения и т.д., что важно для правильного понимания и

анализа проблемы рассеивания обломочного материала вокруг вулкана. Для описания процессов распространения и выпадения пеплового материала следует привлекать модели, учитывающие высоты туч, направление и скорость господствующего ветра, данные наблюдений о рассеивании частиц [1, 2].

1. Результаты экспериментальных исследований отложений пепла в окрестностях вулкана Чикурачки (о. Парамушир, Курильские острова)

Вулкан Чикурачки (1816 м) - третий по высоте вулкан Курильских островов и самая высокая точка о. Парамушир. Чикурачки является одним из наиболее активных вулканов Курильской дуги. Мощные плинианские извержения за исторический период происходили дважды - в 1853 и 1986 г. Максимальная абсолютная высота эруптивной колонны по спутниковым данным и наблюдениям пилотов самолетов достигала 10.5-11 км (SEAN, 1986). Спутниковые изображения показывают для этого периода извержения распространение пеплового шлейфа на расстояние до 400 км от вулкана [2].

Для получения количественных данных о динамике плинианских стадий извержений 1853 и 1986 гг. были изучены их пирокластические отложения. Пирокластика плинианских стадий извержений 1853 и 1986 гг. представлена преимущественно тефрой, которая, благодаря широкому распространению и большой толщине, хорошо сохранилась в разрезах почвенно-пирокластического чехла. Отложения тефры извержений 1853 и 1986 гг. очень похожи. Результаты измерений размеров частиц тефры в зонах выпадений приведены на рис. 1. Гистограммы гранулометрического состава одномодальны. Отложения хорошо сортированы. Средний размер частиц тефры и суммарная мощность слоя уменьшается с удалением от вулкана. Тефра 1853 г. несколько грубее и лучше сортирована, чем тефра 1986 г. [2].

Изопахиты и изоплеты тефры каждого извержения образуют сильно вытянутые эллипсы: 1853 г. на СВ и 1986 г. на ЮВ (рис. 1). Это свидетельствует о том, что во время плинианских стадий обоих извержений ветер был сильным и его направление существенно не менялось. Последнее косвенно указывает также на то, что плинианские стадии были непродолжительными (условно менее суток).

2. Модель оценивания размеров частиц тефры

Результаты проведённых экспедиционных исследований показали, что выпадение пепла в исследуемых зонах о. Парамушир, в основном, произошли в составе крупных фракций частиц, обладающих весьма значительными скоростями оседания в атмосфере. Данное обстоятельство даёт возможность ограничиться при построении модели реконструкции полей выпадений кинематической схемой оседания частиц пепла в направлении оси x , совпадающей с горизонтальным направлением ветра. В этом случае справедливо следующее соотношение

$$\frac{H}{w} = \frac{x}{U} . \quad (1)$$

Здесь H - эффективная высота подъёма факела, w - скорость оседания в атмосфере определённой фракции частиц, x – расстояние от вулкана, на котором

происходит выпадение рассматриваемой фракции на подстилающую поверхность, U - средняя скорость ветра в слое оседания.

Турбулентную диффузию частиц в поперечном к ветру направлении опишем следующим выражением [3, 4]

$$f(x, y) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma(x)} e^{-\frac{y^2}{2\sigma^2(x)}}, \quad (2)$$

где $\sigma^2(x)$ – горизонтальная дисперсия частиц, характеризующая ширину облака частиц в перпендикулярном среднему ветру направлению.

Для непрерывно действующего источника в случае лёгкой примеси интерполяция $\sigma^2(x)$ имеет вид [4]

$$\sigma^2(x) = \frac{\overline{v^2} \cdot (x/U)^2}{1 + x/2UT_L}. \quad (3)$$

Здесь v – пульсация скорости ветра в поперечном к оси x направлении, T_L – лагранжев временной масштаб.

Из соотношения (3) вытекает, что при относительно небольших x , $\sigma^2(x) \sim x^2$. Для больших же удалений от источника $\sigma^2(x) \sim x$. При оседании облака тяжёлых частиц горизонтальная дисперсия σ^2 зависит не только от расстояния до источника, но и от скоростей оседания этих частиц в атмосфере. В частности, для относительно больших x справедливо соотношение [4, 5]

$$\sigma^2 \rightarrow kx^{2\omega}, \quad (4)$$

где k - некоторый коэффициент пропорциональности, $\omega \geq 0.5$.

С использованием соотношения (1) и формулы Стокса $w = cd^2$ для скоростей оседания частиц в атмосфере [3] для диаметров d частиц пепла имеют место соотношения

$$d = \sqrt{\frac{w}{c}} = \sqrt{\frac{HU}{cx}}. \quad (5)$$

Тогда с учётом (1)-(5) размер частиц со скоростью оседания w , выпавших в точке (x, y) , можно описать с помощью соотношения

$$P(x, y, \vec{\theta}) = \theta_1 x^{\theta_2} \exp\left(-\frac{\theta_3 y^2}{x^{2\omega}}\right), \quad (6)$$

$$\text{где } \theta_1 = \sqrt{\frac{kHU}{2\pi c}}, \quad \theta_2 = -\omega - 0.5, \quad \theta_3 = \frac{1}{2k}.$$

Оценка неизвестного вектора параметров $\vec{\theta}$ проводится с использованием метода наименьших квадратов [6]. Минимизируется следующий функционал

$$J(\vec{\theta}) = \sum_{j=1}^M \left[D_j - P(x_j, y_j, \vec{\theta}) \right]^2 \rightarrow \min_{\vec{\theta} \in \Omega}. \quad (7)$$

Здесь D_j наиболее характерный измеренный размер частиц, выпавших в точке (x_j, y_j) , Ω - область допустимых значений вектора $\vec{\theta}$.

Замечание. Используя свойства функции $P(x, y, \vec{\theta})$, поиск минимума функционала (7) удобнее проводить в два этапа. Сначала по данным измерений размеров частиц по оси следа (т. е. при $y=0$) определить параметры θ_1, θ_2 , а затем уже выполнить оценивание параметра θ_3 по точкам наблюдений, расположенных на периферии следа.

3. Численное восстановление зон выпадений частиц тефры одинакового размера от извержений вулкана Чукурачки 1853 и 1986 гг.

На основе имеющихся данных наблюдений и модели (6) по ограниченному числу опорных точек была проведена реконструкция следа выпадений, представленная на рис. 1, 2.

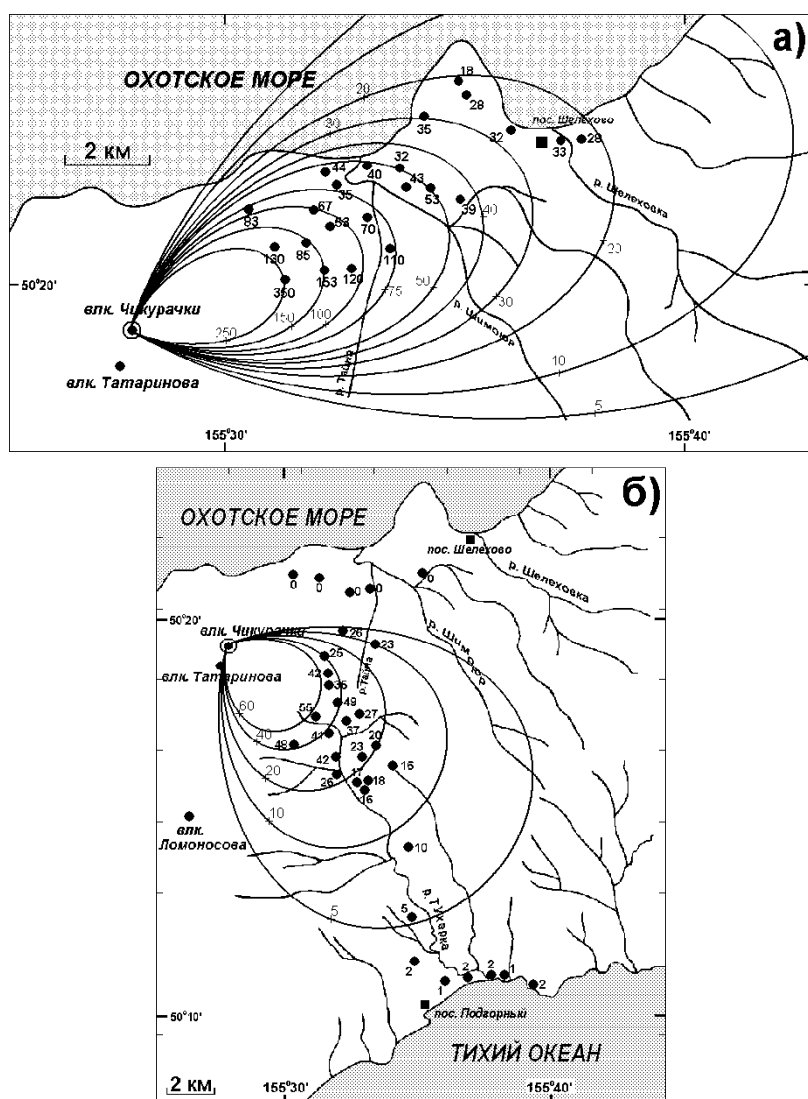


Рис. 1. Схемы отбора проб тефры в окрестностях вулкана Чукурачки: извержение 1853 г. (а), извержение 1986 г. (б). Восстановленные по модели (6) изоплеты (линии равного максимального размера частиц) тефры плинианских стадий извержений вулкана Чукурачки. ● - точки пробоотбора, цифры рядом – размеры частиц (мм)

В соответствии с замечанием оценивание параметров θ_1 , θ_2 с помощью модели (6) в обоих случаях проводилось по трём опорным точкам измерений, достаточно близко расположенных к осям пеплопадов. Для оценивания параметров θ_3 также использовались по три опорные точки измерений, расположенных на различных расстояниях от осей. Оценки параметров θ_2 оказались довольно близкими для обоих извержений. Оценки же θ_3 заметно отличаются, что объясняется различием в скоростях ветра во время извержений. Соответственно это отличие проявилось в меньшей вытянутости изолиний на рис. 1б относительно оси. Анализ рис. 2 показывает вполне удовлетворительное согласие между измеренными и численно восстановленными значениями размеров частиц тефры в точках отбора проб, прилегающих к осям пеплопада.

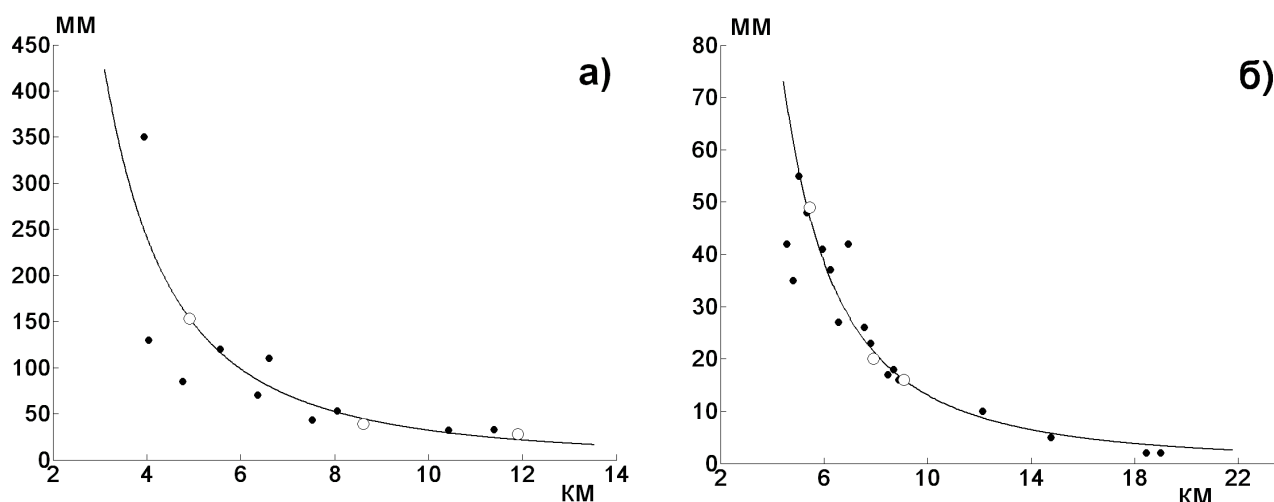


Рис. 2. Измеренные и численно восстановленные размеры частиц тефры по осям пеплопадов: извержение 1853 г. (а), извержение 1986 г. (б) ○ - опорные точки, ● - контрольные точки наблюдений

Следует отметить, что для восстановления поля выпадений может быть использовано весьма ограниченное число точек измерений. Это создаёт определённые преимущества при анализе имеющихся данных.

Работа выполнена при финансовой поддержке Программы фундаментальных исследований Президиума РАН № 4.4, ИП СО РАН № 84.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Лучицкий, И.В. Основы палеовулканологии / И.В. Лучицкий - М.: Наука, 1971. – Т. 1. - 480 с.
2. Белоусов, А.Б. Исторические извержения вулкана Чикурачки (о. Парамушир, Курильские острова) / А.Б. Белоусов, М.Г. Белоусова, С.Ю. Гришин, П.В. Крестов // Вулканология и сейсмология. - 2003. - № 3. - С. 15-34.
3. Берлянд, М.Е. Современные проблемы атмосферной диффузии и загрязнения атмосферы / М.Е. Берлянд. - Л.: Гидрометеиздат, 1975. - 448 с.
4. Динамическая метеорология. / Под ред. Д.Л. Лайхмана. Л.: Гидрометеиздат, 1976. 608 с.

5. Смит Ф.Б. Турбулентное рассеяние облака тяжёлых частиц // Атмосферная диффузия и загрязнение атмосферы / Под ред. А.С. Мони́на. М.: ИЛ, 1962. С. 217-235.

6. Успенский А.Б., Федоров В.В. Вычислительные аспекты метода наименьших квадратов при анализе и планировании регрессионных экспериментов. М.: Изд-во МГУ, 1975. 168 с.

© Т.В. Ярославцева, В.Ф. Рату́та, 2011

УДК 551.465+519.63

А.В. Щербаков

Югорский НИИ информационных технологий, Ханты-Мансийск

В.В. Малахова

ИВМиМГ, Новосибирск

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ВЕРТИКАЛЬНОГО РАЗРЕШЕНИЯ НА ВРЕМЯ УСТАНОВЛЕНИЯ ЗАДАЧИ ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ ГЛОБАЛЬНОГО КЛИМАТА ОКЕАНА

В работе представлена трехмерная квазигеострофическая численная модель климата Мирового океана. В конечно-разностной формулировке используется неравномерная по глубине расчетная сетка, сгущающаяся к поверхности океана, и равномерная широтно-долготная пятиградусная и трехградусная сетки. Обсуждаются результаты численных экспериментов, показывающих свойства численной модели глобального климата в зависимости от вертикального разрешения, анализируется время достижения установившегося состояния океана, которое изменяется от 1750 до 14340 лет и зависит от вертикального разрешения.

A.V. Scherbakov

Ugra Research Institute of Information Technologies, Deputy Director,

Khanty-Mansisk, Mira str., 151, Russia

V.V. Malakhova

Institute of Computational Mathematics and Mathematical Geophysics of SB RAS,
prospect Akademika Lavrentjeva, 6, Novosibirsk, 630090, Russia

STUDYING OF THE VERTICAL RESOLUTION INFLUENCE ON THE TIME TO EQUILIBRIUM REACH IN THE GLOBAL OCEAN NUMERICAL MODEL

A three-dimensional quasigestrophical numerical model of a climate of the World ocean is presented. In a finite difference form the irregular, condensed to the surface of ocean grid in vertical and the regular five-degree and three –degree latitude-longitude grids is used. Results of the numerical experiments showing properties of numerical model of a global climate depending on the vertical resolution are discussed, time of achievement of the stable state of ocean, which changes from 1750 till 14340 and depends on the vertical resolution, is analyzed.

Представленная в настоящей работе упрощенная квазигеострофическая модель глобального океанского климата [1], предназначена для длительных климатических экспериментов, которые имеют временной масштаб от нескольких тысяч до сотен тысяч лет. Ее привлекательной особенностью является то, что уравнения движения, как и уравнение состояния и

неразрывности, не имеют производных по времени, эволюционными являются только уравнения для температуры и солёности. Данное упрощение чрезвычайно повышает экономичность численного алгоритма решения задачи по сравнению с традиционно используемыми в океанологии более полными моделями общей циркуляции. Для решения линеаризованных на временном интервале уравнений переноса тепла и соли используются схемы неявной аппроксимации. Это снимает ограничение на величину шага по времени вблизи Северного полюса, где шаг по долготе стремится к нулю, и позволяет использовать обычную широтно-долготную сетку.

В работе исследуется влияние схемной диффузии (вязкости) по вертикали на рассчитываемые климатические поля температуры, солёности и течений в зависимости от вертикального разрешения. На пятиградусной широтно-долготной сетке проведены численные эксперименты с 12, 24, 36, 72, 144 и 288 расчетными вертикальными уровнями. Для вертикальной сетки с 24 уровнями проведен эксперимент с разрешением три градуса в горизонтальной плоскости. Исследуется зависимость модельного времени достижения установившегося состояния климата океана в зависимости от вертикального разрешения.

Начиная с неподвижного однородного океана с постоянной температурой 3.62°C и солёностью 34.73 ‰, решается задача о формировании крупномасштабных климатических полей температуры, солёности и течений в Мировом океане под действием сезонно изменяющихся на поверхности океана температуры, солёности и напряжений трения ветра.

Акватория Мирового океана аппроксимируется на равномерной сетке с шагом пять и три градуса по долготе и широте со смещением относительно экватора и боковой границы на половину шага. Северная граница расчетной области поднята до Северного полюса так, что первые расчетные точки лежат на круге широты 87.5°с.ш. [2]. В Южном полушарии область ограничена берегом Антарктиды.

Так как у поверхности океана происходят наиболее резкие изменения искомых характеристик по глубине, в вертикальном направлении вводится неравномерная сгущающаяся к поверхности сетка для более подробного описания слоя термоклина. Сетка задается со сгущением узлов у поверхности по формуле: $\eta = \sqrt{z + \alpha}$, $\alpha \ll H$, где $H = 5000\text{ м}$ - максимальная глубина дна. При этом в переменной η сетка является равномерной, а в переменной z шаги сетки изменяются, например, при 12 уровнях от минимального 103.8 м до максимального 729.5 м, а при 288 уровнях соответственно от 1.8 м до 32.9 м.

Так как для решения уравнений переноса тепла и соли используется разностная схема второго порядка аппроксимации по горизонтальным переменным и первого порядка аппроксимации по вертикальной переменной, была проведена серия экспериментов по исследованию влияния вертикальной схемной вязкости на разностное решение. Был также проведен эксперимент по уменьшению пространственного шага сетки до 3 градусов по широте и долготе.

Известно, что в случае использования симметричной аппроксимации вертикальных адвективных слагаемых в случае грубого пространственного

разрешения, даже если осцилляции разностного решения отсутствуют за счет неравномерности вертикальной сетки, получающееся разностное решение может качественно меняться при уменьшении шага сетки, [3, 4].

Проведены численные эксперименты с 12, 24, 36, 72, 144 и 288 расчетными уровнями до установившегося состояния. Все эксперименты начинались с одинакового однородного по температуре и солёности начального состояния T^0 , S^0 . На рис. 1 сравнивается изменение по времени глобально осредненной температуры Мирового океана в зависимости от разрешения. Графики состоят из мгновенных осредненных по пространству значений зимней температуры, взятых через 10 лет. Численные эксперименты показывают, что время достижения равновесного состояния зависит от вертикального разрешения.

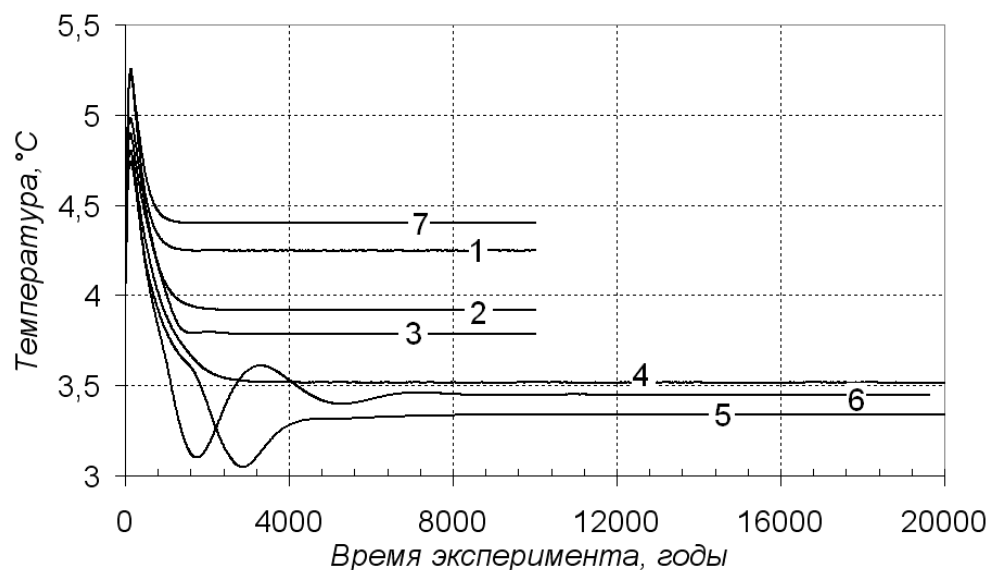


Рис. 1. Изменение по времени средней за 100 лет зимней температуры океана для экспериментов с разным разрешением, номера линий соответствуют следующим экспериментам: 1 - 12/5, 2 - 24/5, 3 - 36/5, 4 - 72/5, 5 - 144/5, 6 - 288/5, 7 - 24/3 (в названии эксперимента N/M, N-количество уровней по вертикали, M - шаг в градусах по горизонтали)

При увеличении разрешения по вертикали от 12 до 144 расчетных горизонтов значение средней температуры монотонно уменьшается от 4.24° до 3.34° . Это происходит за счет уменьшения вертикальной схемной вязкости

$$\kappa_{\Delta z} = \frac{1}{2} \left(w_k^+ \Delta z_{k-1} - w_k^- \Delta z_k \right), \quad \Delta z_k = z_k - z_{k-1}, \quad w_k^\pm = \frac{1}{2} (w_k \pm |w_k|).$$

Максимальное значение коэффициента схемной диффузии почти в 50 раз превышает коэффициент вертикальной турбулентной диффузии в эксперименте с 12 уровнями. Улучшение разрешения практически пропорционально снижает максимальное значение коэффициента схемной диффузии. Однако значения коэффициента, сравнимые с физической диффузией, достигаются только на сетках со 144 и 288 уровнями по вертикали. Несмотря на это, результат численного моделирования, уже при 24 и 36 расчетных горизонтах вполне удовлетворителен. Анализ поведения коэффициента схемной диффузии на

меридиональной плоскости показывает, что наибольшие его значения находятся в высоких широтах, где велика вертикальная скорость из-за деления на $\sin \theta$.

Если учесть, что средняя температура Мирового океана по данным измерений [5], составляет 3.62°C , то можно сказать, что при увеличении разрешения имеется сходимость средней температуры модельного Мирового океана к ее истинному значению, рис.1. Однако при увеличении разрешения по вертикали до 72 и 144 расчетных горизонтов, средняя температура океана продолжает уменьшаться и становится равной 3.52° и 3.34°C , что уже меньше истинного значения и, возможно, указывает на заниженные значения коэффициента вертикальной турбулентной диффузии тепла и соли. Но при дальнейшем увеличении разрешения до 288 расчетных горизонтов по вертикали среднее значение температуры увеличилось до 3.45° . Видимо, если есть такая сходимость, то она не монотонна, и к меньшему значению, чем дают данные наблюдений.

Следует заметить, что уменьшение шага пространственной разностной сетки от 5° до 3° при 24 уровнях по вертикали привело к заметному ухудшению моделируемых полей температуры и солёности. Например, температура глубокого океана стала такой же, как на пятиградусной сетке с 12 расчетными горизонтами, а в слое 1500-5000 м стала хуже, чем на пятиградусной сетке. Это, видимо, говорит о том, что уменьшение шага сетки по горизонтали должно сопровождаться соответственным уменьшением коэффициентов горизонтальной диффузии.

Основные характеристики крупномасштабной циркуляции океана, полученные в экспериментах с различным вертикальным разрешением, качественно похожи. Расход Антарктического циркумполярного течения (АЦТ) получился наибольшим в случае 3-х градусной сетки – 149,6 Св, на пятиградусной сетке для 12 горизонтов он равен 102,2 Св и уменьшается до 53.4 Св в эксперименте с 288 горизонтами. Возможно, это связано с более точной аппроксимацией рельефа дна при увеличении разрешения и более точном вычислении интегралов, входящих в формулу для определения расхода АЦТ.

Во всех пяти экспериментах, с 12, 24, 36, 72, 144 и 288 горизонтами рассчитанное поле температуры хорошо согласуется с данными наблюдений и качественно не меняется с изменением вертикального разрешения. На рис.6 приведена зонально-средняя температура для 12, 36 и 288 расчетных горизонтов, результаты вариантов с 24, 72 и 144 горизонтами выглядят аналогично и не приводятся. Структура поля солёности не столь реалистична по сравнению с температурой, в целом модельная солёность вод занижена, особенно в глубинной части океана по сравнению с данными наблюдений, [5].

Следует отметить, что при разрешении 288 горизонтов в поле солёности появилась качественно новая деталь – язык промежуточных слабосоленых антарктических вод, который распространяется вплоть до экватора, это изолиния со значением 34.45 промилле. При более грубом разрешении эти промежуточные антарктические воды опускаются до дна, что приводит к формированию более пресных вод глубинных слоев океана. Существенно менее

солёная глубинная вода, полученная во всех экспериментах, возможно, связана с отсутствием в поверхностных данных в высоких широтах обеих полушарий более холодных и солёных вод, [6].

Итак, сформулируем основные выводы.

- Время достижения установившегося состояния океана изменяется от 1750 до 14340 лет. Оно зависит от вертикального разрешения и тем больше, чем большее число расчетных уровней используется.

- Значения вертикального коэффициента схемной диффузии при грубом разрешении по вертикали существенно превышает значение коэффициента вертикальной турбулентной диффузии. Вертикальная схемная диффузия при грубом разрешении по вертикали увеличивает температуру глубокого океана на 1-2 градуса.

- Увеличение вертикального разрешения до 24, 36 горизонтов по вертикали позволяет получить достаточно приемлемый результат при моделировании крупномасштабного климата океана.

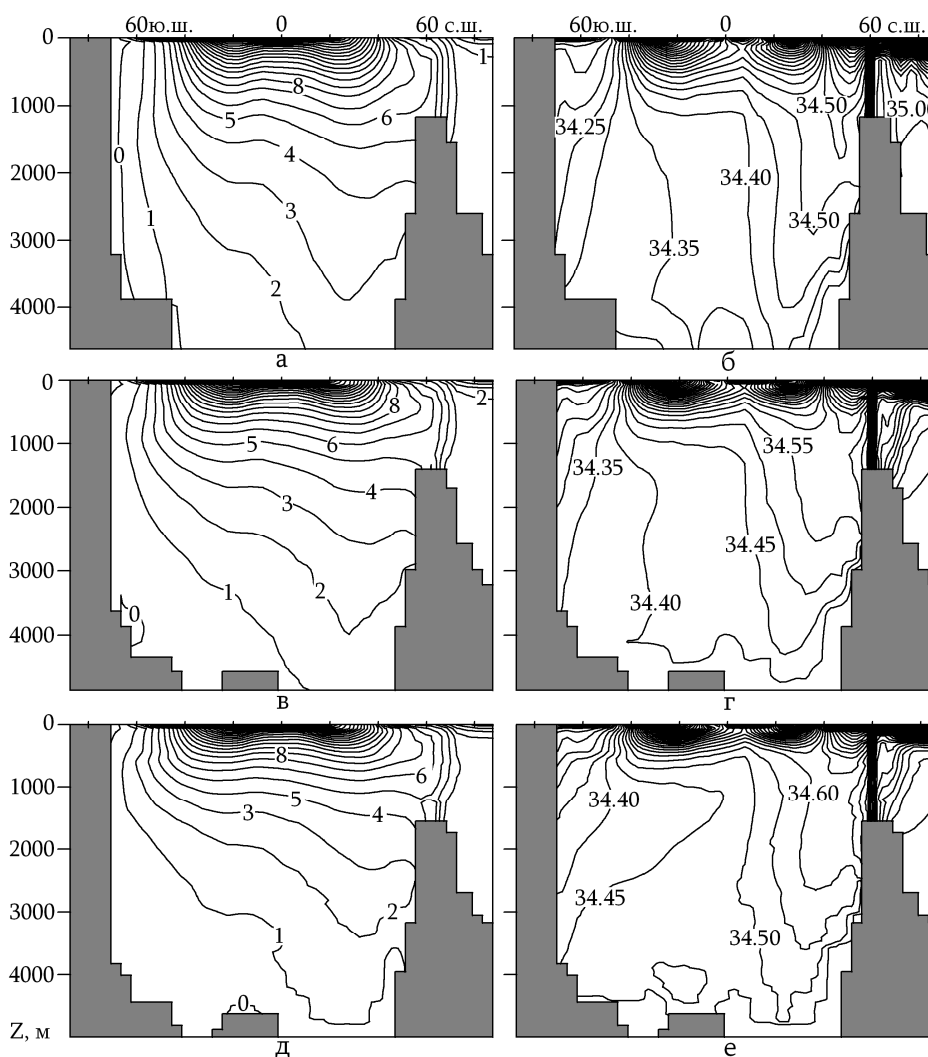


Рис. 2. Зонально-среднее распределение: а, в, д - температуры (в градусах Цельсия); б, г, е - солёности (в промилле) при разрешении 12 (а, б), 36 (в, г) и 288 (д, е) расчетных горизонтов

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Щербаков А.В. Численное моделирование глобального климата океана. [Текст] / А.В. Щербаков, В.В. Малахова // Новосибирск, 2008. 159 с.
2. Щербаков А.В. Численная модель Мирового океана с учетом Ледовитого океана. [Текст] / А.В. Щербаков, В.В. Малахова, Е.Н. Анцыз // Препринт ВЦ СО АН СССР. № 1055. 1995. 29 с.
3. Щербаков А.В. Экстраполяция Ричардсона на неравномерной сетке в задаче адвективно-диффузионного переноса [Текст] / А.В. Щербаков, В.В. Синяговская // Труды ВЦ СО РАН. Сер. Численное моделирование в задачах атмосферы, океана и окружающей среды, 1993. № 1. С. 47-59.
4. Weaver A. On the importance of vertical resolution in general circulation models [Текст] / A. Weaver, E.S. Sarachik // J. Phys. Oceanogr. 1990. V. 20. P.600-609.
5. Levitus S. World Ocean Atlas 1994 [CD-ROM resource] / S. Levitus // CD-ROM Data Set: U.S. Department of Commerce, National Oceanic and Atmospheric Administration, National Environmental Satellite Data and Information Service, National Oceanographic Data Center, Ocean Climate Laboratory, 1994.
6. Cai W. Circulation driven by observed surface thermohaline fields in a coarse resolution ocean general circulation model [Текст] / W. Cai // J. Geoph. Res. 1994. V. 99. C5. P.10163-10181.

© А.В.Щербаков, В.В. Малахова, 2011

УДК 519.6+519.246+551.5

В.А. Огородников, А.А. Ильина

ИВМиМГ СО РАН, Новосибирск

ЧИСЛЕННОЕ СТОХАСТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ НЕСТАЦИОНАРНЫХ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ

Рассматривается численная стохастическая модель совместных нестационарных временных рядов температуры воздуха и модуля скорости ветра трехчасового разрешения с учетом реальной зависимости от времени параметров одномерных распределений и корреляционных функций. Для аппроксимации эмпирических распределений температуры используются распределения в виде смесей двух гауссовских распределений, а для модуля скорости ветра – смеси двух гамма-распределений. Численное моделирование основано на методе обратных функций распределения и спектральном разложении корреляционных матриц. По модельным выборкам исследуются статистические свойства длительных неблагоприятных сочетаний рассматриваемых метеорологических величин, а также статистические свойства погрешностей оценивания соответствующих характеристик по реальным данным в условиях ограниченного объема выборки.

V.A. Ogorodnikov, A.A. Ilina

Russian Academy of Sciences Mathematical Department

Novosibirsk Scientific Centre (SB RAS)

Institute of Computational Mathematics and Mathematical Geophysics (ICMMG)

6 Lavrentieva, Novosibirsk, 630090, Russian Federation

NUMERICAL STOCHASTIC SIMULATION OF NON-STATIONARY METEOROLOGICAL TIME SERIES

The numerical stochastic model of joint non-stationary time series of air temperature and wind speed modulus of three-hour time resolution with actual time variation of the parameters of one-dimensional distributions and correlation functions is considered. For the distributions of temperature mixtures of two gaussian distributions, and for the wind speed modulus mixtures of two gamma-distributions are used. The numerical simulation is based on a method of inverse distribution functions and spectral decomposition of correlation matrices. The statistical properties of long adverse combinations of the meteorological parameters are investigated with the help of modeling samples. Some statistical properties of the estimation errors of the corresponding characteristics with when the sample volume is small are also investigated.

Работа посвящена построению стохастической модели двух совместных нестационарных рядов, а именно, температуры воздуха и модуля скорости ветра на основе данных реальных наблюдений. В модели учитывается суточная и внутрисезонная нестационарность рассматриваемых процессов. Данные наблюдений представлены в виде синхронных рядов приземной температуры воздуха и модуля скорости ветра за период с 1966 по 2000 годы на метеостанции «Астрахань». Рассматривался интервал времени с 20 января по 1 марта (для високосных лет – по 29 февраля). Используются данные с трехчасовым разрешением, т.е. в каждом сутках имеется восемь измерений температуры и модуля скорости ветра, таким образом длина каждого ряда составляет 320 элементов.

Для построения стохастической модели этих совместных рядов используются оценки распределений вероятностей каждого элемента ряда и совместная корреляционная матрица. Ниже приведены результаты оценивания рассмотренных характеристик по реальным данным. Периодичность и нестационарность реального процесса наиболее четко проявляется в изменениях во времени средних значений и дисперсий температуры воздуха. Соответствующие графики приведены на рис. 1. Сходное поведение наблюдается и для характеристик модуля скорости ветра.

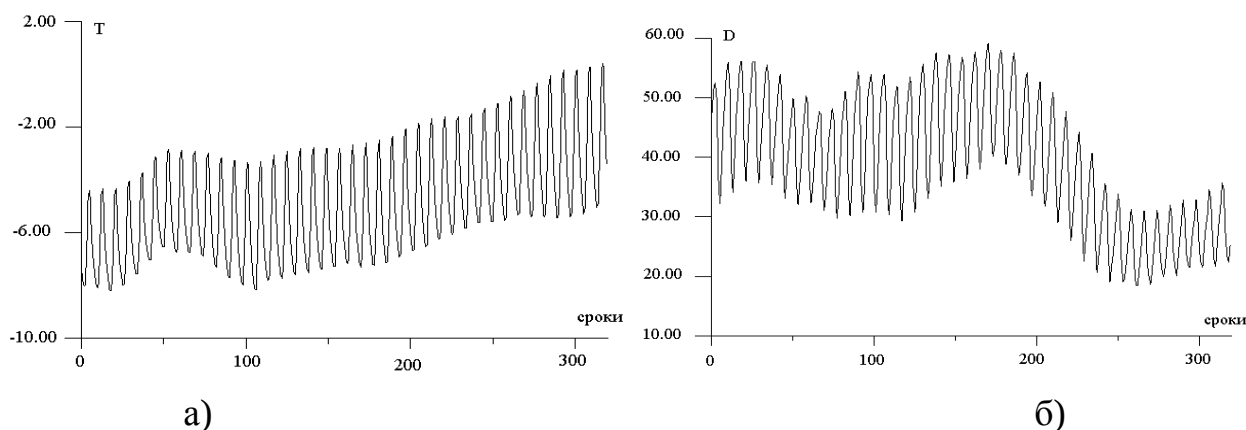


Рис. 1. Изменения по времени средних значений а) и дисперсий б) температуры воздуха (шаг $\Delta t = 3$ часа, интервал наблюдения 40 суток)

На рис. 2 приведены графики изменения средних многолетних значений модуля скорости ветра в течение суток. График 1 соответствует 23 января, а график 2 соответствует 24 февраля. На этом рисунке также приведены границы статистической погрешности для этих оценок (3 и 4 соответственно).

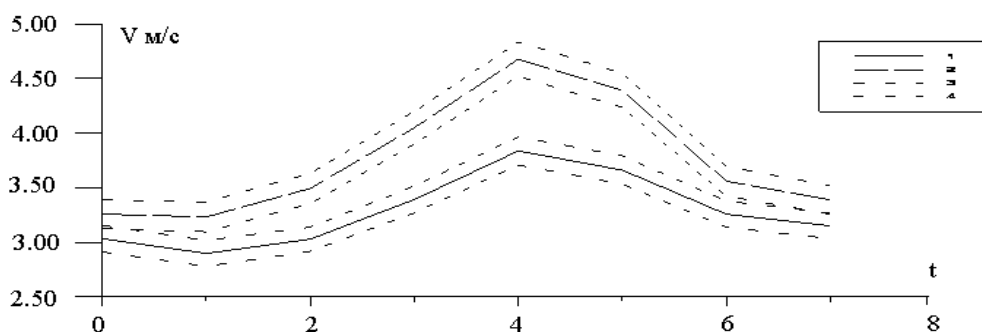


Рис. 2. Средние значения модуля скорости ветра в течение суток.

Из приведенных рисунков видно, что временные ряды температуры приземного воздуха и модуля скорости приземного ветра испытывают существенный суточный ход и внутрисезонные изменения. Следует отметить, что суточный и внутрисезонный ход испытывают не только средние значения и дисперсии, но также и характеристики, связанные с моментами более высоких порядков. На рис. 2 в качестве примера приведена первая и девятая побочная диагонали корреляционной матрицы временных рядов температуры воздуха. Корреляции для модуля скорости ветра имеют сходный вид, однако в силу сильной изменчивости этого метеоэлемента соответствующие кривые оказываются более зашумленными. Рассмотренные характеристики будут учитываться в качестве входных параметров модели.

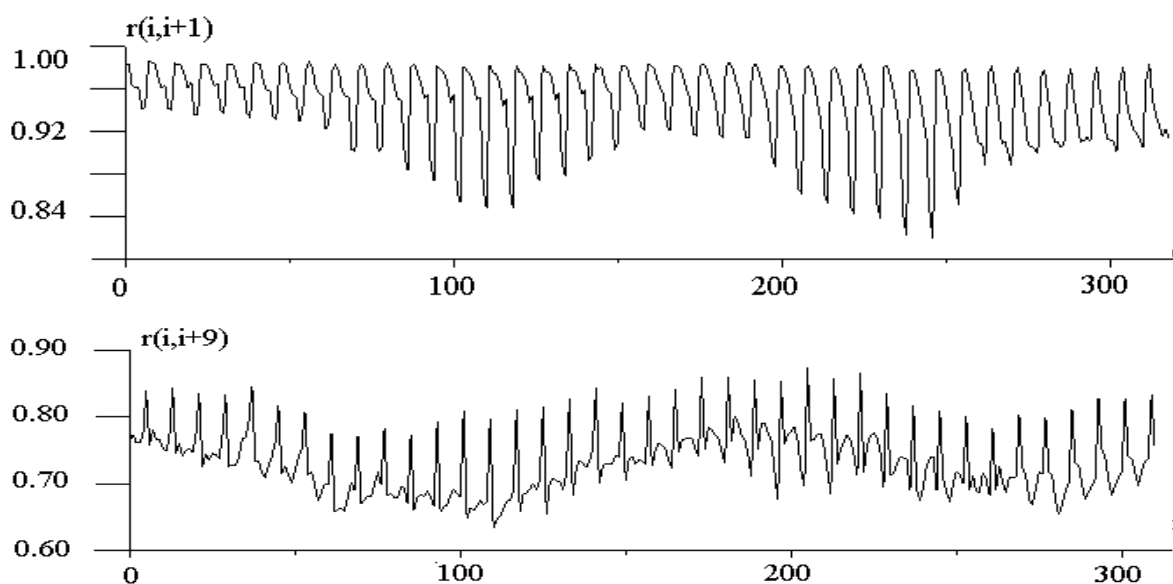


Рис. 3. Первая и девятая побочная диагонали корреляционной матрицы температуры воздуха

Распределения вероятностей на каждом шаге по времени t аппроксимируются смесями двух распределений

$$p_t(x) = \theta_t p_{1,t}(x) + (1 - \theta_t) p_{2,t}(x), \quad 0 < \theta < 1,$$

а именно: распределения для температуры аппроксимируются смесями двух нормальных распределений, а для модуля скорости ветра смесями гамма-

распределений. При этом параметры смесей выбираются так, чтобы эти распределения в определенном смысле наилучшим образом описывали эмпирические распределения. Методика оценивания параметров распределений приведена в статьях [1, 2].

Качество аппроксимации одномерных распределений температуры воздуха проверялось по величине показателя Пирсона и по модулю разности между асимметрией аппроксимирующего распределения и соответствующей асимметрией, оцененной по реальным данным. Следует отметить, что качество аппроксимации для плотностей, соответствующих различным срокам наблюдений, не одинаково, например, из 320 распределений показатель Пирсона попал в интервал от 0,05 до 0,1 в 183 случаях, а в интервал от 0,15 до 0,2, соответствующий наибольшей погрешности, в 15 случаях. Сходные результаты получены при аппроксимации одномерных распределений для модуля скорости ветра.

Для моделирования реализаций совместных рядов температуры и модуля скорости ветра используется метод обратной функции распределения, подробно рассмотренный в работе [3]. При моделировании необходимых для реализации этого метода гауссовских векторов с заданной корреляционной структурой используется метод, основанный на спектральном разложении корреляционной матрицы. Сходный подход был использован в работе [4] для моделирования совместных рядов среднесуточной температуры воздуха и индикаторов суточных сумм жидких осадков. Различие состоит в том, что в работе [4] для моделирования среднесуточной температуры вместо метода обратных функций распределения использовалось специальное представление случайной величины с распределением в виде смеси распределений [1,2], а для индикаторов осадков специальное пороговое преобразование гауссовского ряда. Численные эксперименты показали, что использование метода обратных функций распределения в ситуации, когда распределение изменяется на каждом шаге по времени, дает существенно лучший результат, чем использование подхода, рассмотренного в работах [1,2,4].

Для проверки качества модели по реальным и модельным данным были проведены расчеты по оценке характеристик, связанных с выбросами рассматриваемых случайных процессов. На рис. 4 приведены оценки зависимости от времени вероятности понижения температуры ниже уровня -15°C длительностью 3 и 9 часов. Видно, что с увеличением длительности различие между модельными и фактическими вероятностями увеличивается, но, тем не менее, характер поведения этих характеристик сохраняется.

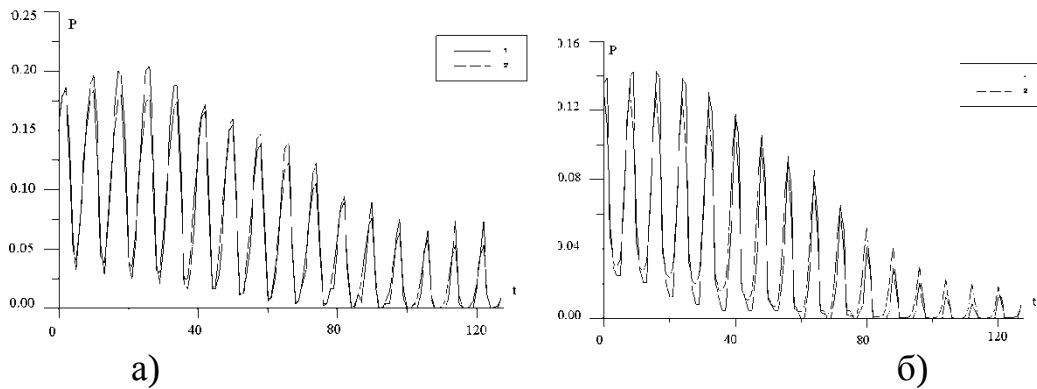


Рис. 4. Вероятности понижения температуры воздуха ниже уровня -15°C длительностью а) 3 часа, б) 9 часов; 1 – оценки по реальным данным, 2 – по модельным данным

Рассматривались также вероятности различных событий, связанных с совместным поведением временных рядов температуры воздуха и модуля скорости ветра. В частности, на рис. 5. приведены вероятности $P(\xi_t^{(1)} < a, \dots, \xi_{t+\tau}^{(1)} < a; \xi_t^{(2)} > b, \dots, \xi_{t+\tau}^{(2)} > b)$ для различных уровней a, b , а также границы статистической погрешности оценки этих характеристик по объему выборки, равному объему данных наблюдений. Здесь $\xi_t^{(1)}$ обозначает температуру, а $\xi_t^{(2)}$ - модуль скорости ветра. Следует отметить, что в границы статистической погрешности чаще всего попадают оценки этих вероятностей для уровней, взятых вблизи средних значений рассматриваемых процессов, или для произвольных уровней, но для сравнительно небольших длительностей τ . Таким образом, для длительностей в пределах суток модель вполне удовлетворительно описывает реальные данные. При оценках вероятности относительно длинных интервалов выхода за заданный уровень, модельные вероятности могут быть использованы в качестве дополнительной информации, так как оценки по реальным данным в этих случаях содержат существенные ошибки.

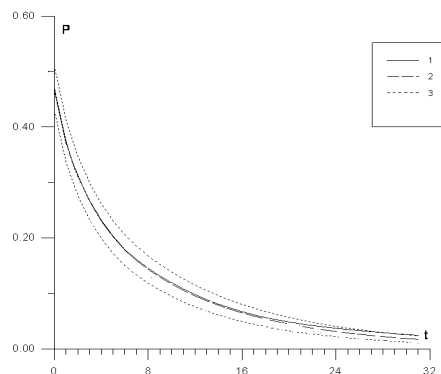


Рис. 5. Вероятность $P(\xi_t^{(1)} < a, \dots, \xi_{t+\tau}^{(1)} < a; \xi_t^{(2)} > b, \dots, \xi_{t+\tau}^{(2)} > b)$ для значений $a = 0^{\circ}\text{C}$, $b = 2,5$ м/с. 1 – оценки по реальным данным, 2 – по нестационарной модели, 3 – границы стандартного отклонения от модельной оценки по 35 сорокадневных последовательностям

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, грант 09-05-00963-а.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Марченко А.С., Минакова Л. А. Вероятностная модель временных рядов температуры воздуха. // Метеорология и Гидрология, 1980, № 9, с. 39-47.
2. Марченко А.С., Семочкин А. Г. Модели одномерных и совместных распределений неотрицательных случайных величин. // Метеорология и Гидрология, 1982, № 3, с. 50-56.
3. Пригарин С. М. Методы численного моделирования случайных процессов и полей. Новосибирск: ИВМиМГ СО РАН, 2005. – 259 с.
4. A.I. Evstafieva, E.I.Khlebnikova, V.A. Ogorodnikov. Numerical stochastic models for complexes of time series of weather elements. Russ. Journal of Numer Anal. and Math. Modelling, V.20, No. 6, (2005), pp. 535-548.

© В.А. Огородников, А.А. Ильина, 2011

УДК 551.51+519.6

М.С. Юдин

ИВМиМГ СО РАН, Новосибирск

СИСТЕМА ИЗМЕРЕНИЯ И РАСЧЕТА ГРАВИТАЦИОННЫХ ТЕЧЕНИЙ В АТМОСФЕРЕ

Рассматривается система наблюдения и расчета распространения холодных атмосферных фронтов в атмосфере. Система состоит из подсистем моделирования и обработки информации. Расчет распространения фронтов проводится на основе гидродинамических моделей различной степени сложности: модель одномерной мелкой воды, модель двумерной мелкой воды, и трехмерная негидростатическая модель атмосферной динамики. При этом формулируется специальное уравнение для поверхности фронта. По имеющимся данным наблюдений недостающие для прогноза данные рассчитываются с помощью системы обработки информации. Показано, что для линеаризованной системы двумерной мелкой воды поля скоростей однозначно восстанавливаются по имеющимся данным о поверхности фронта во всех точках разностной сетки.

Работа была поддержана Программами фундаментальных исследований № 4 Президиума СО РАН и № 3 Отделения математических наук РАН.

M.S. Yudin

Institute of Computational Mathematics and Mathematical Geophysics SB RAS
(ICMMG)

6 Lavrentieva Pr, Novosibirsk, 630090, Russian Federation

SYSTEM OF OBSERVATION AND SIMULATION OF GRAVITY FLOWS IN THE ATMOSPHERE

A system of observing and simulating cold front propagation in the atmosphere is considered. The system consists of subsystems for modeling and data processing :The propagation of cold atmospheric fronts is carried out with hydrodynamic models of increasing complexity : a one-dimensional shallow water equations model, a two-dimensional shallow water equations model, and a three-dimensional non-hydrostatic model of atmospheric dynamics. A special equation for the front surface is formulated. The data necessary for forecasting can be obtained from available observation data with a system of data processing. For instance, it is shown that the velocity field components can be uniquely obtained from front surface field data observed at all grid points of the linearized two-dimensional shallow water equations model.

This study was supported by the Presidium of SD RAS under Program 4, and the Department of Mathematical Sciences, RAS, under Program 3.

© *М.С. Юдин*, 2011

УДК 551.511.32:532.517.4

Л.И. Курбацкая

ИВМиМГ СО РАН, Новосибирск

А.Ф. Курбацкий

ИТПМ СО РАН, Новосибирск

ФОРМИРОВАНИЕ СУПЕРГЕОСТРОФИЧЕСКОГО ВЕТРА В УСТОЙЧИВО СТРАТИФИЦИРОВАННОМ АТМОСФЕРНОМ ПОГРАНИЧНОМ СЛОЕ: РЕЗУЛЬТАТЫ ЧИСЛЕННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Параметризация устойчиво стратифицированного пограничного слоя (УПС) представляет трудную задачу, имеющую важное воздействие на среднесрочный прогноз погоды и интегрирование климата. Моделировался умеренно стратифицированный атмосферный пограничный слой. Использован трехпараметрический метод вычисления стратифицированной турбулентности. Корректно воспроизводится не только генерация струйного течения нижнего уровня, но и турбулентная статистика, в том числе турбулентные потоки импульса и тепла в согласии с данными измерений в атмосфере. Кроме этого отображаются другие результаты наблюдений, включая поворот ветра с высотой и связанное кросс-изобарическое течение. Угол поворота ветра важен для представления крупномасштабного течения и вычисленное его значение близко к значению, полученному с помощью LES-метода. Воспроизводимый моделью супергеострофический ветер выше пограничного слоя показывает, что возмущение выше квазиустановившегося пограничного слоя непрерывно осциллирует около геострофического значения. Полученные результаты дают улучшенное понимание и мотивацию для дальнейшего развития параметризации устойчиво стратифицированного атмосферного пограничного слоя.

L.I. Kurbatskaya

Institute of Computational Mathematics and Mathematical Geophysics SB RAS
(ICM&MG)

6 Akademika Lavrentjeva Prospekt, Novosibirsk, 630090, Russian Federation

A.F. Kurbatskii

Khristianovich Institute of Theoretical and Applied Mechanics (IT&AM)

4/1 Institutskaya Str., Novosibirsk, 630090, Russian Federation

GENERATION OF A SUPERGEOSTROPHIC WIND IN THE STABLY STRATIFIED ATMOSPHERIC BOUNDARY LAYER: THE NUMERICAL RESULTS

The parameterization of the stably stratified boundary layer (SBL) is a difficult problem, having a significant impact on medium-range weather forecasts and climate integrations. To pursue this goal, a moderately stratified atmospheric boundary layer is simulated by the three-parametric turbulence scheme. This model produce successful simulation, in as much as it generate correctly turbulence and reflect many of the observations results, including the turning of wind with height and the related cross-isobaric flow, the angle between the surface and the geostrophic wind, which has important implications for the representation of the larger-scale flow. The model produces a super-geostrophic wind close to the boundary-layer top, showing that the disturbance above the steady-state boundary layer continues to oscillate around the geostrophic value. The results provide improved understanding and motivate future developments of the parameterization of the SBL.

© Л.И. Курбацкая, А.Ф. Курбацкий, 2011

УДК 581.55

Е.В. Миляева

ИПА СО РАН, СГГА, Новосибирск

Н.Г. Коронатова

ИПА СО РАН, Новосибирск

СМЕНА РАСТИТЕЛЬНЫХ СООБЩЕСТВ ПРИ ЗАРАСТАНИИ ВЫРАБОТАННЫХ ПЕСЧАНЫХ КАРЬЕРОВ НА СЕВЕРЕ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

В работе приведены данные об изменении видового состава и общего проективного покрытия растительных сообществ за последние 10 лет в выработанных карьерах разного возраста в подзоне северной тайги Западной Сибири. Показано, что с течением времени травяной фитоценоз начинает меняться на лесное сообщество. Большое значение имеют зеленые мхи при зарастании открытой песчаной поверхности.

E.V. Milyaeva

Institute of Soil Science and Agrochemistry, SB RAS

18 Sovetskaya ul., Novosibirsk, 630099, Russia

Siberian State Academy of Geodesy (SSGA)

10 Plakhotnogo Ul., Novosibirsk, 630108, Russian Federation

N.G. Koronatova

Institute of Soil Science and Agrochemistry, SB RAS

18 Sovetskaya ul., Novosibirsk, 630099, Russia

SUCCESSION OF PLANT COMMUNITIES DURING THE REVEGETATION OF POST-MINED SAND QUARRIES IN THE NORTH OF WESTERN SIBERIA

The paper presents data on changes in species composition and general coverage of plant communities over the past 10 years in post-mined quarries of different ages in the subzone of northern taiga of Western Siberia. It is shown that over time grass community begins to change on forest community. Green mosses are of great importance for the revegetation of open sandy surface.

Человеческая деятельность часто нарушает равновесие зрелых природных экосистем и переводит их в сукцессионное состояние. В тех случаях, когда наблюдается полное уничтожение всех компонентов сообщества, включая почву, обнажившийся субстрат заселяется первопоселенцами, и начинает развиваться первичная сукцессия. В общем схематичном виде смена растительных сообществ при первичной сукцессии выглядит следующим образом: открытый травяной фитоценоз → сомкнутый травяной фитоценоз →

лесной фитоценоз [Сукачев, 1975]. Одним из факторов, нарушающих природные экосистемы на севере Западной Сибири, является выработка карьеров для добычи песка в строительных целях. Выработанные карьеры представляют собой воронкообразные понижения рельефа, глубиной от единиц до десятка метров, размером несколько сотен квадратных метров и часто имеющие выположенные склоны. Иногда на дне выработанных карьеров образуются водоемы в связи с входом грунтовых вод. Песчаные и супесчаные породы карьеров – это вышедшие на дневную поверхность не токсичные четвертичные породы. В первый же год после выработки карьеры заселяются растениями и животными, и начинает развиваться первичная сукцессия. В таежной зоне число стадий сукцессии составляет 5-6, на первых стадиях поселяется травянистая растительность, сложенная видами, отсутствующими в климаксовом сообществе, после чего коренные леса восстанавливаются либо сразу, либо через стадию производных лесов [Тыртиков, 1974]. И.И. Шилова [1977] выделяет четыре стадии первичной сукцессии на песках в северной и средней тайге Западной Сибири: 1. стадия единичных травянистых растений-пионеров, а также проростки сосны и березы в первые 1-2 года, общее проективное покрытие (ОПП) 1-5%; 2. образование открытых фитоценозов на 3-4-й год, ОПП 30%; 3. формирование сомкнутых фитоценозов на 5-8-й год, ОПП 50%; 4. формирование замкнутых фитоценозов зонального типа на 9-12-й год, ОПП 80-90% с доминированием сосны или березы.

Целью данной работы является представление данных об изменении видового состава фитоценозов в ходе первичной сукцессии на песчаных и супесчаных карьерных выработках, в подзоне северной тайги Западной Сибири.

Объектами нашего исследования были самозарастающие карьерные выработки, расположенные в северотаежной подзоне, в центральной части Сибирских Увалов близ г. Ноябрьска (63°с.ш., 75°в.д.). Здесь в ходе рекогносцировочного обследования из 14 карьеров было выбрано несколько наиболее характерных. При этом выяснилось, что на первом этапе происходит заселение преимущественно травянистой или древесной растительности в зависимости от глубины залегания грунтовых вод: при их близком к поверхности залегании поселялась и доминировала травянистая растительность, при глубоком – древесная. В последнем случае карьеры как правило зарастали соснами, и реже – березами. В данной работе будут рассмотрены фитоценозы карьеров с травяным зарастанием. Обследование выбранных карьеров проводилось в 1999-2001 гг. и в 2010 г. Исследуемые карьеры были выработаны в разное время, так что время их зарастания на момент начала исследований было разным – от 1 до 20 лет. В соответствии со временем зарастания им были даны обозначения К20, К7 и К1, где цифра обозначает число лет, прошедших после выработки. Площадь карьеров была 0,5-1,5 км², они располагались ниже уровня поверхности на 3-7 м. Карьеры характеризовались следующими особенностями:

К1 – однолетний (на момент начала исследований), самый большой по площади, с песчаными породами, на дне образовалось несколько маленьких

водоемов площадью 5-25 м², часть поверхности была присыпана торфом слоем 10-40 см;

К7 – семилетний, супесчаный, на дне также образовались водоемы площадью 2500м²;

К20 – двадцатилетний, песчаный, на дне образовалось длинное извитое озеро, после выработки использовался для складирования бытовых отходов, затем был присыпан слоем песка, что обусловило его выровненную поверхность и понижение относительно окружающей территории не более, чем на 3 м.

На карьерах с доминированием травянистой растительности было отмечено 35 видов сосудистых растений из 13 семейств. Наибольшим количеством видов были представлены семейства, *Poaceae* (12-32%), *Cyperaceae* (10-20%), *Ericaceae* (5-24%), их общая доля составила более 50% от общего числа видов. С увеличением возраста карьеров число видов возрастало, а число семейств несколько уменьшалось. Обращает на себя внимание незначительная доля сложноцветных, а также отсутствие бобовых, хотя в других антропогенных местообитаниях - насыпях вдоль дорог - часто встречался клевер.

Таблица 1. Изменение общего проективного покрытия (%) растительности карьеров с течением времени

Год	El	Позиция Trans-1	катены Trans -2	Trans -3	Ac
К1					
1999	н.п.	н.п.	1	н.п.	н.п.
2000	н.п.	н.п.	10	н.п.	15
2001	н.п.	15	25	3	20
2010	н.п.	20	50	10	30
К7					
1999	н.д.	н.д.	25	н.д.	50
2000	70	7	40	15	70
2001	65	6	30	30	80
2010	40/90	5/20	90/30	60/10	80/0
К20					
1999	70	30	н.д.	60	н.д.
2000	85	35	65	70	70
2001	90	40	80	55	90
2010	70/70	60/70	40/20	30/100	95/10

Примечание. н.д. – нет данных, н.п. – не было данной позиции катены; El – элювиальная, Trans-1 – первая транзитная, Trans-2 – вторая транзитная, Trans-3 – третья транзитная, Ac – аккумулятивная позиции катены. В 2010 г. отдельно определялось ОПП сосудистых растений (в числителе) и мхов (в знаменателе).

На самом молодом карьере на второй год зарастания на пологих бортах карьера появились две позиции катены: транзитная на склоне и аккумулятивная возле водоемов. На третий год транзитная позиция разделилась на первую, вторую и третью, отличающиеся по видовому составу, проективному покрытию, а также по запасам растительного вещества [Коронатова 2003]. На данной катене элювиальной позицией стала примыкающая к карьере территория, занятая сосновым лесом. Формирование катены в течение трех лет сопровождалось быстрым увеличением ОПП растительности (табл. 1). Однако, в дальнейшем задерживание песчаной поверхности замедлилось, и через десять лет значительного увеличения ОПП не наблюдалось. На пологих склонах карьеров К7 и К20 также были выделены катены. Элювиальная позиция на К7 соответствовала выровненной площадке на вершине склона, где была сохранена почва, и развивалась вторичная сукцессия. Здесь ОПП растительности увеличивалось на протяжении последних 10 лет. На К20 к элювиальной была отнесена большая часть площади карьера с плоской поверхностью, а на небольшом уклоне в сторону водоема выделены три транзитных позиции и аккумулятивная у воды. На этом карьере к 2010 г. произошло изреживание фитоценоза на элювиальной и второй транзитной позиции.

Участие зеленых мхов в общем проективном покрытии увеличилось за прошедшие 10 лет. Так, увеличение ОПП на аккумулятивной позиции К1, первой транзитной позиции К7 и на первой и третьей транзитной позиции К20 произошло исключительно за счет развития мохового покрова, который в нижней части склона К20 полностью занял открытую песчаную поверхность. В то же время проективное покрытие сосудистых растений на данных участках в 2010 г. было 5% на К7 и 30% на К20. Отметим, что на карьерах отсутствовали сфагновые мхи, являющиеся доминантами в зональных болотных комплексах.

Изменения ОПП на карьерах сопровождалось изменением видового состава доминантов (табл. 2). Через год после выработки карьера К1 на его песчаной поверхности поселились единичные экземпляры *Calamagrostis epigeios* и *Chamerion angustifolium*. На следующий год возле водоемов появились *Equisetum arvense*, *Juncus alpinoarticulatus*, *Poa supina*, *Rorippa palustris* и другие. Склоны с более крутым уклоном и дно карьера вдали от водоемов оставались лишенными растительности. На третий год зарастания на первой транзитной позиции доминантами оставались *C. epigeios* и *Ch. angustifolium*, а на второй транзитной позиции появился хвощ. Через 10 лет к доминирующим на склоне видам добавились молодые сосны, а также ивы в нижней части катены. Возраст древесного подроста составил 5-6 лет. Полностью видовой состав сменился лишь на аккумулятивной позиции в связи с тем, что водоемы на дне карьера высохли, и влаголюбивые виды исчезли.

В отличие от К1, произошедшие за 10 лет изменения в видовом составе на карьере К7 были более существенны (см. табл. 2) и коснулись преимущественно средней и нижней части катены. На аккумулятивной позиции поселился вид *Carex rostrata*, который доминировал также на аккумулятивной позиции К20 в течение всего времени исследования. На третьей транзитной

позиции одни влаголюбивые виды сменились на другие, более крупные. Средняя часть катены заросла березой, высотой 3-4 м, и лесными травами влажных местообитаний. В верхней части склона также поселились проростки березы. На элювиальной позиции за прошедший период исчезли виды нарушенных местообитаний, появился типичный лесной вид – голубика, а также восстановился мохово-лишайниковый покров, характерный для окружающего карьер леса.

Таблица 2. Изменение состава доминирующих видов сосудистых растений на карьерах с течением времени

Год	Позиция катены				
	El	Trans-1	Trans -2	Trans -3	Ac
K1					
2001	н.п.	<i>Chamerion angustifolium</i> , <i>Calamagrostis epigeios</i>	<i>Equisetum sylvaticum</i> , <i>Chamerion angustifolium</i>	<i>Calamagrostis langsdorfii</i> , <i>Chamerion angustifolium</i>	<i>Eriophorum shceuchzeri</i> , <i>Juncus geniculatus</i>
2010	н.п.	<i>Ch. angustifolium</i> , <i>C. epigeios</i> , проростки <i>Pinus sylvestris</i>	<i>E. sylvaticum</i> , <i>C. langsdorfii</i> , проростки <i>Pinus sylvestris</i>	проростки <i>Pinus sylvestris</i> , <i>Salix sp.</i> , <i>C. langsdorfii</i>	<i>Salix sp.</i> , <i>C. langsdorfii</i>
K7					
2001	<i>Betula pubescens</i> , <i>Arctostaphylos uva-ursi</i> , <i>Festuca ovina</i> , <i>Ch. angustifolium</i>	<i>Festuca ovina</i>	<i>Ch. angustifolium</i> , <i>C. epigeios</i> , <i>F. ovina</i>	<i>Juncus alpinoarticulatus</i> , <i>E. scheuchzeri</i>	<i>Eriophorum polystachyon</i> , <i>Carex lapponica</i>
2010	<i>B. pubescens</i> , <i>A. uva-ursi</i> , <i>Vaccinium uliginosum</i>	<i>F. ovina</i> , проростки <i>B. pubescens</i>	<i>B. pubescens</i> , <i>Carex globularis</i> , <i>C. langsdorfii</i>	<i>E. polystachion</i> , <i>Carex sp.</i> , <i>C. langsdorfii</i>	<i>Carex rostrata</i>
K20					
2001	<i>C. epigeios</i> , <i>Ch. angustifolium</i>	<i>C. epigeios</i> , проростки <i>P.s sylvestris</i>	<i>C. globularis</i>	<i>E.scheuchzeri</i> , <i>J. alpinoarticulatus</i> , <i>V. uliginosum</i>	<i>C. rostrata</i>
2010	<i>Ch. angustifolium</i> , <i>C. epigeios</i> , <i>P. sylvestris</i>	<i>P. sylvestris</i> , <i>V. uliginosum</i> , <i>Empetrum nigrum</i>	<i>P. sylvestris</i> , <i>B. pubescens</i> , <i>V. uliginosum</i>	<i>P. sylvestris</i> , <i>B. pubescens</i> , <i>V. uliginosum</i> , <i>Carex sp.</i>	<i>C. rostrata</i>

На K20 только доминантный вид на аккумулятивной позиции оставался неизменным в течение всего прошедшего времени исследований. На транзитных позициях стали преобладать сосны, возраст которых был 12 лет и высота 3 м, и березы в нижней части склона. Под пологом древесного яруса поселились лесные кустарнички, среди которых преобладала голубика. В напочвенном покрове появились зеленые мхи и лишайники (не менее пяти

видов). На элювиальной позиции к бывшим доминантам добавились сосны, 70% поверхности песка было занято зелеными мхами.

Таким образом, сукцессия растительных сообществ на зарастающих песчаных карьерах приводит к возникновению лесного сообщества. Даже на карьере К20, обогащенном элементами питания растений, где в течение первых 20 лет существовало луговое сообщество, через 30 лет оно стало изреживаться, а доминирующую позицию заняли древесные виды. Значительную роль в зарастании открытой песчаной поверхности играли зеленые мхи.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Сукачев, В.Н. 1975. Проблемы фитоценологии [Текст] / В.Н. Сукачев // Проблемы фитоценологии. Избранные труды. Том 3 / Под ред. Е.М. Лавренко. – Л.: Наука, 1975. – 544 с.
2. Тыртиков, А.П. Динамика растительного покрова и развитие вечной мерзлоты в Западной Сибири [Текст] / А.П. Тыртиков // Динамика растительного покрова и развитие вечной мерзлоты в Западной Сибири – М.: Изд-во МГУ, 1974. – 200 с.
3. Шилова, И.И. Первичные сукцессии растительности на техногенных песчаных обнажениях в нефтегазодобывающих районах Среднего Приобья [Текст] / И.И. Шилова // Экология. – 1977. – № 6. – С. 5-14.
4. Коронатова, Н.Г. Особенности и условия восстановления почвенно-растительного покрова на карьерах Западной Сибири [Текст] / Н.Г. Коронатова // Вестник Томского гос. ун-та, сер. "Биологические науки (биология, почвоведение, лесоведение)", приложение № 7. – Томск, 2003 – С. 135-141.

© Е.В. Миляева, Н.Г. Коронатова, 2011

УДК 582.323 / .275.-152

Н.А. Малахова

НГАУ, Новосибирск

Н.П. Миронычева-Токарева

СГГА, Новосибирск

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОДОРΟΣЛЕЙ БОЛОТНЫХ ЭКОСИСТЕМ

В настоящее время существует острая необходимость комплексного исследования болотных экосистем. Изучение и мониторинг болот является одним из приоритетных направлений, часть которых – исследования почвенных водорослей – неотъемлемой составляющей почвы и биогеоценоза в целом.

N.A. Malachova

Novosibirsk state agrarian university, Novosibirsk

N.P. Mironycheva-Tokareva

Siberian State Academy of geodesy, Novosibirsk

STUDY OF ALGAE WETLAND ECOSYSTEM

Currently, there is an urgent need for a comprehensive study of wetland ecosystems. Study and monitoring of wetlands is a priority, some of which – the study of soil algae – an integral component of the soil and an ecosystem as a whole.

В настоящее время важность охраны болотных экосистем приобретает все большее значение, что подтверждает Рамсарская Конвенция о водно-болотных угодьях (1971), имеющая международное значение (Matthews, 1993; Mitsch, Gosselink, 2000), конференция в Рио-де-Жанейро (1992) и Йоханнесбурге (2002), посвященные сохранению биоразнообразия.

Несмотря на огромное внимание, уделяемое болотным системам, до конца не решен вопрос об определении термина «болото». Гидрологически «болото» характеризуется двояко: это или озеро, но со связанной водой, или суша, но содержащая более 90 % воды и менее 10 % сухого вещества (Программа и методика..., 1974). Эта двойственная природа болот вызывает интерес к ним специалистов многих научных направлений, в том числе и учёных альгологов.

В связи с большой гетерогенностью болотных экосистем представленные в них водоросли достаточно разнолики и включают в себя несколько групп, а именно, гидрофильные, аэрофильные и эдафотрофные (Штина и др., 1981; Антипина, 1986). Как правило, работы, посвященные водорослям болот, наиболее полно содержат сведения о таксономическом составе и экологической характеристике гидрофильной альгофлоры (Анисимова, Кезля, 2002; Райда, 2005; Комулайнен и др., 2006; Ikegwu, 1996).

Разделение альгофлоры на типично почвенную и водную затруднено. Имеется ряд работ, где ведется разделение водорослей по приуроченности к водным или вневодным местам обитания (Зауер, 1956; Гецен, 1973; Патова, Гарус, 2005; Закиева, 2007; Шарипова и др., 2007; Broady, 1987). Так Э.А. Штина (1997) в своей работе «Флора водорослей бассейна реки Вятка» приводит аннотированный список водорослей с указанием гидрофильности или эдафотрофности видов водорослей. В статье Е.В. Пшенниковой (1995) отмечено, что альгофлора болот имеет два начала: водное и почвенное. Водоросли, имея низкий уровень организации в целом, обладают высокой экологической пластичностью, что позволяет им достаточно быстро реагировать на изменяющиеся условия среды и вырабатывать соответствующие адаптации (Голлербах, 1935; Гайсина и др., 2008).

На настоящий момент в болотных почвах обнаружено около 500 видов водорослей. Лидирующие позиции занимают зеленые водоросли, далее за первенство конкурируют синезеленые и диатомовые, а иногда и желтозеленые. На видовом уровне во флоре преобладают виды-убиквисты (Голлербах, 1935; Воронихин, 1951; Штина и др., 1981; Закиева, 2007; Heywood, 1995; Reynolds, 1998).

Большой разброс в числе видов различных болотных сообществ объясняется, во-первых, тем, что «болотные почвы» понимаются достаточно широко. Это и торфяно-болотные, торфяные, низинные торфяные, верховые торфяные, болотно-подзолистые, почвы болотного ряда и другие. Во-вторых, нахождением района исследования в различных природных зонах. И, в-третьих, местом взятия проб: это могут быть «пятна» болотных почв (Голлербах, 1935), окраины болот (Егорова, Судакова, 2009) или же комплексы болотных ландшафтов (Штина и др., 1981), определенные типы болот (Закиева, 2007). Перечисленные факторы еще раз подтверждают актуальность исследования почвенной флоры болот.

Болота, будучи аккумулятивными ландшафтами, накапливают в себе видовое разнообразие путем жидкого, твердого и биологического стоков (Стебаев и др., 1993). Задача изучения и сохранения биоразнообразия - одна из главных в науке на сегодняшний день (Шварц, 2004; Годовой отчет..., 2008; Daszak, Cunningham, Hyatt, 2000). К сожалению, фундаментальных работ по почвенной альгофлоре болот не так уж много (Бусыгина, 1976; Штина и др., 1981; Антипина, 1986; Закиева, 2007). Большею частью исследована альгофлора водных местообитаний болот (Райда, 2005; Куликовский, 2007; Шабалина, 2007; Стенина, 2008; Нестерович, Балашова, 2009). Болотные почвы, как правило, оказываются в поле исследования альгологов как некоторая часть профиля, а не непосредственный предмет изучения (Дубовик и др., 1992; Гецен и др., 1994; Егорова, Судакова, 2009).

Разные типы болот обладают разнообразными характеристиками (нанорельеф, реакция среды, зольность, тип почв) и определенным видовым составом высших растений, что естественным образом сказывается на составе и структуре водорослевых сообществ. Альгофлора сфагновых болот (чаще верховых) однообразна и малочисленна, в связи с повышенной кислотностью и

бедностью элементами минерального питания (Киселев, 1950; Зауер, 1956; Штина и др., 1981; Куликовский, 2007). Среди доминантов авторами отмечены такие рода, как *Frustulia*, *Chlamydomonas*, *Chlorella* (Антипина, 1978; Гецен и др., 1994; Гуламанова, 2008). Водорослевые группировки богатых органикой почв отличаются разнообразным видовым составом. Для эвтрофных болот обычны виды родов *Chlamydomonas*, *Anabaena*, *Cylindrospermum* и ряд некоторых родов диатомовых: *Pinnularia*, *Frustulia*, *Eunotia* (Паламарь, 1953; Штина и др., 1981; Закиева, 2007; Ikegwu, 1996). Водоросли же мезотрофных болот (различные типы болотных почв) представляют собой своеобразную совокупность альгофлор болот предыдущих двух типов. На общем фоне прослеживается увеличение доли видов отделов *Cyanophyta*, *Bacillariophyta* (Паламарь, 1953; Штина и др., 1981). К сожалению, из приведенной информации по доминантам тех или иных групп сложно сделать вывод о предпочтении видами родов того или иного типа болотной экосистемы. Вопрос о приуроченности видов к определенному типу болотной экосистемы находится в инициальном состоянии и требует дальнейшего изучения.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Анисимова, О.В., Кезля, Е.М. Дополнение к альгофлоре водоемов Зоринского участка Центрально-Черноземного заповедника / О.В. Анисимова, Е.М. Кезля // Тр. Центрально-Черноземного гос. заповедника. Растительный покров ЦЧЗ. - 2002. - Вып. 18. - С. 269-273.
2. Антипина, Г.С. Водоросли в торфяной почве / Г.С. Антипина // Исследования по лесному болотоведению и мелиорации. - Петрозаводск, 1978. - С. 35-49.
3. Антипина Г.С. Водоросли как компонент растительности болот / Г.С. Антипина // Методы изучения болот и их охрана. - Вильнюс, 1986. - С. 41-44.
4. Бусыгина, Е.А. Развитие водорослей на мелиорированных выработанных торфяниках в зависимости от их водного режима: / Е.А. Бусыгина // Автореф. дис. ... канд. биол. наук. - Л., 1976. - 19с.
5. Воронихин, Н.Н. О некоторых водорослях Боровского заповедника в связи с вопросом о виде у водорослей континентальных водоемов / Н.Н. Воронихин // Тр. Всесоюз. гидробиол. о-ва. - 1951. - № 3. - С. 217-220.
6. Гайсина, Л.А., Фазлутдинова, А.И., Кабиров, Р.Р. Популяционная альгология / Л.А. Гайсина, А.И. Фазлутдинова, Р.Р. Кабиров // Уфа, 2008. - 152с.
7. Гецен, М.В. Водоросли бассейна Печоры (Состав и распространение). / М.В. Гецен // Л., 1973. - 147 с.
8. Гецен, М.В., Стенина, А.С., Патова, Е.Н. Альгофлора Большеземельской тундры в условиях антропогенного воздействия / М.В. Гецен, А.С. Стенина, Е.Н. Патова // Екатеринбург, 1994. - 148с.
9. Годовой отчет Фонда WWF за 2008 год / Ред. Пал К., Воронкова Е. М., 2009. - 52 с. - Режим доступа: http://www.wwf.ru/data/publ/anreport/annualreport2008_final.pdf, свободный.
10. Голлербах, М.М. Водоросли и почва / М.М. Голлербах // Природа. - 1935. - № 2. - С.38-44.

11. Гуламанова, Г.А. Автотрофный планктон как показатель степени эвтрофирования (на примере разнотипных озер республики Башкортостан): / Г.А. Гуламанова // Автореф. дис. ... канд. биолог наук. - Уфа, 2008. - 16с.
12. Дубовик, И. Е., Ишбирдин, А. Р., Хусаинов, А.Ф. Антропогенной воздействие на почвенную альгофлору тундры месторождения «Медвежье» (Западная Сибирь) / И.Е. Дубовик, А.Р. Ишбардин, А.Ф. Хусаинов // Биол. науки. - 1992. - № 2.. - С. 80-86.
13. Егорова, И.Н., Судакова, Е.А. Водоросли в наземных экосистемах Байкальской Сибири / И.Н. Егорова, Е.А. Судакова // Водоросли: проблемы таксономии, экологии и использование в мониторинге: Матер. II Всерос. конф-ции. - Сыктывкар, 5-9 октября 2009. - [Электронный ресурс]. Сыктывкар, 2009. - С. 182-185. - Режим доступа: http://ib.komisc.ru/add/conf/algo_2009/, свободный.
14. Закиева, Г.Ф. Альгофлора низинных болот степной зоны :на примере Стерлибашевского района Республики Башкортостан: / Г.Ф. Закиева // Автореф. дис. ... канд. биолог. наук. - Уфа, 2007. - 32 с.
15. Зауер, Л.М. К познанию водорослей растительных ассоциаций Ленинградской области / Л.М. Зауер // Тр. Бот. института им. В.Л. Комарова АН СССР. - 1956. - Сер. 2. - Вып. 10. - С. 33-174.
16. Киселев, И.А. Жизнь в болотах и болотные отложения / И.А Киселёв // Жизнь пресных вод СССР. - М.-Л., 1950. - Т. 3. - С. 623-628.
17. Комулайнен, С.Ф., Чекрыжева, Т.А., Вислянская, И.Г. Альгофлора озер и рек Карелии. Таксономический состав и экология / С.Ф. Комулайнен, Т.А. Чекрыжева, И.Г. Вислянская // Петрозаводск, 2006. - 81с.
18. Куликовский, М.С. Диатомовые водоросли некоторых сфагновых болот европейской части России: / М.С. Куликовский // Автореф. дис. ... канд. биолог. наук. - СПб., 2007. – 24 с.
19. Нестерович, А.С., Балашова, Н.Б. Альгофлора природного парка «Вепсский лес» // Водоросли: проблемы таксономии, экологии и использование в мониторинге: / А.С. Нестерович, Н.Б. Балашова // Матер. II Всерос. конф-ции. - Сыктывкар, 5-9 октября 2009. - [Электронный ресурс]. - Сыктывкар, 2009. - С. 211-214. - Режим доступа: http://ib.komisc.ru/add/conf/algo_2009/, свободный.
20. Паламарь, Г.М. Водоросли болот Полесья, их экология и значение для типологии болот): / Г.М. Паламарь // Автореф. дисс канд. биолог. наук. - Киев, 1953. - 19с.
21. Патова, Е.Н., Гарус, М.Н. Водоросли лесных водоемов и болота «Гусиное» (Якшинский участок Печоро-Илычского заповедника) / Е.Н. Патова, М.Н. Гарус // Тр. Печоро-Илычского заповедника. - Сыктывкар, 2005. - Вып. 14. - С. 243-246.
22. Программа и методика биогеоценологических исследований / Отв. ред. Н.В. Дылис. – М., 1974. - 404 с.
23. Пшенникова, Е.В. Почвенные водоросли аласов Лено-Амгинского междуречья (Якутия, Россия) / Е.В. Пшенникова // Альгология. - 1995. - Т. 5. - № 3. - С. 269-275.

24. Райда, О.В. Водоросли болот ландшафтного заказника «Вишняки» (Полтавская область) / О.В. Райда // Вісник Харківського національного університету імені В.Н.Каразіна. - Серія: біологія. - 2005. - Вип. 1-2. - № 709. - С. 67-71.
25. Стебаев, И.В., Пивоварова, Ж.Ф., Смоляков, Б.С. и др. Общая биогеосистемная экология / И.В. Стебаев, Ж.Ф. Пивоварова, Б.С. Смоляков и др. // Новосибирск, 1993. - 288с.
26. Стенина, А.С. Диатомовые водоросли болота, загрязненного пластовыми водами (Бассейн р. Колва, Республика Коми) / А.С. Стенина // Сиб. экол. журн. - 2008. - № 4. - Т. 15. - С. 583-588.
27. Шабалина, Ю.Н. Диатомовые водоросли болот бассейна р. Ижмы (Республика Коми) / Ю.Н. Шабалина // Альгологические исследования: современное состояние и перспективы на будущее: Матер. XIII молодеж. науч. конф-ции. - Сыктывкар, 3-7 апр. 2006. - Сыктывкар, 2007. - С. 271-274.
28. Шарипова, М.Ю., Нагаев, В.Х., Вечканова, Н.В. Альгофлора водно-наземных экотонів рек горного Урала / М.Ю. Шарипова, В.Х. Нагаев, Н.В. Вечканова // Вестник Башкирского университета. - 2007. - № 1. - С. 37-39.
29. Шварц, Е.А. Сохранение биоразнообразия: сообщества и экосистемы / Е.А. Шварц // М., 2004. - 112 с.
30. Штина, Э.А., Антипина, Г.С., Козловская, Л.С. Альгофлора болот Карелии и ее динамика под воздействием естественных и антропогенных факторов / Э.А. Штина, Г.С. Антипина, Л.С. Козловская // Л., 1981. - 269с.
31. Штина, Э.А. Флора водорослей бассейна реки Вятки / Э.А. Штина // Киров, 1997. - 96 с.
32. Broody, P.A. The morphology, distribution and ecology of *Pseudococcomyxa simplex* (Mainx) Fott (Chlorophyta, Chlorellaceae), a widespread terrestrial Antarctic alga / P.A. Broody // Polar Biol. - 1987. - № 7.- P. 25-30.
33. Daszak, P., Cunningham, A.A., Hyatt, A.D. Emerging infectious diseases of wildlife - threats to biodiversity and human health / P. Daszak, A.A. Cunningham, A.D. Hyatt // Science. - 2000. - № 287. - P. 443-449.
34. Heywood, V.E. Global biodiversity assessment / V.E. Heywood // Cambridge, 1995. - 1152 pp.
35. Ikegwu, N.D. Freshwater swamp desmids from South East Niger delta, Nigeria / N.D. Ikegwu // Pol. arch. hydrobiol. - 1996. - V. 43. - № 4. - P. 411-420.
36. Matthews, G.V. The Ramsar Convention on Wetlands: its History and Development / G.V. Matthews // Ramsar, 1993. - 134 pp.
37. Mitsch, W.J., Gosselink, J.G. Wetlands Third. - / Ed. John Wiley, 2000. - 920 pp.
38. Reynolds, C. The state of freshwater ecology / C.S. Reynolds // Freshwater Biol. - 1998. - V. 39 (4). - P. 741-753.

УДК 502.33(571.16)
О.Г. Невидимова
ИМКЭС СО РАН, Томск
Е.П. Янкович
ТПУ, Томск

ГИДРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ И ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ РИСКИ ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ

В работе рассматривается подход к исследованию гидроэнергетического потенциала территории с позиции риск-анализа. Представлены региональные оценки напряженности гидрологической ситуации и их территориальная дифференциация.

O.G. Nevidimova
Institute of monitoring of Climatic and Ecological Systems SB RAS (IMCES)
10/3 Akademicheskoy Ave., Tomsk, 634055, Russian Federation
E.P. Yankovich
The Institute of Geology and Oil & Gas Industries, Tomsk Polytechnic University
30 Lenin Avenue, Tomsk, 634050, Russian Federation

HYDROPOWER POTENTIAL AND HYDROLOGICAL RISKS OF TOMSK REGION

In the article is shown the approach to a research of hydropower potential of territory from the position of risk-analysis. A hydrological tension valuations of the region under present-day conditions of climate fluctuation and their territorial distribution was made.

Исследование гидроэнергетического потенциала территории является одной из тех задач, решение которых для регионов имеет стратегическое значение, позволяющее обеспечить экономическую, социальную и экологическую безопасность. Под гидроэнергетическим потенциалом понимается совокупность водных ресурсов территории, которые используются или могут использоваться для жизнеобеспечения общества. Спрос на эти ресурсы постоянно увеличивается по мере роста количества населения и уровня технического развития. Несмотря на то, что период возобновления ресурса относительно небольшой, антропогенное воздействие может существенно изменить и качество, и количество этого природного ресурса. В свою очередь, поверхностные и подземные воды могут являться источником опасности и формировать ситуации с различной степенью риска. Изменения климата, трансформация термического и влажностного режима усиливают уязвимость общества, в том числе и при пользовании водными ресурсами. Поэтому анализ

гидроэнергетических возможностей территории должен заключаться не только в учете и оценке водных запасов, но и в характеристике рисков, обусловленных гидрологическими особенностями водных объектов в совокупности со спецификой климатического, социально-экологического, географического положения региона.

Цель данной работы заключается в исследовании гидроэнергетических ресурсов территории как объектов риск-анализа. Были проанализированы наиболее опасные для хозяйственной деятельности гидрологические явления, оценены напряженность гидрологической ситуации и гидрологические риски в современных условиях антропогенного воздействия на территорию Томской области.

Томская область обладает значительными ресурсами пресных подземных и поверхностных вод. Примерно 2% территории области занято поверхностными водами: 16 000 рек общей протяженностью 95 000 км., 62 739 озер, более 1700 прудов и водохранилищ, 91 573 км² занимают болотные массивы. Эксплуатационные запасы подземных вод составляют 0,37 км³/год. Из приведенных объемов суммарного водного стока используется 0,5-0,7 км³/год, то есть менее 1 % стока р. Оби, что свидетельствует о значительном избытке проточных водных ресурсов [1]. Кроме этого, воды рек и озер, подземные воды по видам использования обладают огромными запасами биологических, химических, минеральных и гидравлических ресурсов. Так, гидравлическая энергонасыщенность крупных и средних рек области составляет в среднем $N=27,11 \cdot 10^5$ кВт. Все эти ресурсы используются еще слабо. Для территории Томской области характерны экстенсивные формы водопользования и локальные зоны повышенной водоемкости, обусловленные особенностями хозяйственного комплекса. По интенсивности использования водных ресурсов среди всех регионов России Томская область занимает одно из последних мест. Внутри же самой Томской области потребление воды крайне неравномерно. Основная часть (более 70 % общего потребления) воды осуществляется из р. Томи для нужд Сибирского химического комбината, а большая часть потребления питьевых подземных вод – на территории бассейна р. Томи. Водоотведение также производится преимущественно в р. Томь и ее притоки.

Главные же проблемы при пользовании водными ресурсами Томской области связаны с режимом функционирования гидросети. Значительные колебания водности и скорости течения в паводочный и меженный периоды, ледовые явления могут представлять угрозу для жизнедеятельности и хозяйствования. Тем более что для ряда районов области реки являются практически единственным видом транспорта, а в пределах долин Оби, Томи, Васюгана, Чулыма, Кети сконцентрирована большая часть населения области.

Поскольку в процессе анализа риска оценка степени опасности играет роль базы, то на начальном этапе исследования из комплекса природных факторов выделяются те, которые могут быть опасными; определяются их вид, структура и параметры. В результате исследования по данным за период с 1976 по 2006 годы установлено, что гидрологические явления в общей структуре природных опасностей в Томской области занимают одно из ведущих мест: 27.5 % от

общего количества опасных природных процессов (рис. 1). Среди гидрологических процессов выявлены такие, которые наиболее часто формируют неблагоприятный для жизнедеятельности фон на исследуемой территории. Так, основным источником питания рек Томской области является снег, поэтому интенсивность снеготаяния и стока талых вод определяет скорость подъема воды весной и риск затопления. Опасности затопления сначала подвергаются поймы рек, а затем, по мере протаивания почвенно-грунтовой толщи водосборов различные локальные понижения. Уровень воды в реках при половодьях, паводках, заторных явлениях и продолжительность стояния высоких уровней являются одним из основных факторов, определяющих масштаб наводнения и величину ущерба. На территории области ежегодно происходит затопление пойменных участков, амплитуда подъема уровня воды колеблется от 3 до 11 метров, а средняя продолжительность высокого стояния вод 115 дней. Значительная неравномерность стока на небольших реках приводит к тому, что критические уровни ниже проектных отметок водозаборов и предельных навигационных уровней, при которых нарушаются условия судоходства, на некоторых реках могут наблюдаться почти ежегодно в течение 2 или даже 4 месяцев. Что и обеспечивает высокий уровень опасности данного гидрологического явления. В различные фазы ледового режима на реках области также возможны разнообразные рискоформирующие ситуации. Так, заторы льда на реках области повторяются регулярно. Наиболее часто заторы случаются на реках Томь и Чулым, повторяемость достигает 87%. При определении степени опасности ледовых явлений учитываются продолжительность ледоходов, продолжительность ледостава и раннее начало ледовых событий. Существенную угрозу может представлять количество и скорость перемещения взвешенных наносов, увеличение которых ведет к интенсивности эрозионно-аккумулятивного процесса и деформаций русла реки, а, следовательно, к возрастанию таких видов опасностей, как снижение противоэрозионной устойчивости береговых склонов, интенсификация склоновых процессов и т.д. Степень потенциальной опасности явления определялась на статистической основе частоты превышения некоторой предельной величины, индивидуальной для каждого вида опасности. В качестве интегрального показателя, характеризующего природную уязвимость территории от указанных гидрологических явлений, использовался показатель напряженности [3].

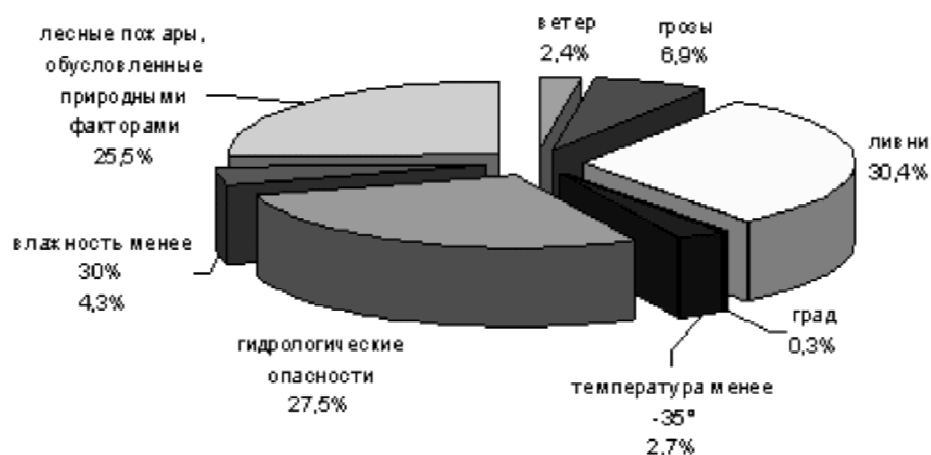


Рис. 1. Структура опасных природных явлений для Томской области

Гидрологическая напряженность (в баллах) рассчитывалась по формуле $NG = \sum_{i=1}^5 k_i / 5$, в которой учтены такие количественные характеристики: количество дней в году с низким и высоким уровнем воды; продолжительность ледовых явлений; объем перемещаемых наносов, а также сток талых вод. Коэффициенты (шкала от 0.1 до 1), соотношенные с каждым фактором, отражают роль этого фактора в возникновении опасных ситуаций. Особенности пространственного распределения природной гидрологической напряженности на территории Томской области показаны на рис. 2.

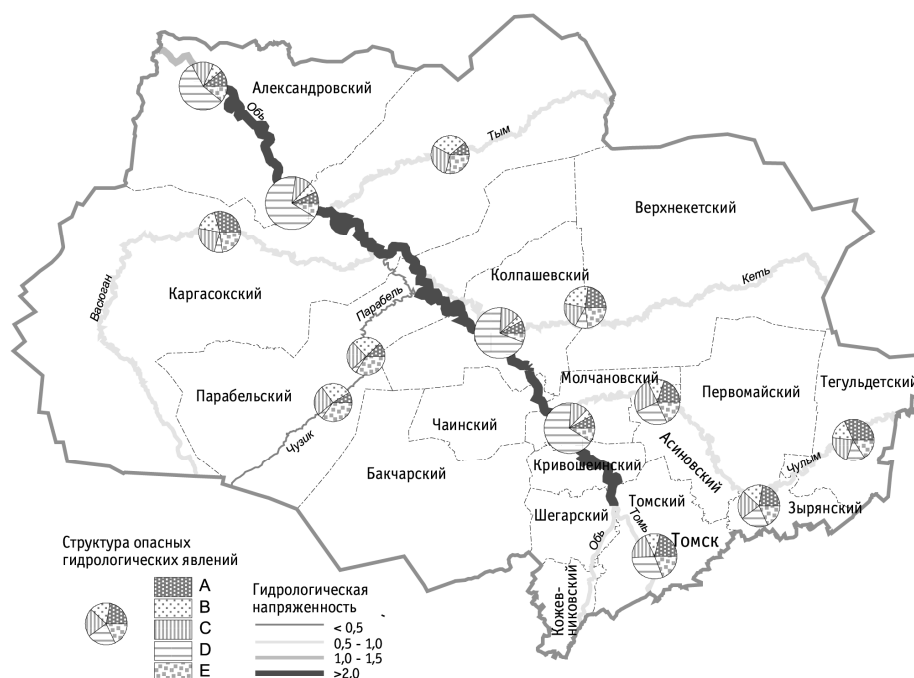


Рис. 2. Гидрологическая напряженность на территории Томской области

На следующем этапе исследования определялся показатель социально-экологической напряженности территории, подверженной гидрологическим

опасностям. В первую очередь острота ситуации зависит от особенностей расселения людей, проживающих вблизи потенциального источника опасности, социальной, инфраструктурной, производственно-технической реализации этих особенностей. Социально-экологическая напряженность в пределах определенного русла (территории) вычислялась по формуле $NR = C + M + N$, где C - балльная оценка концентрации населения вдоль русел; M - балльная оценка частоты мостовых переходов; N - наличие пересечений русел с источниками повышенной экологической опасности – нефтегазопроводами.

Проведенные расчеты в пределах области свидетельствуют о широком диапазоне оценок (табл. 1). Анализ антропогенной нагрузки на территорию Томской области показал, что социально-экологическая напряженность имеет большую географическую неоднородность.

Таблица 1. Социально-экологическая напряженность

район	Концентрация населения вдоль русел, чел/км	Концентрация населения вдоль русел, балл	Частота мостовых переходов, баллы	Частота пресечений рек с нефтегазопроводом баллы	Социально - экологическая напряженность балл
Александровский	0.98	0.2	0.3	1	1.5
Каргасокский	0.96	0.2	0.3	1	1.5
Парабельский	1.29	0.2	0.3	1	1.5
Колпашевский	9.69	0.6	0.5	0.5	1.6
Верхнекетский	2.1	0.2	0.3	0	0.5
Чаинский	8.8	0.6	0.5	0	1.1
Бакчарский	3.23	0.4	0.3	0	0.7
Молчановский	20.4	1	0.5	0.5	2.0
Кривошеинский	11.64	0.6	0.5	0.5	1.6
Шегарский	19.42	1	0.7	0.5	2.2
Асиновский	24.67	1	0.5	0	1.5
Первомайский	5.17	0.4	0.5	0	0.9
Тегульдетский	6.6	0.4	0.5	0	0.9
Зырянский	14.5	0.8	0.7	0	1.5
Томский	21.92	1	1	0.7	2.7
Кожевниковский	22.41	1	0.7	0	1.7

На заключительном этапе исследования путем объединения полученных для каждого района области показателей гидрологической и социально-экологической напряженности была определена степень гидрологического риска. Ситуация в области определяется такими характеристиками: более 66,5% территории (от общей площади области) подвержены высокому и повышенному уровню риска. На 9,89% площади риск определяется как средний. Территории, на которых риск можно оценить как пониженный и низкий занимают 23,61% площади. В целом по области наиболее сложная ситуация складывается именно в тех районах, которые непосредственно примыкают к Оби. Несмотря на привлекательность этих районов, хозяйственное освоение территорий приводит

к возрастанию риска в период высокой водности реки. Большая плотность населения на юге области (Томский, Кривошеинский, Молчановский районы), как и развитие трубопроводного транспорта в нефтегазоносных районах области (Александровский, Кургасовский, Парабельский районы) усугубленные высокой степенью гидрологической напряженности и активностью русловых процессов формируют и высокий уровень риска в этих районах. Более спокойны в этом отношении восточные районы области (Верхнекетский, Первомайский, Тегульдетский районы), где социальная инфраструктура и трубопроводный транспорт имеют самый низкий уровень в Томской области. Не очень высокая степень климатической и гидрологической напряженности, как и невысокая густота речной сети в Бакcharском районе в совокупности с невысоким уровнем социально-экономического развития обуславливают низкий рискообразующий потенциал этого района.

Таким образом, по степени распространенности на территории Томской области гидрологический риск можно отнести к массовому риску.

В заключении отметим, что проведенные исследования позволили выявить ряд особенностей гидрологических условий Томской области и на фактическом материале проанализировать влияние гидрологических и социально-экологических факторов на пространственное распределение и степень рисков. Учет этих факторов дал возможность построить интегральную картину гидрологического риска, выявить наиболее опасные участки и уточнить общие оценки экологического состояния и гидроэнергетического потенциала региона.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Савичев О.Г. Водные ресурсы Томской области – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2010. - 248 с.
2. Невидимова О.Г. Анализ природно-климатических опасностей на территории Томской области для оценки рисков природопользования [Текст] / Невидимова О.Г., М.А. Мельник, Волкова Е.С. // Экология урбанизированных территорий. – 2009. - № 2. – С. 71-77.

© О.Г. Невидимова, Е.П. Янкович, 2011

УДК 502.33(571.16)

О.Г. Невидимова

ИМКЭС СО РАН, Томск

Е.П. Янкович

ТПУ, Томск

ГИС-ТЕХНОЛОГИИ В ИССЛЕДОВАНИИ ПРИРОДНО-КЛИМАТИЧЕСКОЙ УЯЗВИМОСТИ ТЕРРИТОРИИ ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ

В докладе на основе понятия природно-климатической уязвимости с использованием ГИС оценены наиболее опасные природные процессы на территории Томской области и представлено их пространственное распределение.

O.G. Nevidimova

Institute of monitoring of Climatic and Ecological Systems SB RAS (IMCES)

10/3 Akademicheskoy Ave., Tomsk, 634055, Russian Federation

E.P. Yankovich

The Institute of Geology and Oil & Gas Industries, Tomsk Polytechnic University

30 Lenin Avenue, Tomsk, 634050, Russian Federation

NATURE-CLIMATIC VULNERABILITY ANALYSIS OF TOMSK REGION BY GIS-TECHNOLOGY

In the article was made analysis climatic conditions of territory of Tomsk oblast, based on definition of nature-climatic vulnerability. Initial data were processed with use of GIS Technology.

Задачи анализа, оценки и прогнозирования природных опасностей никогда не теряли своей актуальности. Наибольшую остроту они приобрели в последнее время, когда увеличивающаяся вариабельность гидрометеорологических характеристик на различных уровнях пространственной локализации все чаще генерирует опасные для человека ситуации. Сложность комплексного изучения природных опасностей обуславливается, прежде всего, их разнообразием, которое определяется множественностью географических, экологических обстановок и природно-климатических взаимосвязей в отдельно взятом регионе. При этом появляется необходимость в конкретной и территориально распределенной информации о явлениях или процессах, позволяющих сформировать детальный образ территории. На этапе региональной детализации общих закономерностей пространственного распределения различных природных опасностей практически безальтернативны геоинформационные технологии, дающие возможность визуального отображения совокупной картины природно-

климатической ситуации с одновременным анализом гидрометеорологических факторов и характера их взаимосвязей. Основной целью настоящего исследования является выявление, классификация, территориальная дифференциация опасных природных процессов на основе анализа природно-климатической уязвимости территории регионального уровня. Региональный анализ позволяет учесть специфику природных условий, дает более детальную картину, которая на федеральном уровне, как правило, обобщается. Анализ природных опасностей на территории Западной Сибири проводился на примере Томской области с учетом возможных изменений геосистем в условиях потепления климата. В основу исследования положены статистические данные за последний 30-летний период по 21 метеостанции Томской области.

Томская область – классический пример региона с высоким сырьевым потенциалом и суровых климатических условий. И если сырьевая независимость области дает ей стратегические преимущества по сравнению с другими территориями, то суровость климата является существенным ограничителем эффективности хозяйственной деятельности. По многим климатическим показателям (резкие колебания суточного и годового хода температур, сложная гидрологическая ситуация, длительный зимний период и т.д.) Томскую область относят к крайне некомфортным для жизнедеятельности территориям. Таежная зона Томской области характеризуется избыточным увлажнением – это одна из самых переувлажненных зон в России. В условиях изменения климата ситуация приобрела еще более острое и неоднозначное звучание.

Согласно полученным оценкам, на всей территории отмечался рост температуры со средней скоростью 0.34°C за 10 лет. Для обширной равнинной территории области фактически полученные значения повышения средней температуры за исследуемый период колеблются от 0.92°C до 0.68°C . Наиболее интенсивным потепление было в северных районах Томской области и на юго-востоке, наименее – в западных районах. Субмеридианально ориентированная зона, тяготеющая к Оби и ее крупным притокам, характеризуется относительно высокими значениями повышения средней температуры (до 0.85°C). Кроме этого, на территории Томской области существенно изменились даты начала и конца всех сезонов на более поздние сроки, за исключением весны. Так, зима стала короче в среднем на 10 дней в пользу увеличения весеннего периода.

Анализ временной изменчивости количества осадков показал, что в целом в регионе основной тенденцией является увеличение количества осадков. Тенденция роста сумм осадков наблюдается в центральных и южных районах области. Следует отметить, что для большинства этих территорий в последнее время отмечаются зональные активизации опасных экзогенных процессов: береговая, овражная эрозии, оползни и т.д. Другим важным результатом анализа изменчивости количества осадков является выявление факта снижения этого показателя для западных и северных районов Томской области.

Указанные тенденции создают предпосылки для развития опасных природных процессов. Так, при наблюдаемой тенденции повышения температуры воздуха возможно увеличение как суммарного, так и подземного

стока рек за счет роста интенсивности таяния снежного покрова и связанного с этим изменением соотношения составляющих водного баланса. С учетом данного процесса в большинстве случаев прогнозируется размыв берегов, затопление и подтопление речных долин и прилегающих территорий [1]. Методика оценки уязвимости включает 4 этапа. На первом этапе из комплекса природных факторов отбираются те, которые могут быть опасными для жизнедеятельности. Сформированная база данных по опасным метеорологическим и гидрологическим явлениям Томской области позволила провести классификацию основных опасностей природного характера. Основной вклад в природно-климатическую напряженность вносят ливневые осадки (30,4%), гидрологические явления (27,5%) и лесные пожары, обусловленные природными факторами (25,5%). Это объясняется, прежде всего, тем, что регион большей частью находится в лесоболотной зоне, где выпадение осадков значительно превышает испарение. Наличие больших лесных массивов на данной территории усугубляет пожароопасность. Такая ситуация характерна как в целом для области, так и для отдельных ее районов. По частоте проявления опасных природно-климатических событий область характеризуется как территория с умеренной опасностью - в различных районах области происходит от 110 до 165 опасных явлений в год.

Следующие этапы исследования предполагали бальную оценку степени опасности выделенных процессов, определение комплексного коэффициента напряженности, характеризующего природно-климатическую уязвимость территории в зависимости от видов опасных процессов, ранжирование территории по степени опасности и уязвимости. Чем выше уровень напряженности, тем более уязвима территория [2]. В коэффициенте напряженности увязываются несколько климатообусловленных факторов. Комплексный показатель напряженности выражается в процентах от максимально возможной напряженности и рассчитывается следующим образом:

$$NC = \frac{\sum_{i=1}^7 n_i \times 100}{7},$$
 где n_i - коэффициент, соответствующий оценке степени опасности семи климатических факторов (табл. 1).

Таблица 1. Параметры климатических факторов

	Климатические и метеорологические процессы	Оцениваемый параметр	Оцениваемое воздействие
1	Сила ветра	Число дней в году со скоростью ветра 15 м/с и более	Угнетение биоты, опасность ветровой эрозии.
2	Воздействие ливней	Число дней в году с ливнями	Ливневая эрозия (оврагообразование)
3	Резкость колебания температур на поверхности почвы	Максимальная амплитуда на поверхности почвы за апрель	Разрушение структуры почв, вымерзание культурных растений
4	Грозы	Максимальное количество гроз в год	Пирогенная опасность
5	Снеготаяние	Интенсивность снеготаяния	Ливневая эрозия (оврагообразование), плоскостной смыв, подтопление хоз. объектов талыми водами
6	Дефицит влаги	Количество дней в году с влажностью воздуха ниже 30 %	Опасность засух, угнетение биоты, пожаров
7	Воздействие низких температур	Количество дней в году с температурой ниже - 35°	Вымерзание культурных растений, угнетение биоты

Результирующие показатели привязывались к местоположению метеостанций. Для получения региональной оценки вариабельности того или иного показателя его значения интерполировались с использованием инструментов дополнительного модуля ArcGIS Spatial Analyst. Выполнение пространственной интерполяции проводилось без учета геоморфологических факторов, то есть результирующие данные использовались «как есть». Полученные результаты позволили выявить ряд особенностей климатических условий Томской области и дать пространственную оценку степени опасности явления и уязвимости территории.

Так, главной особенностью ветрового режима Томской области является существенная пространственная однородность случаев с сильными порывистыми ветрами (рис. 1). Если учитывать, что пороговые эрозионные значения скорости ветра для почв Томской области составляют от 5 до 12 м/с, а наибольшая повторяемость случаев с эрозионно-опасными ветрами приходится на весну и осень, то степень опасности ветровой эрозии почти на всей территории Томской области характеризуется как повышенная. Следует также отметить, что весеннее увеличение количества случаев с бурными ветрами, вызывающее иссушение поверхностного слоя почвы, отрицательно сказывается и на растительность. Интенсивное высушивание опада хвои, листьев, травы, как и ветровалы и буреломы, способствующие распространению огня при низовых пожарах, резко повышают пирогенную опасность. Это является одной из причин большого количества пожаров на территории в весенние месяцы.

Поскольку опасность стока талых вод возникает при интенсивном снеготаянии и большом запасе воды в снеге, то это создает условия для интенсивного развития процессов оврагообразования, плоскостного смыва, активизации гидрологических процессов (рис. 3).

Рис. 3. Оценка уровня опасности стока талых вод
1 – слабый; 2 – средний; 3 – высокий

Таким образом, пространственный анализ позволил охарактеризовать область как территорию с высоким уровнем уязвимости. Установлено, что к районам с высоким показателем уязвимости относятся не только север Томской области, но и юго-западная часть области. На севере основные опасности обусловлены температурным фоном. На юге основными лимитирующими факторами являются дефицит осадков в различные периоды вегетации, интенсивность снеготаяния, вызывающая ливневую эрозию, подтопление хозяйственных объектов талыми водами. Обращают на себя внимание довольно низкое значение коэффициента напряженности в центральной части области. Можно предположить, что такое относительное «смягчение» является результатом совокупного влияния крупных рек области (Обь, Кеть, Чулым) на данную территорию, оказывающих «отепляющий» эффект, в том числе отсутствие резких колебаний температур в вегетационный период и меньшую опасность ветровой эрозии. Проведенные исследования позволили уточнить общие оценки вариабельности климатических условий для Томской области и на фактическом материале с использованием ArcGIS проранжировать территорию области. Покомпонентный анализ выявил наиболее значимые природно-климатические факторы в формировании опасных ситуаций.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Экзогенные геологические процессы на территории томской области в 2002 г.: Инф. бюллетень. Томск: Территориальный центр «Томскгеомониторинг», 2003, Вып. 8. - 103 с.

2. Невидимова О.Г. Анализ природно-климатических опасностей на территории Томской области для оценки рисков природопользования [Текст]: / Невидимова О.Г., М.А. Мельник, Волкова Е.С. // Экология урбанизированных территорий. – 2009. - №2. – С. 71-77.

© О.Г. Невидимова, Е.П. Янкович, 2011

УДК 502

Н.Ю. Пичугина

СГГА, Новосибирск

КЛИМАТ КАК ФАКТОР, ВЛИЯЮЩИЙ НА КОМФОРТНОСТЬ СРЕДЫ ОБИТАНИЯ НАСЕЛЕНИЯ НОВОСИБИРСКОЙ ОБЛАСТИ

Для характеристики влияния климата на здоровье населения Новосибирской области использован показатель тепловой чувствительности - эффективная температура (ЕТ). В соответствии с полученными расчётами были сделаны выводы о влиянии климата на комфортность среды обитания населения.

N.Yu. Pichugina

SSGA, Novosibirsk

CLIMATE AS A FACTOR AFFECTING LIVING CONDITIONS OF NOVOSIBIRSK REGION POPULATION

To characterize the climatic effect on the health of Novosibirsk region population the author uses the term "effective temperature" as the thermal sensitivity index. It was concluded from the calculations that favorability of people living conditions depend greatly on the climate.

Все компоненты климата, так или иначе, влияют на здоровье население. Общеизвестно, что тепловое состояние человека существенно зависит от окружающей микроклиматической обстановки. Однако следует подчеркнуть, что микроклиматические параметры сами по себе еще не характеризуют в количественном отношении тепловое состояние организма. Необходим переход от метеорологических характеристик зоны жизнедеятельности человека к таким показателям теплового состояния человека, которые бы выражали соответствующие физиологические реакции организма на воздействие окружающей среды и в то же время поддавались количественному учету.

В настоящее время существует большое число различных методов оценки теплового состояния человека. Одним из них является использование «комплексных биоклиматических показателей» (которые, по сути, являются формализацией комплекса метеорологических факторов: температура воздуха, давление, влажность и скорость ветра, определяющих уровень тепловой нагрузки на человека). Как правило, эти индексы определяют диапазон значений метеорологических факторов, при которых человек будет чувствовать себя комфортно или (индексы холодового стресса и теплового удара) дискомфортно, т.е. биоклиматические индексы - показатели субъективного восприятия комфорта/дискомфорта.

Почти все параметры климата влияют на жизнь человека, однако наиболее существенными из них являются состав атмосферного воздуха, атмосферное давление, температура, относительная и абсолютная влажность воздуха, скорость ветра, солнечная радиация. Наиболее объективная оценка особенностей биометеорологических условий получается на основе комплексного учета упомянутых метеорологических элементов - биоклиматических индексов.

В зависимости от сочетания элементов, входящих в биоклиматические индексы, их условно можно разделить на температурно-влажностные, температурно-ветровые, температурно-влажностно-ветровые и т.д. Поскольку основной составляющей индексов является температура воздуха, то эффект воздействия комплекса элементов выражается в виде поправки к температуре воздуха, учитывающей теплоощущения человека и состояние его комфортности.

Из большого разнообразия существующих в биоклиматологии методов оценки влияния климата на человека здесь мы приведем лишь наиболее часто используемые при биоклиматической оценке городов, мест отдыха и туризма. Основной акцент будет сделан на комплексные показатели, отражающие тепловое состояние человека: это тепловой баланс тела человека, температурные шкалы и индексы, классификация погод по степени благоприятности воздействия их на человека.

Показателем тепловой чувствительности является эффективная температура ЕТ. Этот показатель, получивший широкое распространение, характеризует теплоощущения одетого человека и получен опытным путем для ряда сочетаний температуры и относительной влажности воздуха при неподвижном воздухе.

В табл. 1 представлены критерии тепловых нагрузок в зависимости от сезона года.

Таблица 1. Критерии тепловых нагрузок

Диапазон	Теплоощущение	Нагрузка
+ ЭТ °		
Более 30	Очень жарко	Сильная
30-24	Жарко	Умеренная
24-18	Тепло	Комфортно
18-12	Умеренно тепло	
12-6	Прохладно	
6-0	Умеренно	
- ЭТ °		
0— -12	Холодно	Умеренная
-12— -24	Очень холодно	Сильная угроза обмороживания
-24— -30	Крайне холодно	Очень сильная угроза обмороживания
Ниже -30		Чрезвычайно высокая вероятность замерзания

Аналитическое выражение для ЕТ предложено А. Миссенардом:

$$ЭТ = t - 0,4(t - 10)(1 - f/100), \quad (1)$$

где f – относительная влажность воздуха;

t – температура воздуха в градусах Цельсия [1].

Для описания климатического влияния на здоровье человека нами были выбраны 33 метеорологические станции, расположенные на территории Новосибирской области. Мы сделали выборку среднемесячных значений температуры воздуха, влажности с 1998 по 2008 года.

В табл. 2 представлены среднегодовые значения ЕТ для Новосибирской области в период отрицательных температур, °С

Таблица 2. Значения эффективных температур для зимнего периода с 1999-2008 гг., °С

Станция	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Кыштовка	-10	-12	-11	-8	-11	-12	-11	-12	-9	-9
Северное	-10	-12	-11	-8	-11	-12	-11	-11	-9	-9
Крещенка	-11	-12	-11	-8	-11	-12	-11	-11	-9	-10
Венгерово	-11	-12	-11	-9	-12	-12	-11	-12	-10	-9
Болотное	-10	-11	-11	-7	-9	-10	-7	-11	-8	-9
Усть-Тарка	-11	-7	-9	-8	-11	-12	-11	-12	-10	-9
Чаны	-10	-12	-12	-8	-11	-11	-11	-11	-9	-9
Барабинск	-10	-12	-11	-8	-11	-11	-3	-11	-9	-9
Убинское	-11	-12	-11	-8	-12	-12	-4	-12	-9	-9
Колывань	-10	-11	-10	-7	-10	-10	-3	-10	-8	-9
Мошково	-10	-11	-10	-7	-10	-10	-11	-10	-8	-9
Татарск	-10	-11	-11	-8	-11	-11	-11	-11	-9	-9
Каргат	-11	-12	-11	-8	-11	-11	-12	-11	-9	-10
Тогучин	-11	-11	-10	-7	-10	-11	-12	-10	-9	-10
Чулым	-10	-12	-11	-7	-11	-11	-11	-11	-9	-10
Огурцово	-10	-11	-10	-6	-10	-9	-11	-11	-10	-9
Квашнино	-10	-12	-12	-8	-12	-11	-11	-11	-8	-10
Коченево	-11	-11	-10	-7	-10	-10	-11	-9	-7	-8
Учебная при ГПТУ-7	-9	-10	-10	-6	-9	-9	-10	-10	-8	-9
Обская ГМО	-10	-11	-10	-6	-10	-10	-11	-10	-8	-9
Чистоозёрное	-11	-12	-11	-8	-11	-12	-11	-11	-10	-10
Здвинск	-11	-12	-11	-7	-11	-12	-11	-11	-9	-9
Ужаниха	-10	-11	-10	-7	-10	-11	-11	-11	-9	-9
Искитим	-11	-11	-10	-7	-10	-11	-19	-11	-9	-10
Довольное	-11	-8	-9	-7	-11	-11	-11	-10	-9	-10
Остров Дальний	-11	-11	-10	-6	-10	-10	-11	-10	-8	-9
Купино	-10	-11	-11	-7	-11	-11	-11	-10	-9	-9
Ордынское	-10	-11	-10	-6	-10	-10	-11	-10	-8	-9
Кочки	-11	-11	-10	-7	-11	-10	-11	-10	-9	-10
Посевная	-10	-11	-10	-7	-10	-10	-11	-10	-4	-9
Маслянино	-11	-11	-10	-7	-11	-11	-12	-10	-9	-10
Баган	-11	-11	-10	-7	-11	-11	-11	-11	-9	-10
Краснозерск	-10	-11	-10	-7	-11	-11	-11	-11	-9	-10
Сузун	-10	-10	-9	-6	-10	-10	-11	-10	-8	-10
Карасук	-10	-11	-10	-6	-10	-10	-11	-10	-9	-9

По полученным результатам среднегодовое значение эффективной температуры находится в интервале от -3 до -19 °С, что попадает в градацию «теплоощущение - холодно, нагрузка - умеренная». При этом значения в отдельные годы в зимний период опускаются ниже -26 °С, что означает «крайне холодно с очень сильная угроза обмороживания»- январь 2005 года; что же касается остальных зимних месяцев (ноября, декабря, февраля и марта), то здесь значения ЕТ находятся в интервале от -1 °С до -20 °С. Таким образом, по полученным значениям ЕТ можно сделать вывод, что в зимний период климат НСО отрицательно влияет на здоровье населения.

В таблице 3 представлены значения эффективной температуры для теплого периода года для Новосибирской области с 1999 по 2008 гг.

Таблица 3. Значения эффективных температур для теплого периода с 1999-2008гг, °С

Станция	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Кыштовка	11	11	11	10	11	11	11	10	11	11
Северное	11	10	11	10	11	11	11	10	11	11
Крещенка	11	10	11	10	11	11	11	10	11	11
Венгерово	11	11	11	10	12	11	12	11	11	11
Болотное	11	10	11	11	11	11	11	10	11	11
Усть-Тарка	12	11	11	10	12	11	12	11	12	11
Чаны	12	11	12	11	12	12	12	11	12	12
Барабинск	11	11	11	11	12	12	12	11	12	12
Убинское	11	10	11	10	11	11	11	10	11	11
Колывань	12	11	12	11	12	12	12	11	12	12
Мошково	11	11	11	11	11	11	12	10	10	11
Татарск	12	11	12	11	12	12	12	11	12	12
Каргат	11	11	11	11	12	11	12	11	11	11
Тогучин	11	11	11	11	11	11	11	10	11	11
Чулым	11	11	11	11	12	11	12	11	12	11
Огурцово	12	11	12	11	12	12	12	11	12	12
Квашино	12	11	12	11	12	12	12	11	12	12
Коченево	12	11	11	11	12	12	12	11	13	12
Учебная при ГПТУ-7	12	12	12	12	12	12	13	11	12	12
Обская ГМО	12	11	12	12	12	12	12	11	12	12
Чистоозёрное	12	12	12	11	12	12	12	12	12	12
Здвинск	12	11	12	11	12	12	12	11	12	12
Ужаниха	11	11	11	11	11	11	12	11	12	11
Искитим	12	11	12	11	11	12	12	11	12	11
Довольное	12	11	12	11	12	12	12	11	12	12
Остров Дальний	12	11	11	11	12	12	13	11	12	12
Купино	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
Ордынское	12	11	12	12	12	12	12	11	12	12
Кочки	12	11	12	11	12	12	12	11	12	12
Посевная	11	11	11	11	11	11	12	10	12	11

Маслянино	11	10	11	10	11	11	11	10	11	11
Баган	12	12	12	12	13	13	13	12	12	12
Краснозерск	12	12	12	12	12	12	13	12	13	12
Сузун	12	11	12	11	12	12	12	11	12	12
Карасук	13	12	13	12	13	13	13	12	13	13

Что же касается теплого периода года, то тут среднегодовые значения ЕТ варьируются от +10 до +13 °С, что попадает под градацию «прохладно, но комфортно для работы». Объяснения таким невысоким значениям я вижу в том, что в отдельные месяцы (апрель, сентябрь, октябрь) значения ЕТ не высоки, а в некоторые годы вообще являются отрицательными (октябрь 1999 года, ЕТ=-1 °С). Что же касается летних месяцев, то тут значения эффективной температуры попадает под градацию «тепло и комфортно по степени нагрузки».

Проанализировав полученные результаты, можно сказать о следующем:

1. Среднегодовое значение эффективной температуры попадают в интервал от -11 °С до +12 °С.
2. Среднегодовое значение ЕТ для холодного периода года находится в интервале от -3 °С до -19 °С, что попадает в градацию «теплоощущение - холодно, нагрузка - умеренная».
3. Среднегодовое значение ЕТ для тёплых месяцев варьируется от +10 до +13 °С, что попадает под градацию «прохладно, но комфортно для работы».

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Руководство по специализированному климатическому обслуживанию экономики [Текст] / под ред. д-ра геогр. наук, проф. Н.В. Кобышевой. -С.Пб.: Росгидромет, 2008.-336 с.

© Н.Ю. Пичугина, 2011

УДК 55 + 004.91

В.В. Рыкова

ГПНТБ СО РАН, Новосибирск

ПРОБЛЕМНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ БАЗЫ ДАННЫХ ГПНТБ СО РАН КАК ИНФОРМАЦИОННАЯ ОСНОВА ИССЛЕДОВАНИЙ ПО ГЕОНАУКАМ И ЭКОЛОГИИ

В статье дана краткая характеристика информационных ресурсов (библиографических БД) собственной генерации ГПНТБ СО РАН для информационного сопровождения научных исследований ученых и специалистов по геонаукам и экологии.

V.V. Rykova

State Public Scientific-Technological Library of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (SPSTL SB RAS), 15 Voskhod St., Novosibirsk, 630200, Russian Federation

PROBLEM-ORIENTED DATABASES OF SPSTL SB RAS AS AN INFORMATION BASE OF RESEARCH ON GEOSCIENCE AND ECOLOGY

A brief characteristics of information resources (bibliographic data bases) of own generation of SPSTL SB RAS for information support of researches of scientists and specialists on geoscience and ecology is given in the paper.

Информация является важной составляющей научных исследований, ее своевременное предоставление и анализ во многом определяют темпы достижения необходимых результатов. Отдел научной библиографии Государственной публичной научно-технической библиотеки Сибирского отделения Российской академии наук (ГПНТБ СО РАН) занимается информационной поддержкой научных программ институтов СО РАН путем создания проблемно-ориентированных баз данных (ПОБД).

Репертуар БД естественно-научной тематики довольно широк. ПОБД, создаваемые отделом научной библиографии по естественным наукам, можно разделить на две группы: региональные и нерегинальные. Группа региональных БД представлена следующими: «Водные ресурсы Сибири» «Природа и природные ресурсы Сибири и Дальнего Востока, их охрана и рациональное использование», «Проблемы Севера», «Четвертичный период в Сибири и на Дальнем Востоке», «Биоразнообразие Северной Евразии» и «Экология и охрана окружающей среды Западной Сибири», «Экология человека в условиях Сибири и Дальнего Востока». Все региональные БД, генерируемые ГПНТБ СО РАН, (кроме БД «Водные ресурсы Сибири») формируются с 1988 г. с ежегодным текущим пополнением от 300 до 11 000 документов. В них выделена специальная географическая рубрика,

которая дает возможность поиска материала и формирования массива документов по отдельным территориям Сибири, Дальнего Востока, российского или зарубежного Севера. Нерегиональные БД, включающие информацию по проблеме независимо от принадлежности к какому-либо району земного шара, имеют различные временные рамки. К ним относятся «Природные цеолиты», «Загрязнение и охрана окружающей среды», «Устойчивое развитие», «Метан угольных шахт».

Объем, ретроспектива, величина ежегодного пополнения информационного массива БД собственной генерации ГПНТБ СО РАН по наукам о Земле представлены в таблице.

Таблица. Проблемно-ориентированные БД собственной генерации ГНПТБ СО РАН по наукам о Земле

	Название БД	Рубрики БД	Хронологический охват	Количество документов (на янв. 2011 г.)	Ежегодное пополнение
1.	Природа и природные ресурсы Сибири и Дальнего Востока	Геология (литология, стратиграфия, палеонтология, тектоника, геоморфология, минералогия, геохимия, геофизика, полезные ископаемые), Климат, Воды, Почвы, растительный и животный мир, Ландшафты, Геоэкология, Охрана природы	1988 – по настоящее время	222 200	13 000
2.	Проблемы Севера	Геоморфология, Гляциология, Геокриология, Климат, Воды, Почвы, Полезные ископаемые, Экологические проблемы	1988 – по настоящее время	167 500	11 000
3.	Четвертичный период в Сибири и на Дальнем Востоке	Седиментология, Стратиграфия, Геохронология, Эволюция органического мира, Гидрогеология, геоэкология и геокриология, Палеообстановки и палеоклимат, Геодинамика и геоморфология	1988 – по настоящее время	8 100	1 000
4.	Водные ресурсы Сибири	Гидрология: водно-ресурсная характеристика, гидрография, гидрофизика, гидрохимия, гидробиология поверхностных и подземных вод, Загрязнение и охрана вод	1979-1991 гг.	8 600	-
5.	Экология человека в условиях Сибири и Дальнего Востока	Влияние природных и антропогенных факторов на здоровье человека, Проблемы адаптации, Факторы риска для здоровья	1988 – по настоящее время	9 200	1 000
6.	Экология и охрана окружающей среды Западной Сибири	Правовые, отраслевые, социально-экономические вопросы охраны, Экологический мониторинг, управление качеством среды, Загрязнение и охрана отдельных компонентов природы, Заповедное дело	1988 – по настоящее время	18 800	2 500

Окончание таблицы

	Название БД	Рубрики БД	Хронологический охват	Количество документов (на янв. 2011 г.)	Ежегодное пополнение
7.	Биоразнообразие Северной Евразии	Биоразнообразие растительного, животного мира, почв, микроорганизмов, генома человека, Экономика биоразнообразия	1988 – по настоящее время	3 500	250
8.	Природные цеолиты	Месторождения, Минералогия, Структура, Физико-химические свойства, Применение в различных отраслях хозяйства	1965-2000 гг.	8 900	-
9.	Метан угольных шахт	Факторы и процессы метановыделения на угольных шахтах, Внезапные взрывы и выбросы метана на угольных шахтах, Контроль газовыделения, Утилизация метана	1980 - 2010 гг.	4 500	-
10.	Загрязнение и охрана окружающей среды	Справочные, нормативно-методические, обзорные материалы по вопросам загрязнения и охраны природной среды, загрязняющих веществ и материалов, отходов, их обезвреживания и использования	1985 – по настоящее время	2 900	100
11.	Устойчивое развитие природы и общества	глобальные экологические проблемы, социальная экология, урбоэкология, рациональное использование природных ресурсов, экологизация промышленного производства, экологическая экспертиза, экологическое воспитание	1992 – по настоящее время	62 200	5 000

Отличительной чертой информационных ресурсов, генерируемых нашей библиотекой, является систематизация предложенных материалов по предметным и географическим рубрикам, что существенно облегчает для специалистов поиск релевантного (особенно регионального) материала. Особенностью региональных баз данных ГПНТБ СО РАН является географическая рубрика, которая включает не только район исследований, указанный в статье, но и более крупную единицу физико-географического или административного деления, что позволяет легко найти публикации по нужному региону. Исключением в них являются документы нерегionalного характера, неразрывно связанные по тематике с проблемами данного региона и имеющие значение для исследовательской и практической деятельности по его освоению. Например, в указатель и БД «Проблемы Севера», включаются все материалы, касающиеся многолетней мерзлоты.

Базы данных ГПНТБ СО РАН отличаются от других подобных БД тем, что включают самые разнообразные типы документов: монографии, учебные пособия, статьи из периодических и продолжающихся изданий и научных сборников, материалы конференций, авторефераты диссертаций, карты, атласы, патенты, научные отчеты, методические рекомендации. Источником формирования БД и указателей литературы является обязательный экземпляр отечественной литературы, который получает единственная библиотека в Сибири – ГПНТБ СО РАН, а также иностранной литературы, поступающей по Международному книгообмену и приобретаемой за валюту. Одна запись базы данных соответствует одному документу, которая включает полное библиографическое описание, аннотацию, географическую рубрику, переводы к зарубежным публикациям, разделы предметного рубрикатора. Как уже отмечалось, материал в базах данных систематизирован по предметным рубрикам, даются добавочные ссылки на другие области знания. Поиск материала в базах возможен по ключевым словам из заглавия, аннотации или перевода, авторам, редакторам, году и месту издания, географической или предметной рубрике, языку и виду публикации. При необходимости возможно объединить поисковые поля и осуществить «сложный» поиск по нескольким параметрам одновременно. Например, можно найти работы какого-либо автора за определенные годы, или монографии по заданной теме за какой-либо период, или публикации по нужному региону по заданной тематике.

Для расширения репертуара отбираемой литературы в новые ПОБД за счет включения электронных публикаций из удаленных БД нами изучен широкий спектр периодических изданий Научной электронной библиотеки и полнотекстовых БД зарубежных журналов издательств, свободный доступ к которым предоставлен для ГПНТБ СО РАН. Включение информации об электронных публикациях делает возможным оптимизировать структуру БД путем организации системы гиперссылок от библиографических описаний на полные тексты источников (Интернет-ресурсы, доступные БД иностранных журналов и т.д.).

Таким образом, ГПНТБ СО РАН обладает уникальными по тематическому, ретроспективному и географическому охвату информационными ресурсами

собственной генерации для сопровождения научных исследований в области геонаук и экологии. На основе БД возможно осуществление избирательного распространения информации по постоянно действующим запросам для оперативного регулярного снабжения ученых и специалистов материалами по избранной тематике в электронной или печатной форме. Все БД находятся в свободном доступе для пользователей Интернета на сайте библиотеки по адресу www.spsl.nsc.ru (рис. 1) (опции «Базы данных» или «Электронная библиотека»). Документы, информация о которых представлена в наших БД, хранятся в фондах ГПНТБ СО РАН или библиотеках сети, поэтому их можно легко получить по межбиблиотечному абонементу в электронной или традиционной форме. Информацию из БД собственной генерации ГПНТБ СО РАН можно также получить по электронной почте, обратившись по адресу onb@spsl.nsc.ru в Отдел научной библиографии.

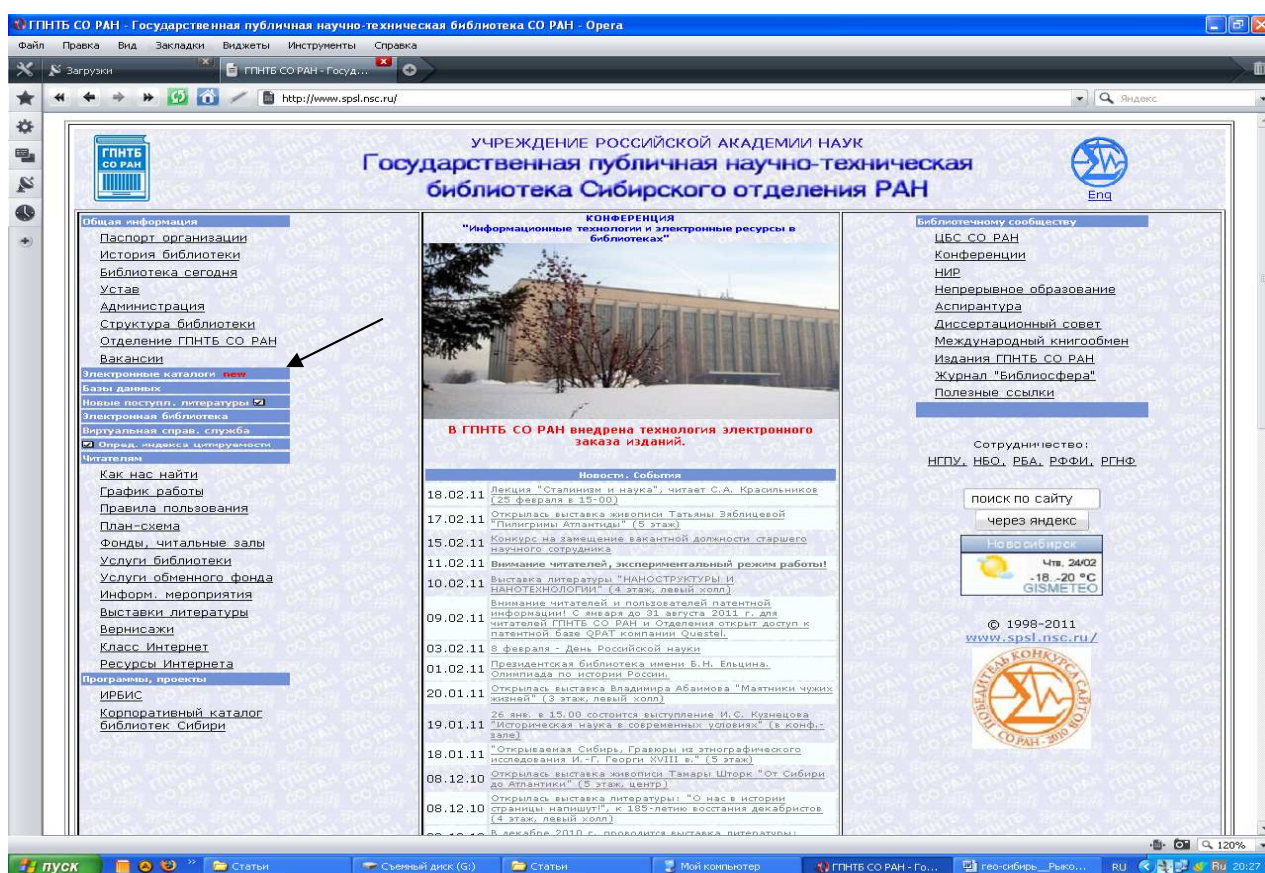


Рис. 1. Сайт ГПНТБ СО РАН

© В.В. Рыкова, 2011

УДК 656.225.073.436

В.И. Медведев, И.О. Тесленко, Е.М. Кучкина

СГУПС, Новосибирск

КЛАССИФИКАЦИОННЫЕ ИСПЫТАНИЯ ЖИДКИХ ПАРАФИНОВ КАК ОПАСНЫХ ДЛЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ ВЕЩЕСТВ

В соответствии с требованиями новых Правил перевозок опасных грузов (2010 года) разработаны классификация и условия перевозки жидких парафинов железнодорожным транспортом по железным дорогам страны и в международном сообщении. Экспериментально установлено воздействие парафинов на водную тестовую биоту и соответствие их свойств критериям опасности опасных грузов класса 9. Предложения по условиям перевозки, присвоении данным опасным грузам номера ООН 3082, классификационного шифра, кода опасности направлены в Дирекцию Совета по железнодорожному транспорту государств-участников Содружества.

V.I. Medvedev, I.O. Teslenko, E.M. Kuchkina

Siberian State Transport University, Novosibirsk

191 Dousya Kovalchuk Street, Novosibirsk, 630049, Russian Federation

CLASSIFICATION TESTS OF LIQUID PARAFFINS AS SUBSTANCES, WHICH IS DANGEROUS TO ENVIRONMENT

In accordance with the requirements of new regulations of the dangerous goods transportation (editing of 2010) arrangement and liquid paraffin's transportation conditions on railways for domestic and international transportation were developed. The paraffin's influence on water test-objects and corresponding their properties with danger criteria of dangerous goods class 9 were established experimentally. Propositions of transportation conditions and appropriation for these dangerous goods UN Number 3082, classification cipher and code, have been directed to Railway Transport Council's Directorate of the Commonwealth's nations-participants.

По статистическим данным, 24-27% перевозимого по железным дорогам Российской Федерации грузопотока приходится на опасные грузы. Безопасность перевозочного процесса зависит от технических условий перевозки груза, которые разрабатываются в соответствии с международно принятой классификацией опасных грузов. Классификация, в свою очередь, базируется на идентификации и измерении физико-химических, токсических, пожароопасных и других свойств веществ. Целью данной работы явилось исследование свойств веществ «Парафин нефтяной жидкий, фракция C₁₃» и «Парафин нефтяной жидкий, широкая фракция» производства ПО «Киришинефтеоргсинтез» для уточнения условий их перевозки в качестве

опасных грузов. Проведение классификационных испытаний для данных грузов (с возможной последующей корректировкой условий перевозки) предусмотрено новой редакцией Правил перевозок опасных грузов по железным дорогам [1], вступившей в действие 01.07.2010 года.

Парафин нефтяной жидкий, широкой фракции, получают из прямогонной гидроочищенной нефтяной фракции 200-320 °С путем адсорбции нормальных парафинов в стационарном слое молекулярных сит. Применяется в различных отраслях химической промышленности [2]. Парафин нефтяной жидкий, фракции C₁₃, получают выделением из широкой фракции парафинов нормального строения. Применяется для производства синтетических моющих средств, хлорпарафинов, высших спиртов и кислот, других продуктов [3].

Нефть и продукты ее переработки (нефтепродукты) в силу сочетания физико-химических и токсических свойств оказывают негативное воздействие на все компоненты окружающей природной среды. Наиболее уязвимыми являются водные объекты – поверхностные и подземные водоемы. Воздействие парафинов нефтяных жидких обусловлено, в первую очередь, их малой растворимостью в воде, плотностью менее 1000 кг/м³, склонностью образовывать стойкие тонкие пленки и эмульсии. Также они обладают хорошей проникающей и смачивающей способностью. Кроме того, парафины легко растворяют органические масла и жиры, что делает их опасными по отношению к водным организмам и водоплавающим птицам.

Согласно имеющимся литературным данным, жидкие парафины представляют опасность для водоемов, почвы и других объектов окружающей природной среды, однако степень выраженности опасности, ее количественная характеристика в нормативно-технической литературе отсутствует. В соответствии с критериями предыдущей редакции Правил перевозок опасных грузов (1995 г.) жидкие нефтяные парафины были отнесены к классу опасности 9 «Прочие малоопасные вещества» и категории 9113 – горючие жидкости с температурой вспышки в диапазоне 61-91 °С. Актуальная классификация такого вида опасности не предусматривает.

Проведен анализ литературных источников с целью выявления видов потенциальной опасности. Основные физико-химические и опасные свойства, а также их параметры приведены в табл. 1.

По степени воздействия на организм парафины нефтяные жидкие в соответствии с ГОСТ 12.1.007 [4] относятся к малоопасным веществам 4-го класса опасности. Представляют опасность при попадании на кожные покровы вследствие быстрого проникновения. Не представляют опасности для человека на открытом воздухе; внутри помещения вызывает головокружение [5, 6]. Парафин нефтяной жидкий, широкой фракции опасен для окружающей природной среды. В воде не растворяется, токсично действует на гидробионтов (рыб, дафний и др.). При попадании в почву снижает ее плодородие [5].

Классификационные испытания грузов веществ были проведены на экспериментальной базе ФГУ «Центр лабораторного анализа и технических измерений (ЦЛАТИ) по Сибирскому федеральному округу» по международной методике [7]. Результаты исследования дают количественные показатели

действия парафинов на тестовую биоту, что позволяет классифицировать их в отношении опасности для окружающей природной среды. На основании результатов экспериментальных исследований сделан вывод, что, независимо от других показателей, определяемых согласно международной методике [7], проведенные испытания позволяют отнести жидкие парафины к экотоксичным грузам класса 9. По-видимому, аналогичные результаты следует ожидать при испытании жидких нефтяных парафинов всех марок.

Таблица 1. Физико-химические, опасные и другие показатели парафинов нефтяных жидких [2, 3]

Наименование показателя	Значение показателя	
	Парафин нефтяной жидкий, фракция C ₁₃	Парафин нефтяной жидкий, широкая фракция
Внешний вид	Прозрачная жидкость, не содержащая взвешенных и осевших посторонних примесей, в том числе и воды	Прозрачная, бесцветная или слегка желтоватая жидкость
Физическое состояние (агрегатное состояние, цвет, запах)	Малолетучая прозрачная подвижная жидкость без запаха	Малолетучая прозрачная подвижная жидкость без запаха
Фракционный состав, °C начало кипения, не ниже конец кипения, не выше	175 260	190 310
Плотность при 20 °C, г/см ³	0,760-0,780	0,702-0,778
Температура вспышки, °C	77	65
Температура воспламенения, °C	103	Нет данных
Температура самовоспламенения, °C	202	185
Температура плавления, °C	ниже минус 5	Нет данных
Предельно допустимая концентрация, мг/м ³	900	900
Опасные продукты горения и термодеструкции	Углерода оксид (CO) и диоксид (CO ₂)	Углерода оксид (CO) и диоксид (CO ₂)
Оценка токсичности [4, 5, 6]	Малоопасное вещество 4 класса опасности	Малоопасное вещество 4 класса опасности

Рекомендовано отнесение рассмотренных веществ к классу транспортной опасности 9, группе упаковки III, присвоение классификационного шифра 9063 – «Загрязнитель водной среды», номера ООН 3082 – «Вещества, опасные для окружающей среды, жидкие, н.у.к. (не указанные конкретно)».

В связи с разработанной классификацией рекомендуется изменить для изучаемых грузов аварийную карточку с номера 901 на 906, как более адекватную, установленным порядком. Для этого необходимо обратиться в Дирекцию Совета по железнодорожному транспорту с просьбой о

корректировке издания [8] в соответствующей части аварийных карточек номеров 901 и 906.

Как научный и нормативный итог работы в табл. 2 представлены результаты корректировки условий перевозки в части классификации (для измененных показателей: слева – указания правил, справа – разработанная классификация).

Таблица 2. Корректировка условий перевозки опасных грузов «Парафин нефтяной жидкий, фракция С13» и «Парафин нефтяной жидкий, широкая фракция» по результатам классификационных испытаний

Наименование показателя	Значение показателя
Номер ООН	– /3082 - изменяется
Номер аварийной карточки	901/906- изменяется
Классификационный шифр	–/9063- изменяется
Классификационный код	М6 ¹⁾ –не изменяется
Код опасности	90 ²⁾ – не изменяется
Род вагона, тип контейнера	ВЦ, КЦ ³⁾ –не изменяется
Вид отправки	П, К ⁴⁾ -не изменяется
Номер знака опасности	9-не изменяется
Штемпели в накладной	«Прочие опасные вещества» - не изменяется
Специальные трафареты на цистерне	«Парафин жидкий», «Х», трафарет приписки- не изменяется
Специальные условия	25, 55, 59 ⁵⁾ /25, 55- изменяется

Условные обозначения (принятые в правилах [1]):

¹⁾ М6 – Вещества, опасные для окружающей среды, а именно загрязнитель водной среды жидкий;

²⁾ 90 – опасное для окружающей среды вещество;

³⁾ ВЦ – вагоны-цистерны; КЦ – специализированные контейнеры-цистерны грузоотправителей (грузополучателей);

⁴⁾ П – повагонная отправка; К – контейнерная отправка;

⁵⁾ 25 – специальные цистерны грузоотправителя (грузополучателя) или арендованные; 55 – для данного груза при заполнении накладной номер ООН не указывается, а наименование груза является надлежащим;

59 – условия перевозок действительны по 31 декабря 2010 года.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Правила перевозок опасных грузов по железным дорогам стран – участниц СНГ. – Новосибирск, 2010. – 584 с.

2. ТУ 0255-052-04689375-2000 Парафин нефтяной жидкий, широкая фракция.

3. ТУ 0255-022-05766480-2006 Парафин нефтяной жидкий, фракция С₁₃.

4. ГОСТ 12.1.007-76 ССБТ. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности.
5. Паспорт безопасности вещества (материала) «Парафин нефтяной жидкий, широкая фракция» РПБ № 05766480.02.13908 от 15.06.2005.
6. Паспорт безопасности вещества (материала) «Парафин нефтяной жидкий, фракция C₁₃» РПБ № 05766480.02.18749 от 26.12.2007.
7. Рекомендации по перевозке опасных грузов. Типовые правила. Том I, II. Пятнадцатое пересмотренное издание. - ООН, Нью-Йорк и Женева, 2007. – 430 с.
8. Аварийные карточки на опасные грузы, перевозимые по железным дорогам стран СНГ, Латвийской Республики, Литовской Республики, Эстонской Республики (утверждены на 48 заседании Совета по железнодорожному транспорту государств-участников Содружества 29-30 мая 2008 года). – Новосибирск, 2010. – 752 с.

© В.И. Медведев, И.О. Тесленко, Е.М. Кучкина, 2011

УДК: 511.510.3: 577.47: 519.283

Т.И. Савченко, О.В. Чанкина, С.А. Попова, К.П. Куценогий

ИХКГ СО РАН, Новосибирск

РОЛЬ АТМОСФЕРНОГО АЭРОЗОЛЯ В БИОГЕОХИМИЧЕСКИХ ЦИКЛАХ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ

Методом корреляционного анализа показано существование тесной взаимосвязи между концентрациями элементов, содержащихся в атмосферном аэрозоле, в крови и тканях животных разного вида, в диете, а также в некоторых компонентах биогеоценоза (в почве, растениях, грибах). Атмосферные аэрозоли играют, вероятно, важную роль в биогеохимических циклах химических элементов.

T.I. Savchenko, O.V. Chankina, S.A. Popova, K.P. Koutzenogii

Institute of Chemical Kinetics and Combustion (ICHKC),

Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences

3, Institutskaya, Novosibirsk, 630090, Russian Federation

ROLE OF ATMOSPHERIC AEROSOL IN BIOGEOCHEMICAL CYCLING OF CHEMICAL ELEMENTS

The method of correlation analysis indicates the close interaction between the concentrations of chemical elements, contained in atmospheric aerosol, human blood, the tissues of various animals, diet (food ration) and other components of biogeocenosis (soil, plants, mushrooms). The atmospheric aerosols are likely to play an important role in the biogeochemical cycling of chemical elements.

Биосфера в целом представляет собой единую, динамичную, относительно уравновешенную экологическую систему, в которой живые организмы связаны между собой цепями питания и с окружающей средой. Большое значение в структуре биосферы имеют биогеохимические пищевые цепи (почвообразующие породы, почвы, воды, воздух, растения, животные, человек), по которым идет миграция химических элементов через окружающую среду и организмы.

Содержание химических элементов в тканях человека и животных очень важно для здоровья, как человека, так и животных. Однако, относительно мало известно о путях поступления микроэлементов в организм из окружающей среды через пищевые цепи к человеку и животным.

В формировании не только глобальных, но и локальных циклов химических элементов существенная роль принадлежит атмосферной составляющей. Атмосферные аэрозоли играют важную роль во многих атмосферных процессах. Несмотря на многочисленные исследования, как

атмосферных аэрозолей, так и макро- и микроэлементов, данные о количественной связи химических элементов в тканях организмов с объектами окружающей среды, например с аэрозолями, немногочисленны.

В данном сообщении методом корреляционного анализа исследовалась количественная взаимосвязь между химическими элементами, содержащимися в атмосферном аэрозоле (АА), в крови человека и тканях животных разного вида, в диете, а также в некоторых компонентах биогеоценоза (в почве, в растениях, в грибах).

Материалы и методы. Нами получен большой материал по многоэлементному составу различных биологических систем (кровь людей Севера и г. Новосибирска, ткани разного вида животных, компоненты пищи человека и животных) и объектов геохимической среды, в частности атмосферных аэрозолей Сибири и других регионов [1-3]. Для этого применяли метод рентгенофлуоресцентного анализа с использованием синхротронного излучения (РФА СИ).

Взаимосвязь между многоэлементным составом крови человека и тканей животных разного вида, рационом питания, других компонентов биогеохимической цепи и атмосферных аэрозолей (АА) была исследована методом корреляционного анализа. Зависимость исследуемых величин представляется уравнением линейной регрессии: $y = a + b \cdot x$, где y и x – логарифмы ($\ln$) среднегеометрических значений концентраций (C) элементов субстратов. Теснота связи количественно выражается величиной коэффициентов корреляции r и служит оценкой соответствия уравнению регрессии. Статистические характеристики элементного состава и коэффициенты корреляции определялись с помощью пакета прикладных программ Microsoft Excel и Statistica.

Результаты.

Исходными данными для исследования послужили элементный состав:

1. Атмосферный аэрозоль (АА) разных регионов Сибири и Севера;
2. Кровь тундровых ненцев, чукчей, эскимосов и русских людей из г. Новосибирска;
3. Образцы печени и костных тканей двух видов мелких млекопитающих, относящихся к разным трофическим группам – растительноядной европейской рыжей полевки (*Clethrionomys glareolus* Shreber, 1780) и насекомоядной средней бурозубки (*Sorex caecutiens* Laxmann, 1788), совместно обитающие на территории Среднего Урала;
4. Шерсть и костные ткани диких копытных животных (кабана, марала, горного козла, зубра);
5. Традиционный рацион питания северных аборигенов: мышечные ткани оленя, рыб (щука, плотва, горбуша) и ягод (клюква, брусника);
6. Компоненты питания мелких млекопитающих;
7. Разные органы солодки уральской, почва на которой она произрастает (Новосибирская обл.), плодовые тела шляпочных грибов и почва среды их обитания;
8. Вода реки «Канчалан» (Чукотка) и озера Байкал.

Ранее американскими учеными методом корреляционного анализа было показано существование тесной взаимосвязи многоэлементного состава крови людей, проживающих в Англии, и глобальных аэрозолей [4]. Нами проведены аналогичные исследования на примере многоэлементного состава атмосферных аэрозолей, собранных на Севере и в г. Новосибирске, и крови тундровых ненцев, чукчей, эскимосов и русских людей. Выявлена на региональном уровне высокая корреляционная зависимость между содержанием химических элементов в крови людей разного пола и в атмосферном аэрозоле.

Важным выводом этих работ с позиций глобальных биогеохимических циклов следовых элементов в биосфере при оценке их влияния на здоровье населения крупных промышленных центров заключается в том, что наиболее значимым фактором являются атмосферные аэрозоли (рис 1).

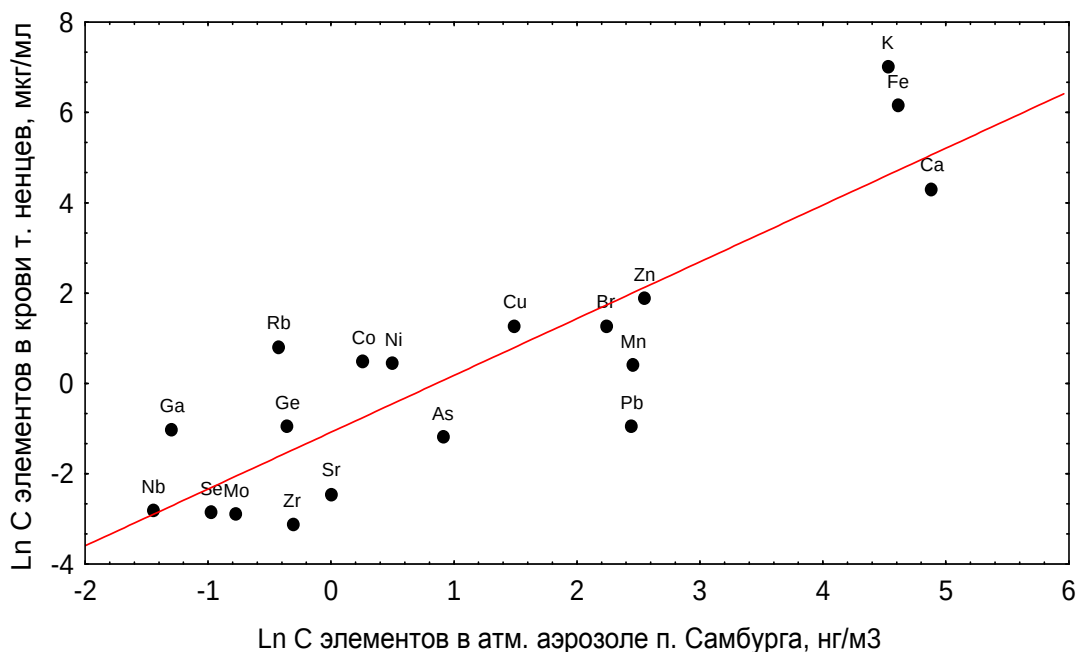


Рис. 1. Взаимосвязь концентраций элементов в атмосферном аэрозоле Севера и в крови тундровых ненцев ($y = -1.9 + 1.5x$, $r = 0.89$)

Чтобы сделать заключение о том, что атмосферный аэрозоль является наиболее значимым в миграции химических элементов по биогеохимическим пищевым цепям, мы продолжили исследования в этом направлении.

В таблице приведены данные корреляционного анализа элементного состава атмосферного аэрозолей с компонентами биогеоценоза. Видно, что для всех сопоставлений концентраций элементов объектов исследования наблюдаются высокие показатели коэффициентов корреляции ($r = 0.7 - 0.9$), что позволяет сделать заключение о наличии тесной линейной связи между объектами. В качестве примера приведено графическое отображение взаимосвязи многоэлементного состава атмосферного аэрозоля и шерсти зубра приведено на рис 2.

Можно предположить, что, по-видимому, важным источником следов элементов, которые входят в пищевую цепь и в итоге, обогащают кровь и ткани

организма, являются атмосферные аэрозоли, поскольку они, обогащенные некоторыми элементами, переносятся на большие расстояния и оседают на поверхности, с которой начинается пищевая цепь. Недооценка роли атмосферных аэрозолей в глобальном кругообороте элементов может плохо сказаться на решении вопроса о степени влияния природных и техногенных факторов на живое вещество и не позволит нейтрализовать отрицательное воздействие токсических концентраций элементов.

Таблица. Данные корреляционного анализа элементного состава атмосферного аэрозоля с компонентами биогеохимических цепей

Объекты исследования	Компоненты регрессии	Уравнение регрессии	(r)
Кровь человека (y) – аэрозоль (x)			
Жители г. Новосибирска	Кровь (y) – аэрозоли (x)	$y = - 2.5 + 1.0 x$	0.80
Тундровые ненцы	Кровь (y) – аэрозоли (x)	$y = - 1.9 + 1.5 x$	0.89
Чукчи	Кровь (y) – аэрозоли (x)	$y = - 1.8 + 1.4 x$	0.89
Эскимосы	Кровь (y) – аэрозоли (x)	$y = - 1.6 + 1.4 x$	0.87
ткани млекопитающих Среднего Урала (y) – атмосферный аэрозоль (x)			
Средняя бурозубка	Печень – аэрозоли	$y = - 0.47 + 1.37 x$	0.71
Рыжая полевка	Печень – аэрозоли	$y = - 0.19 + 1.39 x$	0.78
Рыжая полевка	Кости – аэрозоли	$y = 0.91 + 1.47 x$	0.76
Ткани копытных животных Горного Алтая (y) – атмосферный аэрозоль (x)			
Дикий кабан	Шерсть – аэрозоли	$y = - 0.4 + 0.9 x$	0.88
Марал	Шерсть – аэрозоли	$y = 0.4 + 1.2 x$	0.87
Зубр	Шерсть – аэрозоли	$y = 0.19 + 0.9 x$	0.94
Горный козёл	Шерсть – аэрозоли	$y = - 0.6 + 0.82 x$	0.82
Дикий кабан	Кости – аэрозоли	$y = 0.1 + 1.2 x$	0.88
Косуля	Кости – аэрозоли	$y = - 0.01 + 1.18 x$	0.87
Горный козел	Кости – аэрозоли	$y = -0.21 + 1.18 x$	0.87
Виды пищевых компонентов (y) – атмосферный аэрозоль (x)			
Северный олень	Мышцы – аэрозоли	$y = - 0.07 + 1.33 x$	0.79
Щука	Мышцы – аэрозоли	$y = - 0.51 + 1.53 x$	0.80
Плотва	Мышцы – аэрозоли	$y = 0.009 + 1.54 x$	0.81
Горбуша (Чукотка)	Мышцы – аэрозоли	$y = 0.2 + 1.0 x$	0.77
Брусника	Плоды – аэрозоли	$y = - 0.5 + 1.17 x$	0.73
Клюква	Плоды – аэрозоль	$y = - 0.25 + 0.99 x$	0.62
Атмосферный аэрозоль (y) – вода (x)			
Канчалан (Чукотка)	Вода – аэрозоль	$y = 0.95 + 0.4 x$	0.78
Байкал	Вода – аэрозоль	$y = - 1.12 + 0.94 x$	0.69
рацион питания мелких животных (y) – атмосферный аэрозоль (x)			
Средняя бурозубка	Рацион – аэрозоли	$y = 1.3 + 1.47 x$	0.84
Рыжая полевка	Рацион – аэрозоли	$y = 1.29 + 1.37 x$	0.78
органы солодки уральской (y) – атмосферный аэрозоль (x)			
Подземные	Корневище – аэрозоли	$y = 0.02 + 1.05 x$	0.90
Надземные	Листья – аэрозоли	$y = -0.13 + 1.12 x$	0.91
Репродуктивные	Бобы – аэрозоли	$y = -0.5 + 1.0 x$	0.85
Почвы (y) – атмосферный аэрозоль (x)			
Горный Алтай	Почва – аэрозоли	$y = 3.14 + 1.28 x$	0.76
Новосибирская обл.	Почва – аэрозоли	$y = 1.96 + 1.08 x$	0.85
Плодовое тело гриба (y) – атмосферный аэрозоль (x)			

Шампиньон обыкновенный	Шляпка – аэрозоли	$y = 0.55 + 0.90 x$	0.83
	Ножка - аэрозоли	$y = - 0.24 + 0.89 x$	0.78
Груздь сырой	Шляпка – аэрозоли	$y = - 0.20 + 0.73 x$	0.79
	Ножка - аэрозоли	$y = - 0.98 + 0.92 x$	0.82
Масленок лиственничный	Шляпка – аэрозоли	$y = - 0.07 + 0.95 x$	0.79
	Ножка - аэрозоли	$y = - 0.34 + 0.93 x$	0.67
Подберезовик	Шляпка – аэрозоли	$y = 0.02 + 0.80 x$	0.71
	Ножка - аэрозоли	$y = - 0.13 + 0.88 x$	0.82

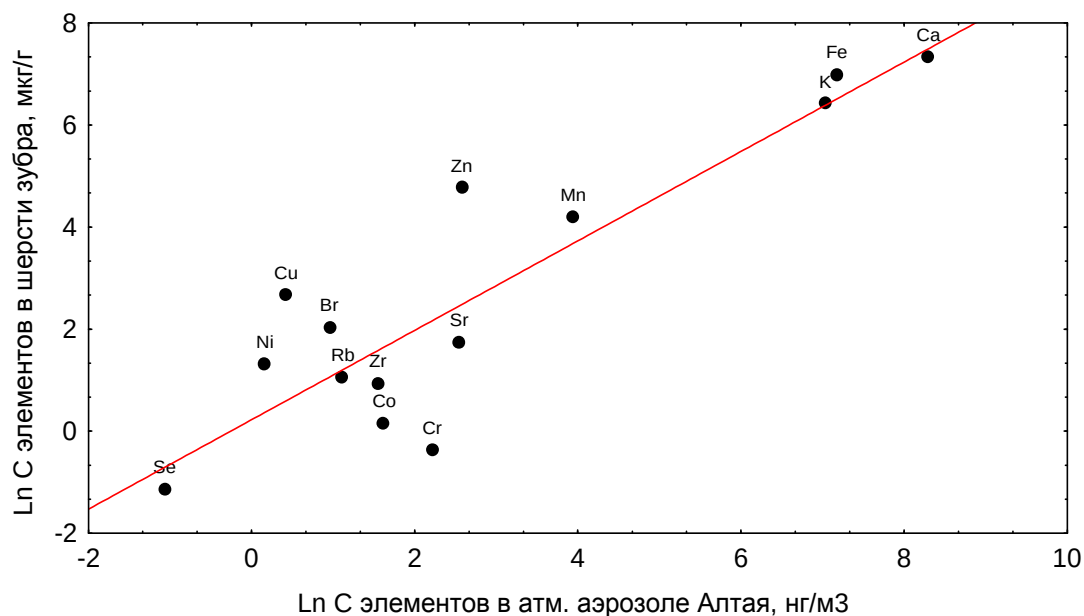


Рис. 2. Взаимосвязь элементного состава шерсти зубра и атмосферного аэрозоля ($y=0.19+1.9 x$, $r = 0.94$)

Заключение

1. Найдены функциональные зависимости количественной связи многоэлементного состава биологических систем и характеристик окружающей среды, в частности атмосферного аэрозоля. Выявлена тесная связь между этими объектами.

2. Полученные результаты исследования взаимосвязей элементного состава атмосферных аэрозолей (АА) и тканей животных, а также АА и компонентов питания человека и животных являются подтверждением важной роли атмосферных аэрозолей в миграции химических элементов по биогеохимическим цепям.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Куценогий К.П., Савченко Т.И., Чанкина О.В, Э.Я. Журавская Э.Я., Гырголькау Л.А.. Элементный состав крови и волос коренных жителей Севера с разной биогеохимической средой обитания. // Химия в интересах устойчивого развития. – 2010 .- Т. 18. - №1. С.51-61.

2. Koutzenogii K., Savchenko T., Chankina O., Kovalskaya G, Osipova L., Bgatov A. Radiation X-Ray fluorescence Analysis (SRXRF) for Measuring the

Multielement Composition of Samples of Biogenic Nature. // J. Trace Microprobe Techniques. - V.21. – 2. P. 311-325.

3. Интеграционные проекты, вып.9: «Аэрооли Сибири» /Под ред. д.ф.-м. н. Куценого К.П. Новосибирск: изд. СО РАН, 2006. 548 с.

4. Walter John. Relationship between trace element concentrations in human blood and atmospheric aerosol // Sci. Total Environ. 1983. V. 27. P. 21-32

© *Т.И. Савченко, О.В. Чанкина, С.А. Попова, К.П. Куценогий, 2011*

УДК 502:630

Л.К. Трубина, Д.В. Панов, Б.В. Селезнев, С.Ю. Рыгалова
СГГА, Новосибирск

ПРОСТРАНСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ ВОДОСБОРОВ МАЛЫХ РЕК В ОКРЕСТНОСТЯХ Г. НОВОСИБИРСКА

Представлены результаты пространственного анализа водосборов малых рек г. Новосибирска. Работа выполнена средствами ГИС-технологий, построена ЦМР, определены гидрологические показатели и систематизированы сведения о загрязнителях малых рек за последние 50 лет.

L.K. Trubina, D.V. Panov, B.V. Seleznev, S.Yu. Rygalova
SSGA, Novosibirsk

SPATIAL ANALYSIS OF SMALL RIVERS CATCHMENT AREA AROUND NOVOSIBIRSK

The results of the spatial analysis of the small rivers catchment area around Novosibirsk are presented. The work was conducted by GIS-technologies. DTM has been developed, hydrological indicators have been determined and the data on the small rivers pollutants (for the last 50 years) have been systematized.

Среди комплекса экологических проблем крупного города одной из важных является загрязнение водных объектов, в том числе малых рек.

Город Новосибирск, достиг урбанистических размеров на Приобском плато в долинах рек Оби и Ини, включая малые реки: Ельцовка-1, Ельцовка-2, Каменка, Камышенка, Плющиха, Нижняя Ельцовка, Тула. Общая протяженность рек в городской черте составляет 100 км, при этом порядка 15 км рек заключено в трубы и водопропускные коллекторы. Для всех малых рек отмечается захламленность, многочисленные несанкционированные свалки по берегам, строительные работы вблизи рек, ведущиеся без учета гидрологического состояния, что приводит к поднятию русел малых рек на 2-3 метра. Поэтому геоэкологическое состояние малых рек и их бассейнов в настоящее время вызывает озабоченность общественности и является предметом исследования. [1].

Для эффективного решения этой задачи требуется сбор и пространственный анализ разнообразных данных, что может реализоваться средствами геоинформационных технологий. Информационное обеспечение исследований малых рек, на наш взгляд, должно включать следующие основные блоки:

1. Природный (гидрографическая сеть, элементы ландшафта, растительность);

2. Антропогенный (транспортная сеть (железные и автодороги), земли сельскохозяйственного, промышленного и иного назначения, источники загрязнения и т.д.);

3. Экологического контроля (расположение пунктов отбора проб воды и результаты анализа (в таблицах и гистограммах)).

Важным составляющим элементом геоинформационного обеспечения является цифровая модель рельефа (ЦМР), поскольку морфология рельефа в значительной степени определяет перемещение потоков вещества в природе. Следует отметить, город делится Обью на западную (левобережную) и восточную (правую) части, резко различающиеся по рельефу, от равнинного в западной до перехода к горному рельефу Салаирского кряжа в восточной.

Для анализа водосборов малых рек была создана ЦМР на данную территорию. В качестве источника данных использовались листы топографической карты масштаба 1:25 000, набор характерных точек осуществлялся по структурным линиям рельефа и горизонталям, что позволило сформировать вполне адекватную геометрически точную модель. На рис. 1 представлен фрагмент трехмерной модели рельефа г. Новосибирска и его окрестностей.

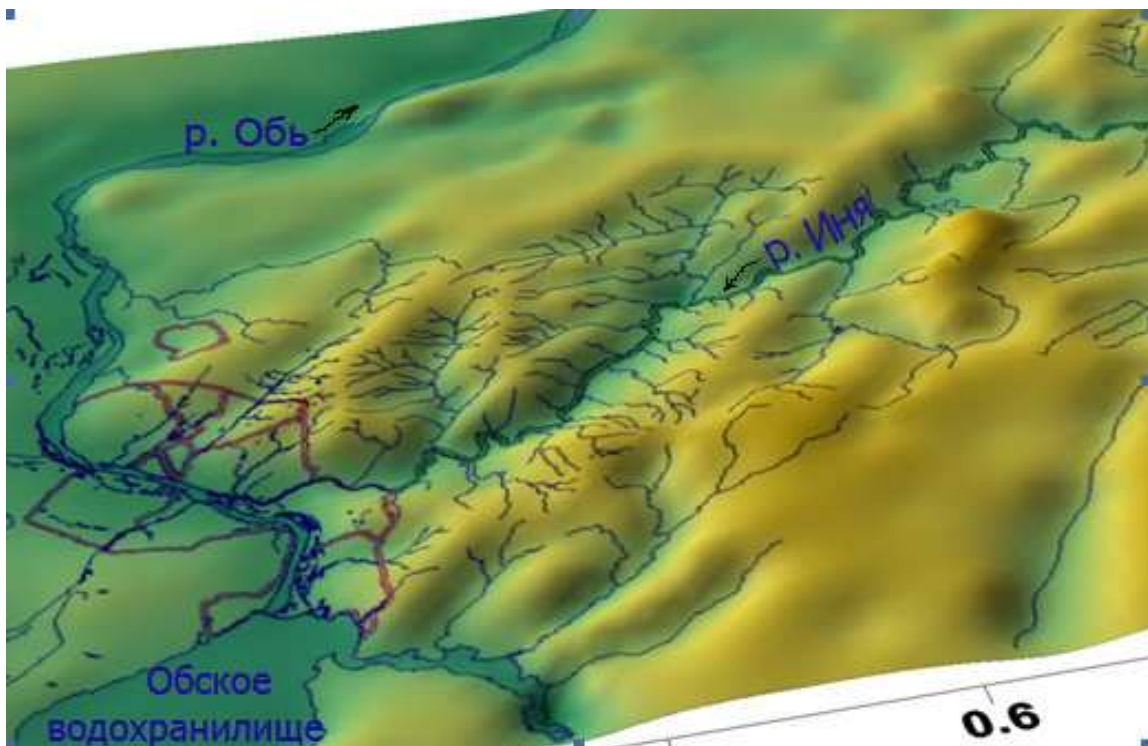


Рис. 1. Фрагмент трехмерной модели рельефа г. Новосибирска

При анализе состояния малых рек важна детальность отображения рельефа, особенно с учетом техногенно-антропогенной нагрузки, которая является преобладающей. Поэтому для некоторых долин рек ЦМР построена с детальностью, соответствующей масштабу 1:10 000. Выделены территории оврагообразования, эрозионная сеть. На основе ЦМР был проведен

морфометрический анализ водосбора рек и рассчитаны следующие показатели: площадь и длина водосбора, средняя ширина водосбора, средний уклон водосбора, длина реки, коэффициент извилистости, уклон реки, объем стока, расход воды на меженный период. Эти показатели применимы на различных этапах строительства и хозяйственной деятельности, влияющих на состав и свойства воды в случае необходимости ЦМР позволяет получать промежуточные данные в любой точке водосбора или в поперечнике реки.

Наибольшая площадь водосбора имеет р. Каменка - 121 км², что примерно в 2 раза превышает водосбор других перечисленных рек в черте города. При этом уклон р. Каменки минимальный (порядка 1,5⁰), а коэффициент извилистости максимальный (1,6) среди рассматриваемых водотоков. Эти природные условия способствовали преимущественному освоению населением долины реки Каменка, обеспечивающей строительство временных жилых строений, использование воды для бытовых целей, а в последующем утилизацию отходов жизнедеятельности. Со временем, такое активное освоение долины реки привело к изменению русла, что показано на рис. 2.



Рис. 2. Изменение русла р. Каменка

Кроме ЦМР создана геопространственная база данных, в среде ГИС, с привлечением архивных и современных материалов обследования малых рек, предоставленных институтом санитарии и гигиены г. Новосибирска. Сформированы следующие слои: гидросеть, транспортная сеть (железные и автодороги), источники загрязнения (точечные и площадные), земли сельскохозяйственного, промышленного и иного назначения, контуры

элементов ландшафта. Отдельным слоем показаны места расположения точек отбора проб, и указаны значения контролируемых ингредиентов. Результаты работы представлены в таблицах и гистограммах.

С развитием города изменилась роль малых рек в жизнеобеспечении населения (от источников превратились в пути сброса жидких отходов производства и т.д.), однако, геоэкологические функции сохранились, хотя практически не иссекаем источник питания Ельцовки-1 и 2, Каменки, Камышенки, Плющихи и других малых рек. Он расположен на северо-востоке Новосибирска, малоосвоенной сельскохозяйственной территории, так называемая Сокурская возвышенность входящая в систему Колывань-Томской возвышенности. Абсолютные высоты положительных форм рельефа изменяются в пределах 220 - 248 м, развита речная сеть, с хорошо врезанными долинами рек и разветвленной балочной сетью, достигающей в глубину 25 ÷ 100 м. Углы наклона склонов изменяются от 5 до 10°, а иногда уклон достигает 30 ÷ 35°. Данная территория может быть оформлена как природный парк, формирующий водный комплекс города. Сохранение участка как особо охраняемой территории важно для обеспечения процессов сбора поверхностных и грунтовых вод долинами малых рек с последующим их разбавлением и перемещением в главную реку.

В правовом аспекте не определен экологический или санитарно-гигиенический статус малых рек в черте города. В прошлом они относились к первой и второй категории водопользования. На них были определены места выпуска сточных вод. В настоящее время они являются инженерно обустроенными водотоками в верхней части и коллекторами по отводу дождевых и талых вод в нижней части реки. Показатели контроля качества вод малых рек не могут быть использованы для разработки водоохранных мероприятий т.к. для них не применимы санитарно-эпидемиологические или экологические нормы.

Таким образом, создаваемое геоинформационное обеспечение должно послужить базой для составления экологических паспортов малых рек г. Новосибирска и последующего обоснования необходимых природоохранных мероприятий.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Яцков, М.И. Обследование санитарного состояния малых рек города Новосибирска [Текст] / М.И. Яцков // Электронная статья www.Yandex.ru
2. Симонов, Ю.Г. Морфометрический анализ рельефа [Текст] / Ю.Г. Симонов // Москва-Смоленск: Изд-во СГУ, 1998. – 272 с., ил.

© Л.К. Трубина, Д.В. Панов, Б.В. Селезнев, С.Ю. Рыгалова, 2011

УДК 631.427+591.9

М.В. Якутин

ИПА СО РАН, СГГА, Новосибирск

В.С. Андриевский

ИПА СО РАН, Новосибирск

БИОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ В МОНИТОРИНГЕ ПОЧВ ОЗЕРНЫХ РАВНИН ЗАПАДНОЙ МОНГОЛИИ

Настоящее исследование было проведено в зоне пустынь Западной Монголии, на Озерной равнине. Было изучено состояние зоо-микробиального комплекса в ряду наиболее типичных почв данного региона. Делается вывод, что почвенно-биологические методы могут использоваться в практике экологического мониторинга равнинных почв в зоне пустынь.

M.V. Yakutin

Institute of Soil Science and Agrochemistry (ISSA)

18 Sovetskaya Ul., Novosibirsk, 630099, Russian Federation

Siberian State Academy of Geodesy (SSGA)

10 Plakhotnogo Ul., Novosibirsk, 630108, Russian Federation

V.S. Andrievsky

Institute of Soil Science and Agrochemistry (ISSA)

18 Sovetskaya Ul., Novosibirsk, 630099, Russian Federation

BIOLOGICAL CHARACTERISTICS IN ECOLOGICAL MONITORING OF SOILS IN THE LAKE'S PLAIN IN WESTERN MONGOLIYA

The present research has been spent in a desert zone of the Western Mongolia, on Lake's plain. The zoo-microbial complex status among the most typical soils of the given region has been studied. There is conclusion that soil-biological methods can be used in practice of ecological monitoring of flat soils in a desert zone.

Озёрные равнины Западной Монголии – одна из самых засушливых областей Центральной Азии. Здесь преобладают наклонные равнины, иногда сильно всхолмлённые и повсюду изрытые сухими руслами. В больших понижениях располагаются озёра, окружённые глинистыми равнинами, в прошлом также представлявшими дно озера [1].

Чрезмерная деградация экосистем под воздействием различных антропогенных и природных факторов – опустынивание – наиболее ярко проявляется в аридных регионах Внутренней Азии. Еще в XIX веке этот процесс получил название «усыхание Азии». В настоящее время антропогенные нагрузки на природные комплексы Монгольских равнин быстро возрастают [2]. В связи с этим все более актуальными становятся проблемы поиска надежных и

относительно простых методов мониторинга аридных экосистем. В настоящее время основные методы мониторинга аридных экосистем основаны на анализе состояния надземных частей высших растений. Но использование этих методов после палов, на сбитых пастбищах и в периоды прогона скота не всегда возможно. В подземном блоке экосистемы находятся запасы живых и мертвых корней и масса организмов-деструкторов. Состояние и метаболическая активность организмов-деструкторов тесно связаны с состоянием продукционного блока экосистемы (в основном с состоянием высшей растительности) [3].

Цель данного исследования состояла в оценке применимости инструментальных почвенно-микробиологических и классических почвенно-зоологических методов для целей мониторинга экосистем в зоне полупустынь. Для этого были изучены особенности распределения биомассы почвенных микроорганизмов, а также распределения видов панцирных клещей и их численностей по профилям основных типов почв на территории Озёрных равнин Западной Монголии.

Объекты исследования – четыре почвы в южной части Озерной равнины Западной Монголии – были выбраны во время совместной российско-монгольской экспедиционной поездки в сентябре 2009 г. Все исследованные почвы расположены на территории Гоби-Алтайского аймака на одной катене длиной около 25 км. Катена начинается в нижней части северо-восточного склона хребта Дарвийн-Нуру. В аккумулятивной позиции катены находится озеро Шаргын-Цаган-Нур.

Почвы, выбранные в качестве объектов настоящего исследования составляют ряд, характерный для котловин южной части Гобийского Алтая. На более высоких элементах рельефа формируются светло-каштановые почвы. Ниже по высоте их сменяют бурые пустынно-степные почвы. Еще ниже находится пояс серых пустынных почв, занимающих основные территории в равнинной части Гобы. Самые низкие элементы рельефа занимают солончаки, лежащие на побережье постоянных или пересыхающих озер. В нашем случае солончак был выбран в 500 м от уреза воды пересыхающего озера Шаргын-Цаган-Нур. Участки на светло-каштановой и на бурой полупустынной щебнистой почвах находятся под сильной пастбищной нагрузкой, участки на серо-бурой пустынной гипсоносной почве и на солончаке типичном – под умеренной пастбищной нагрузкой. Основные характеристики исследованных экосистем приведены в табл. 1.

Таблица 1. Основные характеристики исследованных экосистем

№ п/п	Высота над уровнем моря	Почва	Экосистема	Проективное покрытие (%) / Высота растений (см)
1	1749	Светло - каштановая типичная	Полынно-злаковая сильно разреженная засушливая степь	25 / 5-4
2	1080	Бурая полупустынная щебнистая	Сильно разреженное кустарничковое сообщество	10 / 2-5
3	976	Серо-бурая пустынная гипсоносная	Разреженное кустарниково- кустарничковое сообщество	10 / 5-100
4	956	Солончак типичный	Разреженная тростниково-чиевая ассоциация	15 / 20-200

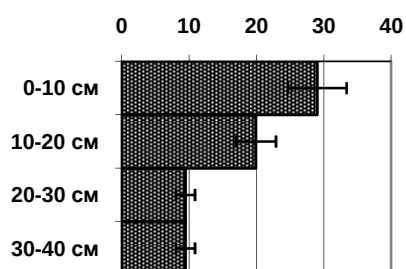
В образцах определяли влажность почвы и содержание углерода в биомассе почвенных микроорганизмов (С-биомассы) методом SIR [4]. Биомасса почвенных микроорганизмов – это основа деструкционного звена биологического круговорота в наземных экосистемах.

Одной из наиболее важных размерно-функциональных групп почвообитающих животных являются панцирные клещи (орибатиды). Их численности в некоторых типах почв достигают сотен тысяч и даже миллионов экземпляров на квадратный метр. Эти животные относятся к комплексу сапротрофов (питаются разлагающимися органическими остатками и микроорганизмами). Они влияют на рост и активность микроорганизмов, а также на видовой состав и структуру микробных сообществ [5]. Для анализа населения панцирных клещей отбирались почвенные пробы стандартным цилиндрическим пробоотборником послойно, по 5 см в глубину в 10-кратной повторности в каждой экосистеме. Выгонка клещей из почвы осуществлялась также общепринятым для микроартропод методом термозклекции Тулльгрена-Берлезе [6]. Статистическая обработка полученных результатов проводилась методами вариационного и дисперсионного анализов [7].

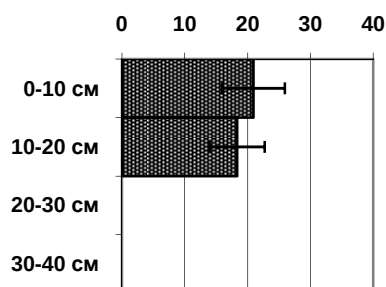
Влажность бурой полупустынной щебнистой и серо-бурой пустынной гипсоносной почвы в момент отбора образцов была на уровне 3-6%, светло-каштановой типичной почвы – на уровне 6-10%, солончак типичного (наиболее гидроморфной почвы) – на уровне 14-23%.

Содержание С-биомассы было максимальным в верхнем (0-10 см) слое почвы 1 (Р. 1) и резко снижалось вниз по профилю (рис. 1).

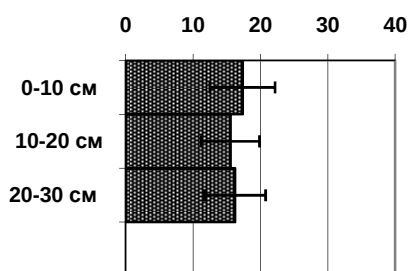
Р. 1



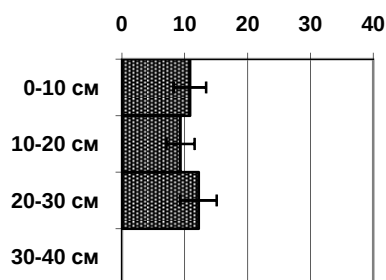
Р. 2



Р. 3



Р. 4



$$HCP(5\%) = 4,1$$

Рис. 1. Содержание углерода в биомассе микроорганизмов в профилях исследованных почв (мг С / 100 г почвы) (Обозначения см. табл. 1)

В верхнем слое в почве 2 (Р. 2) и почвы 3 (Р. 3) этот показатель был в 1,4 и в 1,7 раза ниже, чем в почве 1. В слое 10-20 см достоверных различий между почвами по данному показателю установлено не было. В почве 4 (Р. 4) отмечены минимальные значения С-биомассы среди всех изученных почв и в слое 0-10, и в слое 10-20 см.

В процессе проведения данного исследования встал вопрос об оценке силы влияния таких факторов, как тип почвы и глубина взятия образцов на изучаемые показатели. С использованием дисперсионного анализа был рассчитан F критерий для этих факторов и их взаимодействия. Влияние факторов, определяемых глубиной отбора образцов на содержание С-биомассы, оказалось сильным и достоверным ($F=7,3$, $p<0,001$). Но наиболее значительным, как и следовало ожидать, оказалось влияние типа почвы ($F=19,1$, $p<0,001$).

При обследовании катенного профиля с целью выявления населения панцирных клещей всего было обнаружено 6 видов. Их численности находились в пределах от 40 до 300 экз. / м², что является нормальным для аридных экосистем (табл. 2). Малое видовое богатство, по-видимому, связано с малым запасом растительного опада и низким уровнем увлажнения. Среди панцирных клещей существует лишь небольшое количество видов относительно толерантных к засушливым условиям.

Таблица 2. Распределение панцирных клещей (орибатид) в почвах катены на Озерной равнине Западной Монголии (в экз./ м²)

Вид	Почва			
	1	2	3	4
<i>Galumna obvia</i> (Berlese, 1915)	133	–	–	–
<i>Scheloribates latipes</i> (C.L. Koch, 1844)	133	–	–	–
<i>Oribatula alata</i> (Hermann, 1804)	44	–	–	–
<i>Bipasalozetes</i> cf. <i>Lineolatus</i> (Sitnikova, 1975)	–	40	–	–
<i>Liebstadia similis</i> (Michael, 1880)	–	–	100	200
<i>Oppia</i> sp.	–	–	–	100
Суммарная численность	310	40	100	300

В почве 1, отличающейся более значительными запасами влаги и корней, численность панцирных клещей в 3-8 раз превышала численность в следующих по степени увлажнения экосистемах (почва 2 и 3). В почве 4 увеличивается степень увлажнения и запас растительного вещества, но также резко увеличивается и концентрация солей. Панцирных клещей становится здесь значительно больше, чем в почвах 2 и 3, но все же их обилие здесь гораздо ниже такового в незасоленных луговых почвах этой же природной зоны [8]. В целом, обследование показало, что население панцирных клещей катенного профиля в пустынной зоне Западной Монголии достаточно бедно как по численности, так и по видовому богатству.

Таким образом, в результате проведенного исследования можно сделать вывод, что при снижении уровня увлажнения и увеличении уровня засоления происходят существенные перестройки деструкционного звена биологического круговорота, основой которого является зоомикробный комплекс (почвенные микроорганизмы и панцирные клещи), в катенном ряду почв в зоне пустынь Западной Монголии. Происходит снижение и биомассы микроорганизмов, и численности панцирных клещей. При этом в более засушливых автоморфных почвах уровень снижения биомассы микроорганизмов ниже, а в менее засушливых гидроморфных – выше, чем уровень снижения численности панцирных клещей. Из этого можно сделать, что при усилении ксероморфности почв все большую роль в процессах деструкции органического вещества начинают играть почвенные микроорганизмы.

Проведенное исследование показало, что почвенно-микробиологические и, в некоторых случаях, почвенно-зоологические методы могут успешно использоваться в практике экологического мониторинга равнинных почв в зоне пустынь.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Сеницын, В.М. Центральная Азия / В.М. Сеницын. – М.: Гос. изд-во географ. лит-ры, 1959. – 456 с.
2. Гунин, П.Д. Современные процессы деградации и опустынивания экосистем восточного сектора степей и лесостепей / П.Д. Гунин, И.М. Микляева // Современные глобальные изменения природной среды. В 2-х томах. Т. 2. – М.: Научный мир, 2006. – 776 с.
3. Звягинцев, Д.Г. Биология почв / Д.Г. Звягинцев, И.П. Бабьева, Г.М. Зенова. – М., Изд-во МГУ, 2005. – 445 с.
4. Schinner, F. Methods in soil biology / F. Schinner, R. Ohlinger, E. Kandeler, R. Margesin. – Berlin: Springer-Verlag, 1996. – 420 p.
5. Бызов, Б.А. Зоомикробные взаимодействия в почве / Б.А. Бызов. - М.: ГЕОС, 2005. – 228 с.
6. Методы почвенно-зоологических исследований. – М.: Наука, 1975. – 206 с.
7. Плохинский, Н.А. Биометрия / Н.А. Плохинский. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1970. – 367 с.
8. Якутин, М.В. Изменение основных компонентов деструкционного звена биологического круговорота в ряду равнинных почв Котловины Больших озер Западной Монголии / М.В. Якутин, В.С. Андриевский, Ч. Лхагвасурен // Сибирский экологический журнал. – 2010. – № 3. – С. 437-444.

© М.В. Якутин, В.С. Андриевский, 2011

УДК 528.8

А.Г. Шарикалов

СГГА, Новосибирск

М.В. Якутин

СГГА, ИПА СО РАН, Новосибирск

МЕТОД СРАВНЕНИЯ В ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОМ МОНИТОРИНГЕ ТЕРРИТОРИЙ НЕФТЯНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ СЕВЕРНОЙ ТАЙГИ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

С использованием дистанционных методов зондирования земли построены ландшафтно-экологические карты 25 месторождений и 20 особо-охраняемых природных территорий в подзоне северной тайги Западной Сибири. На основании построенных карт проведен сравнительный геоэкологический анализ состояния экосистем.

A.G. Sharikalov

Siberian State Academy of Geodesy (SSGA)

10 Plakhotnogo St., Novosibirsk, 630108, Russian Federation

M.V. Yakutin

Siberian State Academy of Geodesy (SSGA)

10 Plakhotnogo St., Novosibirsk, 630108, Russian Federation

Institute of Soil Science and Agrochemistry (ISSA)

18 Sovetskaya St., Novosibirsk, 630099, Russian Federation

COMPARISON METHOD IN GEOECOLOGICAL MONITORING OF THE OIL-FIELDS TERRITORY IN NORTHERN TAIGA IN THE WESTERN SIBERIA

Landscape-ecological maps of the 25 oil-fields and the 20 natural reservations are constructed. The comparative geoecological analysis of an ecosystems status is conducted with help of the constructed maps.

Нефтедобывающая промышленность в таежной зоне Западной Сибири является основным агентом воздействия на природный экосистемы. Городская промышленность, коммунальное хозяйство и дорожно-транспортная сеть развиты, как правило, настолько, насколько развита нефтедобыча. Разработка нефтегазовых месторождений началась в Западной Сибири в 1963-1964 гг. Темпы добычи постоянно нарастали и расширялись площади отчужденных и загрязненных земель.

В настоящее время значительная часть нефтяных запасов крупнейших месторождений выработана на 60-70%. Идет постепенное сокращение объемов добычи нефти и газа в Западной Сибири. Но площадь нарушенных территорий

продолжает увеличиваться за счет освоения новых месторождений, развития и реконструкции старых, разработка, которых не достигла плановых величин [1].

Цель настоящей работы состояла в анализе особенностей антропогенного воздействия, связанного с нефтегазодобычей, на экосистемы северной тайги Западной Сибири. В качестве объектов исследования в подзоне северной тайги в границах Тюменской области были выбраны территории 25 месторождений углеводородного сырья. Для сравнения в качестве территории, незатронутой хозяйственной деятельностью человека, рассмотрены 20 участков в границах особо-охраняемых природных территорий (ООПТ) [2, 3, 4]. Исследованные месторождения открыты с 1965 (Губкинское – 28) по 1991 год (Малоперевальное – 16) и имеют различный характер использования (нефтяные, нефте-газовые, нефте-газо-конденсатные, газо-конденсатные, газовые). Площади изученных месторождений варьируют от 2891 км² (Тапское – 8) до 73745 км² (Суторминское – 24). Исследованные ООПТ открыты с 1976 (Собты-Юганский – 5) по 2005 год (Верхнеполуйский – 11), и являются биологическими, зоологическими или комплексными заказниками и природными парками. Площади их варьируют от 205 км² (Тыдда-Оттинский – 16) до 22327 км² (Сынско-Войкарский). Эти территории использовались как «нуль отсчет» или «антропогенный фон». Схема расположения и номера территорий месторождений и ООПТ приведены на рис. 1.

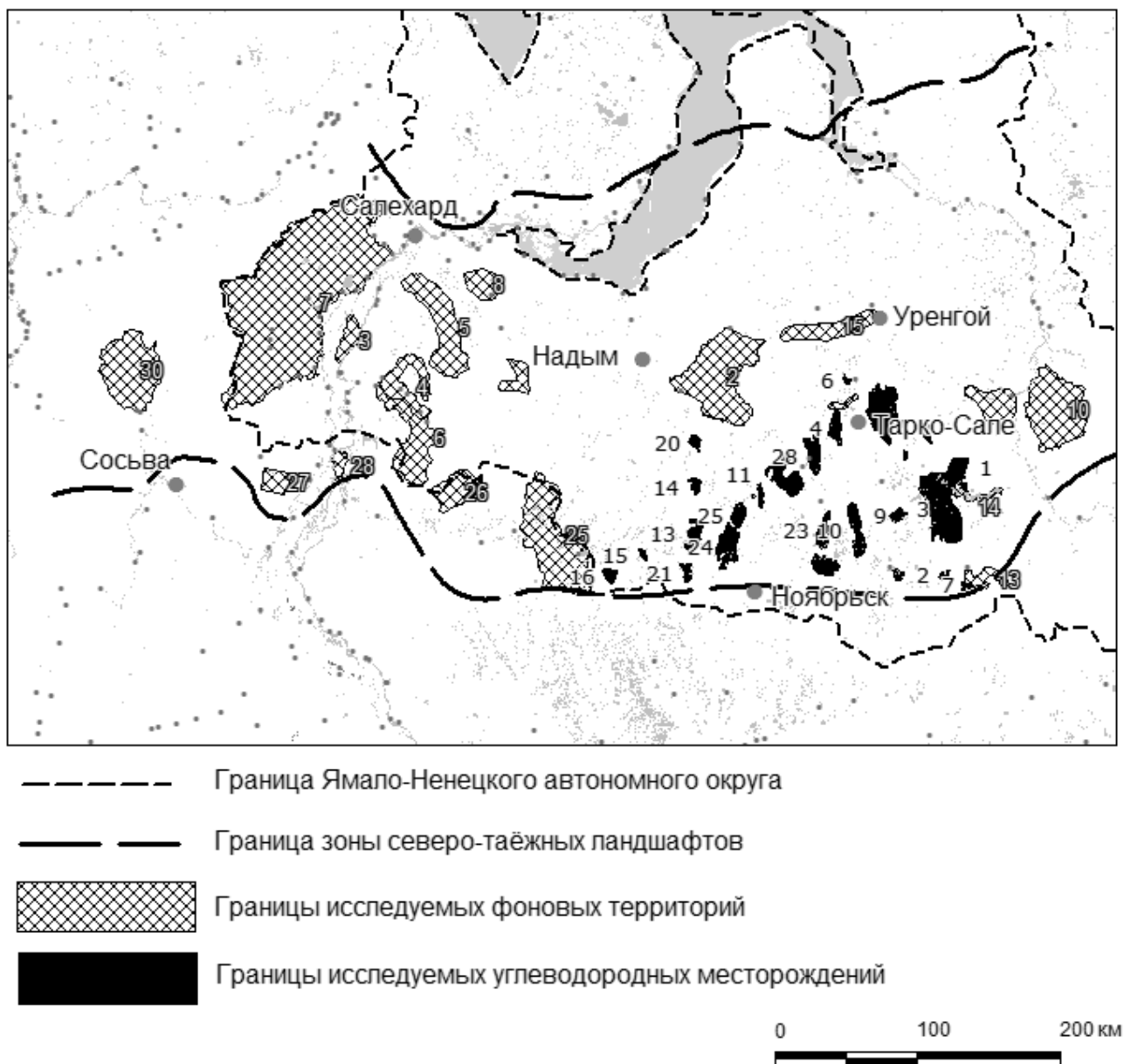


Рис. 1. Схема расположения изученных объектов

Исследования проводились по многоспектральным данным дистанционного зондирования Земли, полученных со спутника Landsat 7 (съемка 1999-2003 гг.). Для автоматизации обработки космических снимков использовался программный комплекс ИТ VIS Eni 4.5. С помощью программного алгоритма Gram-Schmidt Spectral Sharpening разрешение 30-ти метровых спектральных каналов снимка было увеличено с использованием 15-ти метрового панхроматического канала. Классификация космических снимков происходила с использованием каналов 7-4-2. На рис. 2 приведен фрагмент снимка на Харампурское нефте-газо-конденсатное месторождение (№3): а) в привычном человеческому глазу спектре (комбинация каналов 3-2-1); б) с использованием данных от сенсоров в среднем и ближнем инфракрасных диапазонах (комбинация 7-4-2); в) данные полученные в результате анализа

космического снимка по средствам классификации данных с обучением (supervised classification).

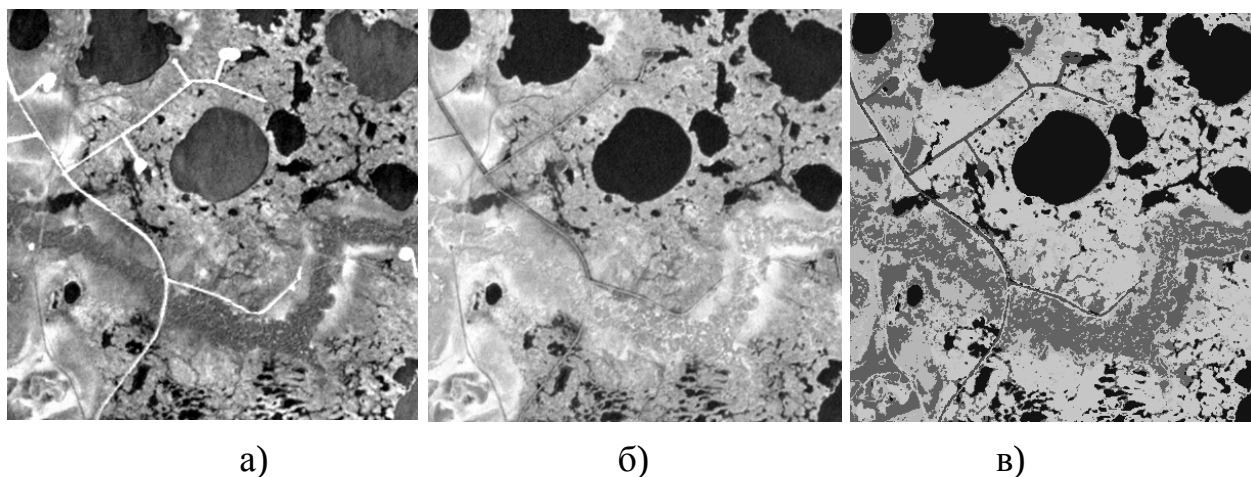


Рис. 2. Фрагмент космического снимка со спутника Landsat ETM+ и графическое представление результата его анализа

По результатам работы были составлены ландшафтно-экологические карты месторождений и ООПТ, с помощью которых стало возможно определить площади основных классов экосистем на изученных территориях. Для каждого класса экосистем определялся процент от общей площади территории месторождения (табл. 1) или ООПТ (табл. 2). Затем полученные выборки анализировались с использованием методов вариационного и дисперсионного анализов [5]. Несмотря на то, что изученные участки имеют неодинаковую общую площадь, стало возможным оценить на большом массиве данных некоторые тенденции в изменении доли различных экосистем, происходящих в процессе освоения территории и нефтедобычи.

В процессе освоения территории до 3,6% площади месторождения занимают объектами промышленности и транспорта, и до 2,2% территории занимают в той или иной степени нарушенные экосистемы (средние значения 2,0% и 1,0%, соответственно). Это чаще всего территории, лишенные растительности. Предположительно, важный вклад в это вносит критический износ оборудования и, как следствие, периодические масштабные разливы нефти [1].

Таблица 1. Соотношение площадей выделов на территориях исследуемых месторождений (% от общей)

№ участка	Леса смешанные	Леса хвойные	Болота и тундра	Водные объекты	Нарушенные земли	Объекты промышленности и транспорта
1	20,32	26,37	22,12	28,56	1,07	1,56
2	19,12	28,77	20,4	29,4	0,17	2,14
3	17,76	25,54	20,84	33,21	0,91	1,74
4	12,14	26,53	24,12	36,21	0,03	0,97
6	26,7	22,16	21,43	28,43	0,31	0,97
7	14,95	24,32	26,98	29,93	1,3	2,52
8	18,5	29,31	27,41	21,75	1,09	1,94
9	25,49	21,86	21,93	27,36	1,76	1,6
10	23,11	26,34	20,28	26,76	1,19	2,32
11	21,21	24,15	21,52	27,29	2,19	3,64
13	23,92	27,14	23,2	22,42	1,19	2,13
14	19,83	26,41	23,22	27,47	0,31	2,76
15	17,85	28,32	19,01	31,21	0,71	2,9
16	21,42	27,93	20,84	28,4	1,09	0,32
17	29,4	28,63	19,56	18,43	1,26	2,72
18	20,34	23,16	26,41	27,76	0,23	2,1
19	35,23	11,41	22,32	28,04	1,43	1,57
20	21,41	23,16	20,14	32,12	1,26	1,91
21	20,41	29,48	20,32	27,28	0,57	1,94
22	13,81	29,76	20,1	34,72	1,24	0,37
23	28,54	16,41	23,74	29,55	0,72	1,04
24	26,15	18,42	21,69	30,12	1,3	2,32
25	29,6	30,85	21,89	12,85	1,74	3,07
27	19,2	23,15	23,09	32,14	0,33	2,09
28	26,21	19,28	19,45	30,41	1,41	3,24
Среднее	22,1±1,1	24,8±0,9	22,1±0,5	28,1±1,0	1,0±0,1	2,0±0,2

Таблица 2. Соотношение площадей выделов на особо-охраняемых природных территориях (% от общей площади)

№ участка	Леса смешанные	Леса хвойные	Болота и тундра	Водные объекты	Нарушенные земли
2	19,42	29,19	29,46	21,93	0
3	21,51	31,42	26,13	20,94	0
4	20,19	27,65	27,93	24,18	0,05
5	24,39	39,41	21,83	14,37	0
6	23,21	32,94	26,14	17,71	0
7	23,87	31,14	16,98	27,33	0,68
8	10,8	28,21	23,49	37,42	0,08
9	21,5	32,14	22,14	24,22	0
10	12,4	37,62	28,76	21,11	0,11
11	22,46	29,98	25,85	21,52	0,19
13	18,46	31,27	22,72	27,55	0
14	19,4	26,5	19,92	34,18	0
15	19,62	29,21	22,19	28,98	0
16	21,12	27,32	19,48	32,08	0
17	22,97	28,63	22,12	26,28	0
25	17,41	27,64	28,14	26,81	0
26	19,32	30,06	19,65	30,97	0
27	21,47	27,16	24,61	26,76	0
28	26,53	31,42	27,32	14,73	0
30	20,14	29,16	24,35	26,18	0,17
Среднее	20,3±0,8	30,4±0,7	24,0±0,8	25,3±1,3	0,06±0,04

В среднем 28% территории месторождений занимают водные объекты (коэффициент вариации 18%), и 22% – болота и тундры (коэффициент вариации 10%). По сравнению с ООПТ достоверного изменения доли площадей этих экосистем в общей площади не происходит. Смешанные леса занимают на территориях месторождений от 12 до 35% (в среднем 22%), а на ООПТ – от 11 до 27% (в среднем 20%). Различия между выборками по данному показателю оказались также недостоверными. Хвойные леса, являющиеся наиболее ценными и подлежащими охране, размещены в ООПТ на площади, составляющей от 27 до 39% (в среднем 30% площади). На территориях месторождений леса занимают от 11 до 31% площади (в среднем – 25%), что достоверно ниже, чем в ООПТ.

Таким образом, уже на данном этапе выполнения работы можно сделать вывод об общем достоверном снижении доли хвойных лесов на территориях месторождений разного возраста, в то время как достоверного снижения площадей остальных выделенных классов экосистем зафиксировать не удалось. Очевидно, требуется активизация природоохранной деятельности для

сохранения и восстановления наиболее ценных хвойных лесов на территориях месторождений.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Васильев, С.В. Воздействие нефтегазодобывающей промышленности на лесные и болотные экосистемы / С.В. Васильев. – Новосибирск: Наука, 1998. – 136 с.
2. Администрация Ямало-Ненецкого автономного округа [Электронный ресурс] / отдел «Экономика». «Лесной план ЯНАО (проект)». – Электрон. дан. – Салехард, 2010. – Режим доступа: <http://adm.yanao.ru/>
3. Схема территориального планирования Ямало-Ненецкого автономного округа [утверждена постановлением Администрации Ямало-Ненецкого автономного округа от 18.06.2009 № 343-А] // Администрация Ямало-Ненецкого автономного округа [Электронный ресурс] / отдел «Экономика». «Территориальное планирование ЯНАО». – Электрон. дан. – Салехард, 2009. – Режим доступа: <http://adm.yanao.ru/>
4. Карта недропользования. Ямало-Ненецкий автономный округ (для служебного пользования) [Карта] / сост. и подгот. к печати ОАО «Сибирский научно-аналитический центр». – 1: 750 000, 7.5 км в 1 см; проекция равноуг. поперечн.-цилиндрич. Гаусса. – Тюмень: Сибнац, 2006.
5. Плохинский, Н.А. Биометрия / Н.А. Плохинский. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1970. – 367 с.
6. Сорокин, О.Д. Прикладная статистика на компьютере / О.Д. Сорокин. – Краснообск: ГУП РПО СО РАСХН, 2004. – 162 с.

© А.Г. Шарикалов, М.В. Якутин, 2011

УДК 681.518.3

И.М. Янников

Ижевский государственный технический университет, Ижевск

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ПОТЕНЦИАЛЬНО ОПАСНЫХ ОБЪЕКТОВ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

На основе анализа существующих методов предлагается новый подход к оценке влияния потенциально опасных объектов на окружающую среду. В рамках подхода к организации исследований в зоне влияния ПОО проводятся экспериментальные исследования, автоматизированная обработка результатов измерений с учётом полученных зависимостей и формированием базы данных измерений и эталонов. Расчёт оценки влияния производится при помощи моделирования и классификации ситуаций распространения загрязнителя в окружающей среде.

I.M. Yannikov

The Izhevsk state technical university, Izhevsk

ESTIMATION OF INFLUENCE OF POTENTIALLY DANGEROUS OBJECTS ON THE ENVIRONMENT

On the basis of the analysis of existing methods the new approach to an estimation of influence of potentially dangerous objects on an environment is offered. Within the limits of the approach to the organization of researches in a zone of influence of potentially dangerous objects the experimental researches, the automated processing of results of measurements in view of the received dependences and are spent by formation of a database of measurements and standards. Calculation of an estimation of influence is made by means of modelling and classification of situations of distribution polluting substances in an environment.

Совершенно очевидно, что существующие в настоящее время системы контроля и прогнозирования чрезвычайных ситуаций потенциально опасных объектов (ПОО) не могут дать абсолютных гарантий обеспечения безопасности их работы, следовательно, методы функционирования указанных систем и проведения мониторинга ПОО необходимо постоянно совершенствовать [1].

При осуществлении оценки влияния потенциально опасных объектов на окружающую среду учитываются в основном только данные производственно-экологического мониторинга, проводимые инструментальными методами. Мониторинг зон влияния ПОО, в том числе и биомониторинг, как правило, не проводится, либо проводится некачественно в связи с большим объёмом трудовых, временных и финансовых затрат, предлагаемых существующими методами «классического подхода» [2,3]. Кроме того, что указанные методы

(описание всех видов по всем параметрам) весьма финансово и трудозатратны, собранные данные не учитывают отдаленных последствий воздействия малых доз загрязнителя, не имеют поправок на адаптивные и компенсационные механизмы биообъектов. Площадки отбора проб выбираются в основном эмпирическим путем, без учета особенностей ландшафта в сочетании с влиянием потенциально опасного объекта [2,4].

В целях устранения вышеперечисленных недостатков предлагается оценку влияния ПОО на окружающую среду производить в несколько этапов:

- Организация работы на идентификационных экологических полигонах;
- Разработка базы данных и формирование эталонов биоиндикаторов;
- Проведение измерений в зоне влияния ПОО;
- Расчёт степени влияния ПОО на окружающую среду.

Поскольку основной целью биомониторинга является оценка и контроль влияния ПОО на окружающую природную среду с использованием биологических объектов-индикаторов, при его организации нами применяются идентификационные экологические полигоны (специально выделенные площадки в зоне влияния ПОО) на которых предварительно, путём воздействия загрязняющих веществ на биообъекты, проводятся эксперименты и накапливаются данные по возможным вариантам влияния ПОО на окружающую природную среду с определением зависимостей «доза-эффект» и «время-реакция» [5]. На рис. 1 представлен пример указанных зависимостей, при которых растения не видят определённых доз загрязнителя.

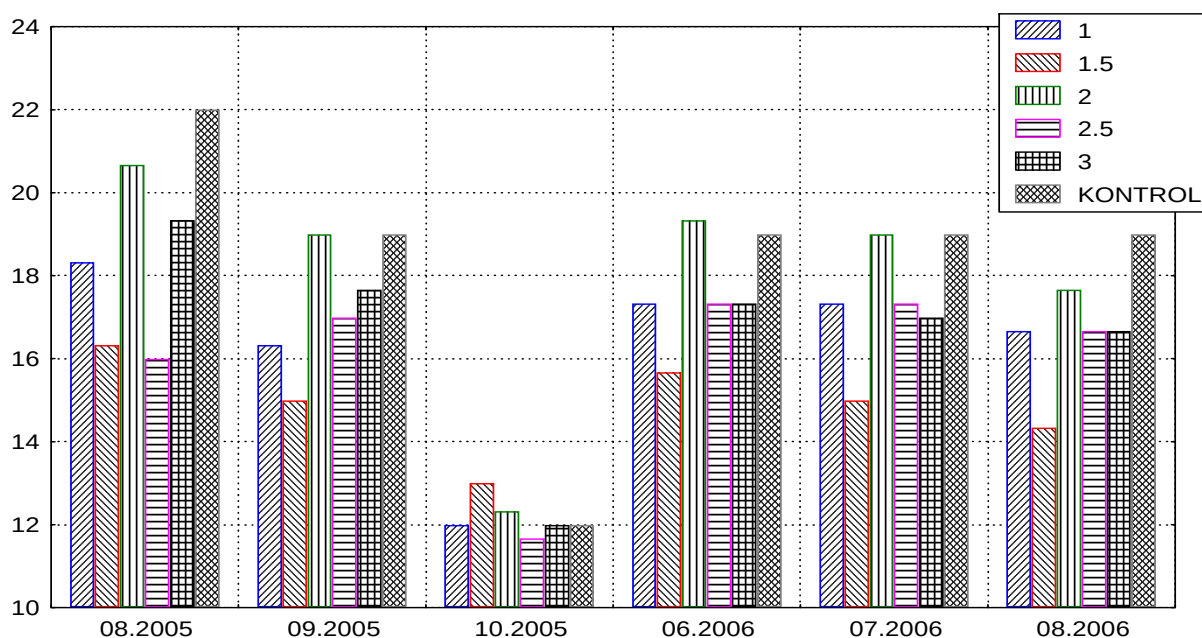


Рис. 1. Динамика количества видов высших растений, экз., на идентификационном экологическом полигоне, в зависимости от дозы внесённого раствора

В ходе наблюдений за изменением параметров биообъектов под воздействием загрязняющего вещества (ЗВ), оценивается динамика изменений состояния растительности (внешний вид, размеры, обилие, видовой состав растений).

Для определения степени влияния ПОО, как определенного уровня полученного биообъектами ЗВ, необходимо сравнить данные измерений в зоне его влияния с эталонами, сформированными на идентификационном полигоне в результате предварительных исследований по воздействию того или иного фактора (вещества). Эталонном является биоиндикатор определенного вида, имеющий параметры, определенные воздействием дозы ЗВ, выраженные в значениях уровня фоновой концентрации (УФС).

В связи с несостоятельностью предельно-допустимой концентрации (ПДК), как опорного значения для определения качества среды, для проведения исследований в качестве опорных использованы фоновые значения [6]. В данном случае фон - это определенный уровень содержания загрязняющего вещества в биоиндикаторе вне действия ПОО. Уровень фоновой концентрации (УФС) ЗВ – коэффициент изменения фона. После формирования эталонов определяют зависимости «доза-эффект» и «время-реакция» для каждого исследуемого биоиндикатора.

В общем виде предлагаемый подход к оценке экологической ситуации по данным биомониторинга можно представить в виде блок-схемы (рис. 2).

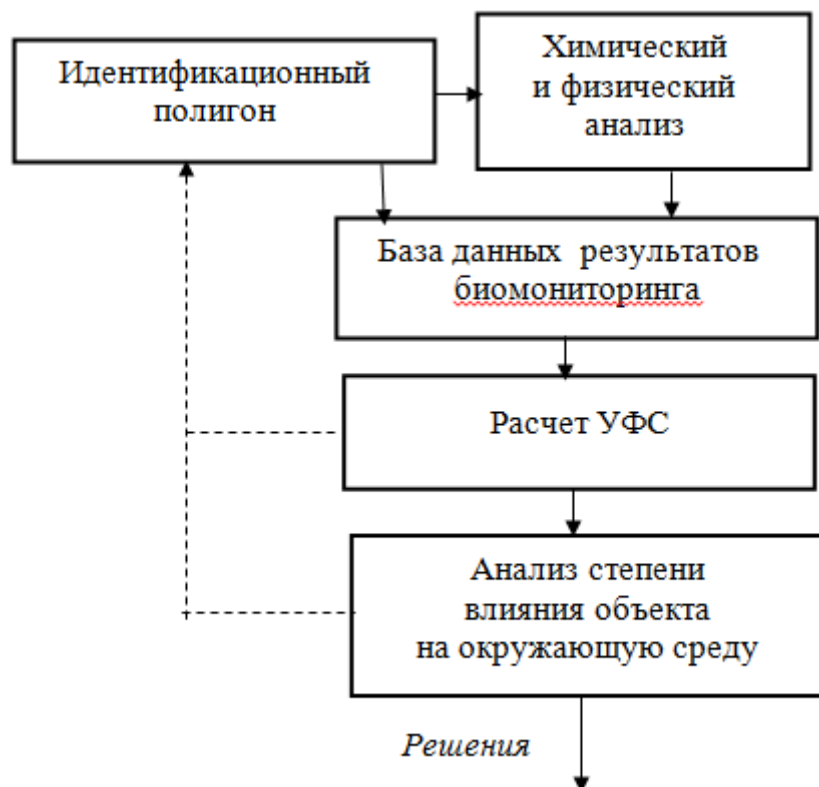


Рис. 2. Обобщенная схема

Для хранения данных, как эталонов, так и измерений разработана база эталонов и измерений [7]. Система ввода, хранения данных биомониторинга программно реализована.

Исследования на выбранных участках, как и экспериментальная работа на ИЭП, осуществляются на всех этапах деятельности предприятия: начинаются до начала и в ходе строительства объекта, в период эксплуатации и конверсии объекта. При проведении биомониторинга время и периодичность отбора образцов (проб) различных видов биоиндикаторов устанавливаются в зависимости от особенностей жизненного цикла организмов. При выборе участков исследования необходимо учитывать линии стока конкретного ландшафта и другие особенности рельефа местности. [8].

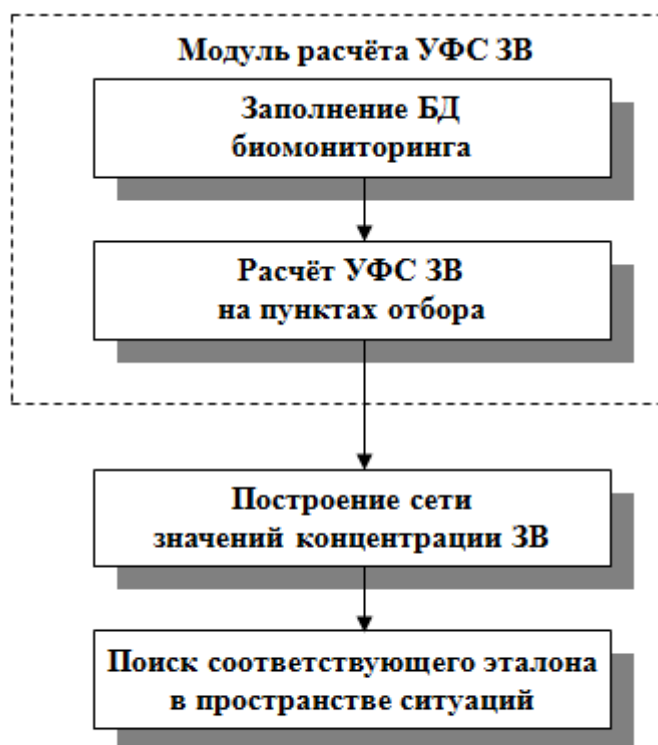


Рис. 3. Процедуры анализа экологической ситуации

Для анализа экологической ситуации в зоне влияния ПОО (её классификации) необходимо провести сравнение пространственного распределения значений параметров биоиндикаторов с данными моделирования пространственного распределения значений ЗВ в результате возможных аварийных ситуаций. На рис. 3 представлена последовательность поэтапного решения указанной задачи [9].

На первом этапе в модуле расчета удельного фонового содержания (УФС) загрязняющих веществ в исследуемом биоиндикаторе происходит заполнение базы данных биомониторинга. В базу данных заносятся параметры эталонов биообъектов и данные измерений. В качестве параметров биообъектов могут быть использованы такие показатели как хлороз листьев, степень почернения, покраснение ствола у прикорневой поросли для липы мелколистной и др.

На втором этапе моделируются распределения концентрации ЗВ на карте местности в результате возможных аварийных ситуаций, которые возможны в соответствии с декларацией безопасности конкретного объекта, а также долговременных утечек. Результат - регулярная сеть точек со значениями концентрации ЗВ в атмосферном воздухе.

Предлагается моделировать эти ситуации с одним направлением и скоростью ветра, которые наиболее характерны для данной местности.

На третьем этапе производится классификация сложившейся экологической ситуации на основе сравнения данных моделирования пространственного распределения значений ЗВ в результате аварийных ситуаций и утечек и пространственного распределения значений параметров биоиндикаторов.

Описанный порядок действий по определению УФС программно реализован, удобен в пользовании и обеспечивает оперативное решение поставленной задачи.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Габричидзе, Т.Г. Основы организации системы многоступенчатого экологического мониторинга и ее сопряжение с АИУС РСЧС. [Текст] /Габричидзе Т.Г., Янников И.М. // Промышленная и экологическая безопасность. –2007. –№5 (7). – С. 13–18.

2. Янников, И.М. Анализ методов организации флористического мониторинга вокруг объектов по хранению и уничтожению химического оружия [Текст] /Янников И.М. // Вестник ИжГТУ, - Ижевск: Изд-во ИжГТУ. – 2007. –№2. – С. 135 - 138.

3. Кургузкин, М.Г. Проектирование системы экологического мониторинга особо опасных промышленных объектов [Текст] /Кургузкин М.Г., Корепанов М.А., Тененев В.А. // Теоретическая и прикладная экология. –2010. –№1– С.51-56.

4. Янников, И.М. Особенности расстановки постов биомониторинга с учетом почв, рельефа и растительности [Текст] /Янников И.М., Телегина М.В. //Сб. матер. IV Международного конгресса «ГЕО-Сибирь-2009». -Новосибирск: СГГА. – 2009. - Т4. Дистанционные методы зондирования Земли и фотограмметрия, мониторинг окружающей среды, геоэкология. – С.26 - 29.

5. Янников, И.М. Экологический полигон как база оперативного мониторинга объектов по хранению и уничтожению химического оружия [Текст] /Янников И.М., Козловская Н.В. // Вестник Министерства по делам ГО и ЧС Удмуртской Республики, Ижевск. – 2007. –№ 4. – С.23 - 31.

6. Изучение влияния мышьяк-содержащих соединений и возможность организации прогнозирования чрезвычайных ситуаций на химически опасном объекте [Текст] /Янников И.М., Габричидзе Т.Г., Зубко Т.Л. //Интеллектуальные системы в производстве. - Ижевск: Изд-во ИжГТУ. –2007. –№1. – С. 56-63.

7. Алексеев, В.А. Создание базы данных биомониторинга потенциально опасных объектов [Текст] /Алексеев В.А., Янников И.М., Телегина М.В. //Вестник ИжГТУ. - Ижевск: Изд-во ИжГТУ. –2008. –№4. – С. 138-143.

8. Русанов, А.М. Роль ландшафтной асимметрии в формировании почв и почвенного покрова Предуралья. [Текст] /Русанов А.М., Милякова Е.А. // Вестник ОГУ. –2005. –№4. – С. 108-113.

9. Баранов, М.А. Анализ экологической ситуации в зоне влияния потенциально химически опасного объекта. [Текст] / Баранов М.А., Телегина М.В., Янников И.М. // Вестник ИжГТУ. - Ижевск: Изд-во ИжГТУ, –2010. –№2 (45).– С. 137-139.

© И.М. Янников, 2011

УДК 544.28

И.В. Лесных, В.Е. Мизин

СГГА, Новосибирск

КОМПЛЕКСНЫЙ МОНИТОРИНГ ЛИНЕЙНЫХ ОБЪЕКТОВ И ИХ ЗЕМЕЛЬ

Рассматриваются содержание, задачи и общие принципы мониторинга природно-технических систем, включающих линейные объекты.

I.V. Lesnikh, V.Ye. Mizin

SSGA, Novosibirsk

INTEGRATED MONITORING OF LINEAR OBJECTS AND THEIR LANDS

The content, goals and general principles of monitoring as regards natural-and-technical systems including linear objects are considered.

Линейные объекты играют важную роль в развитии производительных сил, жизнедеятельности и жизнеобеспечения общества и государства. Под такими объектами понимают линейно-протяженные сети инженерно-технического обеспечения с технологическими устройствами, составляющие с ними единое целое или функциональное единство. Они предназначены для передвижения, транспортирования газов, жидкостей, иных объектов, передачи энергии, сигнала и других целей.

Земельный и Градостроительный кодексы РФ к линейным объектам относят автомобильные дороги, железнодорожные линии, различные трубопроводы, линии электропередач и линии связи, границы и ограждения. К ним также можно отнести мосты и мостовые переходы, тоннели, линии метрополитена, канатные дороги, фуникулеры и другие.

Для всех видов линейных объектов характерно расположение их на сравнительно узких (до 500 м) и протяженных (до тысяч км) участках земной поверхности. Размеры земельных участков, занимаемых линейными объектами вместе с их инфраструктурой, полосами отводов, определяются строительными нормами и правилами (СН, СНиП) или проектно-сметной документацией утверждаемыми Правительством РФ, составляя миллионы гектаров.

Для обеспечения безопасной, безаварийной эксплуатации линейных объектов дополнительно к полосам отвода устанавливаются охранные зоны – земли, прилегающие к полосам отвода, инженерным сооружениям линейных объектов. Их размеры также регламентируются СН, СНиП.

Линейные объекты проходят в разнообразных природно-климатических условиях, которые находятся под постоянным воздействием меняющихся геодинамических, геоэкологических, техногенных и других факторов. Они включают в себя также комплексы инженерных сооружений (наземные и

подземные здания, мосты и трубы для пропуска воды, переходы для пропуска животных, развязки, пересечения, указатели, защитные сооружения и другие), обеспечивающие удобную, непрерывную, безопасную их эксплуатацию с расчетными параметрами и нагрузками.

Линейные объекты и занимаемые ими земельные участки представляют собой сложные природно-технические комплексы (системы). Они оказывают воздействие на состояние земель, окружающую среду не только в полосе отвода и охранных зон, но и на прилегающие к ним обширные территории. Поэтому наблюдение, мониторинг таких природно-технических систем является важной научно-технической и экономической задачей, которая должна решаться комплексно и системно.

Мониторинг всех земель в Российской Федерации осуществляется в соответствии с Положением [1], утвержденным Правительством РФ. Мониторинг земель тесно связан с мониторингом линейных объектов и является составной частью мониторинга окружающей среды (мониторинга природной среды) [2]. При мониторинге (геомониторинге) решаются задачи сбора необходимой информации об объектах (организации наблюдений для получения информации), анализ результатов, их оценка и прогнозирование состояния. Как для земельных участков, так и для линейных объектов и их инженерных сооружений методы, способы во многом являются общими, одинаковыми или однотипными. Наиболее эффективными способами получения информации о наблюдаемых объектах в настоящее время являются аэрокосмические, геодезические, спутниковые методы, выборочное полевое обследование.

Базовая информация об объектах на начало мониторинга может быть получена с картографических материалов, используемых при проектировании линейных объектов и исполнительных съемок по завершению строительства.

Геодезическое обоснование, создаваемое для трассирования, обеспечения строительства линейных объектов и их инженерных сооружений или созданное для инвентаризации и межевания земель [3] служит основой для мониторинга. Собираемая информация для мониторинга обрабатывается и накапливается в базах данных ГИС. При этом могут создаваться подсистемы ГИС для различных категорий земель или элементов линейных объектов. Подобные ГИС созданы для автомобильных дорог [4], трубопроводов [5] и других линейных объектов.

Следует отметить, что ведение мониторинга земель постановлением Правительства РФ [1] возложено на Федеральную службу земельного кадастра (ныне Росреестр), ее территориальные органы в регионах, органы исполнительной власти субъектов РФ, органы местного самоуправления. Мониторинг и контроль за состоянием и функциональным использованием линейных объектов и окружающей среды ведут различные министерства и ведомства РФ (Минтранс, Минсельхоз, Госстрой, Росреестр, Минприроды, Гидрометслужба и др.). Это приводит к дублированию работ, излишним затратам средств. Поэтому в регионах целесообразно иметь коллективные центры геомониторинга окружающей среды.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Положение об осуществлении государственного мониторинга земель [текст]: Постановление Правительства РФ от 28.11.2002г. №846. Российская газета №231, 05.12.2002.
2. Зятькова Л.К., Лесных И.В. Геомониторинг природной среды [текст]: том 1. Новосибирск: СГГА, 2004. - 375с.
3. Мизин В.Е. Геодезическое обеспечение при межевании и мониторинге земель линейных объектов [текст]: сб. матер. межд. научн. конгресса «Гео-Сибирь 2009», 20 - 24 апр. 2009 г., Новосибирск: СГГА, т.1, ч.1, 2009 – с. 207-208.
4. Лесных И.В., Середович В.А., Карпик А.П., Система геомониторинга автомобильных дорог [текст]: В сб. «Современные проблемы геодезии и оптики». 51 н.-т. конф. СГГА. Тезисы докладов. Новосибирск: СГГА, 2001. – с.7.
5. Бродская И.А. Интеграция ГИС-технологий, традиционных исследований и методов аэрокосмического зондирования для магистральных трубопроводов [текст]: Геодезия и аэрофотосъемка №3, 2008. – с.141-150.

© И.В. Лесных, В.Е. Мизин, 2011

УДК 631.427

М.В. Якутин

ИПА СО РАН, СГГА, Новосибирск

Д.С. Дубовик

СГГА, Новосибирск

ПОКАЗАТЕЛИ БИОЛОГИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ В МОНИТОРИНГЕ ПОЧВ ПАСТБИЩ УБСУНУРСКОЙ КОТЛОВИНЫ

В Убсунурской котловине Республики Тыва изучены показатели биомассы микроорганизмов и ее метаболической активности в почвах пастбищ, находящихся длительное время под различной по силе пастбищной нагрузкой. Делается вывод о возможности использования изученных показателей в мониторинге экосистем сухих степей.

M.V. Yakutin

Institute of Soil Science and Agrochemistry (ISSA)

18 Sovetskaya Ul., Novosibirsk, 630099, Russian Federation

Siberian State Academy of Geodesy (SSGA)

10 Plakhotnogo Ul., Novosibirsk, 630108, Russian Federation

D.S. Dubovik

Siberian State Academy of Geodesy (SSGA)

10 Plakhotnogo Ul., Novosibirsk, 630108, Russian Federation

INDICATORS OF BIOLOGICAL ACTIVITY IN MONITORING OF SOILS UNDER PASTURES IN THE UBSUNUR DEPRESSION

On the Ubsunur depression (Tyva Republic) a biomass of microorganisms and some indicators of its metabolic activity in soils of the pastures which are long time under various grazing press are studied. There is conclusion about possibility of use of that soil microbial indicators in the practice of dry steppes ecosystems monitoring.

Центральная Азия – это область высоких равнин и нагорий внутренней части материка, окруженных почти сплошным кольцом гигантских хребтов, служащих климаторазделами. Это аридная область с крайне континентальным климатом и количеством осадков не превышающим 200 мм, причем осадки выпадают преимущественно летом. Для всех областей Центральной Азии характерны резкие колебания температуры в течение суток, сезонов и годов. По характеру орошения Центральная Азия – это область внутреннего стока с многочисленными замкнутыми котловинами. Почвообразующие породы – по преимуществу эоловые пески и лессы. Почвы представлены огромным массивом пустынных сероземов, по периферии окаймленным бурыми почвами. С севера этот массив окаймляют каштановые почвы степей. Широкое распространение в

Центральной Азии имеют также засоленные почвы: солонцы и солончаки. Небольшие площади в равнинной части Центральной Азии занимают закрепленные и незакрепленные пески.

Для систематического описания Центральная Азия была условно разделена В.М. Синециным на 11 областей. Самая северная область исторически называется Озерный Равнины Западной Монголии и приурочена к депрессии, пролегающей между хребтами Алтая и Хангая. Северная часть этой области – Убсунурская котловина – распространяется на территорию России и ограничена с севера хребтами Западный и Восточный Тану-Ола. Климатически Убсунурская котловина относится к Южноалтайско-Тувинско-Хангайской котловинно-горной провинции степной зоны Тесхемскому котловинному сухостепному, частично пустынно-сухостепному округу. Округ характеризуется резкоконтинентальным аридным климатом [1].

Все экосистемы Центральной Азии испытывали в историческом прошлом и испытывают в настоящее время антропогенный пресс, связанный с отгонным скотоводством. Под воздействием многолетнего (чаще всего чрезмерного) выпаса произошли заметные изменения в структуре травяно-кустарничкового покрова степей Убсунурской котловины, отразившиеся на структуре и на общем запасе фитомассы степных сообществ. Везде в качестве закономерности можно отметить: изменение видового состава, сокращение доли участия злаков, уменьшение высоты травостоя, опустынивание степных фитоценозов, уменьшение кормовой ценности растительного покрова. Сроки перехода от одной дигрессионной стадии к другой зависят от степени нагрузки и могут колебаться от 2-3 лет до нескольких десятилетий. При уменьшении интенсивности выпаса возможно восстановление первоначального или близкого к нему облика растительного покрова, но только в тех случаях, когда процессы дигрессии не стали необратимыми [2].

Почвенные микроорганизмы – основа деструкционного звена биологического круговорота в наземных экосистемах [3]. Биомасса почвенных микроорганизмов включает в себя множество микроорганизмов, населяющих почву, и является фундаментальным показателем состояния деструкционного звена биологического круговорота. Углерод, заключенный в микробной биомассе составляет не более 4 % от общего запаса почвенного органического вещества [4], но запасы гумуса в почвах, бесспорно, являются интегральным итогом, длительной деятельности почвенной микрофлоры: разложения корневых остатков, продукцией микробной биомассы и ее разложения после гибели микробных клеток [5].

Изменения в продукционном звене биологического круговорота в степных пастбищах на севере Центральной Азии плодотворно изучаются длительное время. Состояние деструкционного звена биологического круговорота в почвах степных пастбищ на севере Центральной Азии до настоящего времени изучено слабо [6].

Цель настоящего исследования состояла в изучении закономерностей изменения микробной биомассы и характеристик ее метаболической активности в почвах пастбищ в подзоне сухих степей, находящихся длительное

время под различной по силе пастбищной нагрузкой и в оценке возможности применения данных показателей для целей экологического мониторинга.

Все объекты исследования находятся в российской части Убсунурской котловины. Наиболее распространенным биомом в равнинной части котловины являются разнотравно-полынно-злаковые сухие степи на каштановых почвах на севере и опустыненные на светло-каштановых и бурых пустынно-степных почвах – в центре и на юге котловины [2].

Сухие степи на каштановых почвах вообще являются типичным ценозом не только в Убсунурской котловине, но и во всех межгорных котловинах Южной Тывы. Эти степи на протяжении тысячелетий использовались в качестве зимних и летних пастбищ. Сложившиеся веками традиции кочевания были залогом более или менее равномерной пастбищной нагрузки на степные экосистемы. Эти традиции были забыты при переходе кочевников-скотоводов к оседлому образу жизни после вхождения Тывы в состав СССР: появились участки сильно деградированных пастбищ вблизи колодцев и населенных пунктов [7]. Результаты недавнего обследования состояния пастбищ Убсунурской котловины по видовому составу, структуре и запасам фитомассы и продукции растительных сообществ показали, что около 75% пастбищ в той или иной степени деградированы и нуждаются в различных мероприятиях по улучшению [2].

Таблица 1. Основные характеристики исследованных экосистем

Точка / Расположение	Почва	Проективное покрытие (%) / Высота травостоя (см)	Сельхоз. использование
Т. 1 / Убсунурская котловина; 1 км к Юго-Востоку от с. Берт-Даг	Каштановая легкосуглинистая слабощебнистая маломощная	30 / 3-5	Сбитое пастбище
Т. 2 / Убсунурская котловина; 7 км к Западу от с. Берт-Даг	Каштановая легкосуглинистая слабощебнистая маломощная	50 / 5-35	Умеренная пастбищная нагрузка
Т. 3 / Убсунурская котловина; 0,8 км к Югу от г. Онджалан	Каштановая супесчаная среднемощная	65 / 13-55	Умеренная пастбищная нагрузка
Т. 4 / Убсунурская котловина; 1 км к Юго-западу от дер. Булун-Бажи	Каштановая супесчаная маломощная	25 / 3-14	Сбитое пастбище

В качестве объектов настоящего исследования были выбраны четыре участка сухой степи на каштановых почвах, находящиеся под различной по силе пастбищной нагрузкой: Т. 1 и 4 – пастбищная дигрессия (сбой) Т. 2 и 3 – умеренная пастбищная нагрузка.

Образцы почв отбирались по общепринятой методике из слоев 0-10 и 10-20 см [8]. В образцах определялся углерод биомассы почвенных

микроорганизмов (С-биомассы) методом SIR и базальное дыхание. Также рассчитывался метаболический коэффициент $q\text{CO}_2$ – показатель удельной метаболической активности биомассы почвенных микроорганизмов, как отношение величины C-CO_2 , выделившегося из почвы за 1 час к величине С-биомассы микроорганизмов [9]. Статистическая обработка результатов проводилась методами вариационного и дисперсионного анализов [10, 11].

На участках пастбищ, находящихся в стадии сбоя, микроббиомасса оказалась в среднем в 1,2 раза выше, чем в почвах пастбищ под умеренной нагрузкой в слое 0-10 см. В слое 10-20 см различия по данному показателю между участками с разной пастбищной нагрузкой отсутствовали (рис. 1).

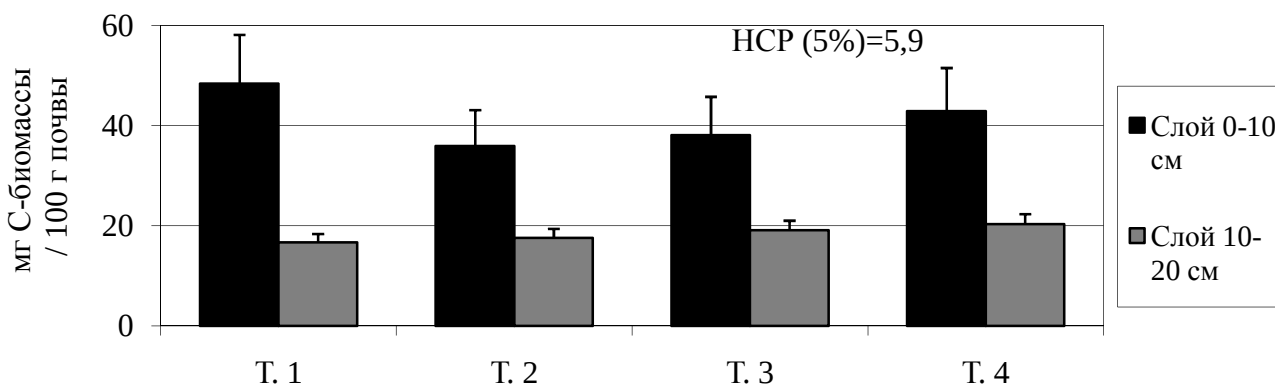


Рис. 1. С-биомасса микроорганизмов (мг С/100 г) в почве различных пастбищ

Достоверных различий между изученными почвами по показателю базального дыхания выявить не удалось (рис. 2).

Удельная активность микробной биомассы на участках деградированных пастбищ в слое 0-10 см была в среднем в 1,4 раза ниже, чем на участках пастбищ с умеренной пастбищной нагрузкой. В слое 10-20 см различия по данному показателю между участками с разной пастбищной нагрузкой отсутствовали (рис. 3).

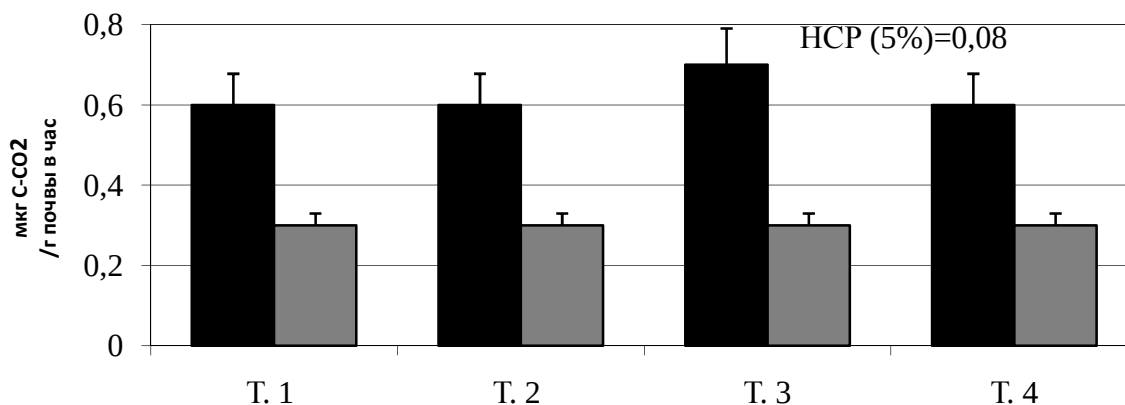


Рис. 2. Базальное дыхание (мкг С-СО₂/г в час) в почве различных пастбищ. (Обозначения см. рис.1)

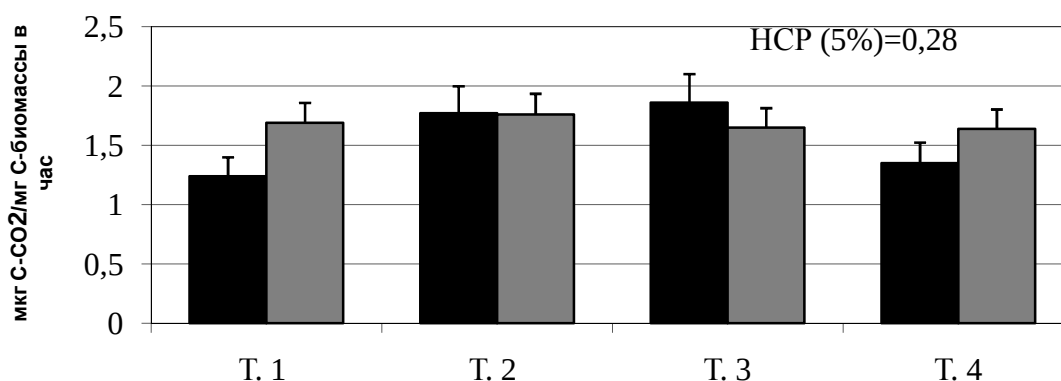


Рис. 3. Метаболический коэффициент (мкг С-CO₂/мг С-биомассы в час) в почве различных пастбищ. (Обозначения см. рис. 1)

Таким образом, в почве сухой степи, используемой в качестве пастбища, происходит увеличение изменение запасов микроббиомассы и показателей ее метаболической активности. Запас микроббиомассы в почве пастбища, находящегося на последней стадии пастбищной дигрессии увеличивается, а удельная активность этой биомассы снижается. Эти изменения, как мы считаем, определяются существенной перестройкой продукционного блока экосистемы под влиянием сбоя.

Уже на данном этапе исследования можно говорить о возможности использования показателей микробной биомассы и метаболического коэффициента для целей экологического мониторинга почв пастбищ, находящихся под различной по силе пастбищной нагрузкой. Использование этих показателей может быть особенно актуально в тех случаях, когда традиционно используемые для мониторинга степных экосистем показатели оказываются недоступными (после пала, массового прогона скота и т.д.).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Синицын, В.М. Центральная Азия / В.М. Синицын. – М.: Гос. изд-во географ. лит-ры, 1959. – 456 с.
2. Эксперимент «Убсу-Нур». Коллективная монография. Ч. 1. Наземные исследования / [отв. ред. В.В. Бугровский]. – М.: ИНТЕЛЛЕКТ, 1995. – 336 с.
3. Тейт, Р.И. Органическое вещество почвы: Биологические и экологические аспекты / Р.И. Тейт; пер. с англ. О.Д. Масаловой, Д.С. Орлова. – М.: Мир, 1991. – 400 с.
4. Anderson, T.H. Ratio of microbial biomass carbon to total organic carbon in arable soils / T.H. Anderson, K.H. Domsch // Soil Biol. Biochem. – 1989. – V. 21. – P. 471–479.
5. Аристовская, Т.В. Микробиология процессов почвообразования / Т.В. Аристовская. – Л.: Наука, Ленингр. отд-ние, 1980. – 187 с.
6. Степи Центральной Азии / И.М. Гаджиев, А.Ю. Королюк, А.А. Титлянова [и др.] ; отв. ред. В.А. Хмелев. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2002. – 299 с.

7. Гомбоев Б.О. Аграрное землепользование Внутренней Азии. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2006. 228 с.
8. Методы почвенной микробиологии и биохимии / И.В. Асеева [и др.]; под ред. Д.Г. Звягинцева. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1991. – 303 с.
9. Schinner, F. Methods in soil biology / F. Schinner, R. Ohlinger, E. Kandeler, R. Margesin. – Berlin: Springer-Verlag, 1996. – 420 p.
10. Плохинский, Н.А. Биометрия / Н.А. Плохинский. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1970. – 367 с.
11. Сорокин, О.Д. Прикладная статистика на компьютере / О.Д. Сорокин. – Краснообск: ГУП РПО СО РАСХН, 2004. – 162 с.

© М.В. Якутин, Д.С. Дубовик, 2011

УДК 550.388.2

А.Ю. Белинская, С.Ю. Хомутов, О.М. Грехов

АСФ ГС СО РАН, Новосибирск

СЕЙСМИЧЕСКИЕ ЭФФЕКТЫ В ИОНОСФЕРЕ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ МОНИТОРИНГА F-СЛОЯ НАД НОВОСИБИРСКОМ

Исследования последних лет убедительно свидетельствуют о существовании связи между процессами, протекающими в земной литосфере, и возмущениями в ионосфере. В представленной работе рассмотрены методики для выявления сейсмо-ионосферных вариаций по данным вертикального зондирования ионосферы. Используя результаты многолетнего мониторинга ионосферы на Геофизической обсерватории «Ключи» (Новосибирск), были исследованы возможные эффекты землетрясений (в том числе и в период подготовки) на ионосферу. Рассмотрены землетрясения с магнитудой $M \geq 4$ и удаленностью эпицентра от обсерватории не более 1000 км за 2000-2010 гг.

A. Belinskaya, S. Khomutov, O. Grekhov

Altay-Sayan Branch of Geophysical Survey of SB RAS (ASB GS SB RAS)

3 Koptuga pr., Novosibirsk, 630090, Russian Federation

THE STUDIES EFFECTS IN IONOSPHERE USING THE RESULTS OF SOUNDING OF F-LAYER OVER NOVOSIBIRSK

Recent researches demonstrate the effect of the processes in the Earth's lithosphere on the ionosphere. In this report the methods for detecting the seismo-ionospheric variations using data of vertical sounding of the ionosphere are considered. The results of long-term monitoring of the ionosphere at the Geophysical Observatory "Klyuchi" (Novosibirsk) are used for investigation of the effects of earthquakes to the ionosphere during preparation phase and under shock. We considered the earthquakes with magnitude $M \geq 4$ and the epicenter distance from the observatory no more than 1000 km in period from 2000 to 2010.

Исследования воздействия землетрясений на окружающую среду для выделения закономерностей процесса этого явления проводятся достаточно давно. Такая работа интересна с научной точки зрения, но, прежде всего, анализ каждого землетрясения необходим для нахождения предвестников землетрясений, поскольку наиболее мощные землетрясения сопровождаются природными катаклизмами, которые приводят к разрушению строений, коммуникаций, гибели людей, животных. В связи с проблемой прогноза землетрясений необходимо экспериментальное изучение вариаций ионосферной плазмы на различных фазах подготовки землетрясений.

Исследования последних лет убедительно свидетельствуют о существовании связи между процессами, протекающими в земной литосфере, и возмущениями в ионосфере. Сейсмическая активность в земной коре сопровождается не только геодинамическими процессами, но и электромагнитным воздействием очага землетрясения на ионосферу: за несколько дней или часов до начала землетрясения возникают многочисленные аномальные изменения параметров среды и электромагнитного поля. Поэтому изучение воздействия землетрясений на ионосферу и поиск предвестников в параметрах ионосферы активно ведется учеными разных стран [1-4].

В первую очередь проводился анализ данных ионосферных станций вертикального зондирования (ВЗ). Обработка этих данных позволила выявить ряд эффектов землетрясений в геомагнитном поле и стандартных ионосферных параметрах, таких, как критические частоты f_oE_s , f_oE , f_oF2 . Так в работе [5] говорится о том, что реакция высокоширотной ионосферы на сильное землетрясение при спокойных условиях в геомагнитном поле и при небольших вспышках класса А проявилась в основном в параметрах нижней ионосферы (f_{min} , f_oE_s и $h'E_s$). Было найдено, что за несколько суток перед землетрясением наблюдаются определенные эффекты в суточном ходе f_oF2 , в частности, заметное повышение или понижение критических частот относительно медианы. Проведенный авторами [6] анализ поведения ионосферы по данным станций наземного вертикального зондирования, расположенных вблизи эпицентра землетрясений, позволил выделить следующие особенности вариаций критической частоты, регистрируемых в период подготовки сильных сейсмических событий:

- 1) Сейсмо-ионосферные вариации более кратковременны (3-4 часа), чем вариации, наблюдаемые во время магнитных бурь (8-36 часов);
- 2) Сейсмо-ионосферные вариации наблюдаются в течение нескольких суток (2-3 суток) до землетрясений в одно и то же местное время;
- 3) В широкой области ионосферы в период подготовки землетрясений происходит общее увеличение электронной концентрации в слое F2 за 2-3 суток до момента толчка. За сутки до начала землетрясения отмечается локальный минимум электронной концентрации над эпицентральной областью.

Приведенные результаты, связанные с модификациями ионосферной плазмы в периоды землетрясений, относятся, как правило, к землетрясениям с магнитудой $M > 5$.

Для ионосферной станции Токио за период 1957–1990 гг. были рассмотрены землетрясения с магнитудой $M > 6.0$, глубиной очага $h < 80$ км и находившимся на расстоянии менее 1000 км от Токио. Используя метод наложенных эпох, авторы [7] показали что, в среднем, f_oF2 падает перед землетрясениями. За день до события уменьшение составляет приблизительно 5 %. Статистическая надежность полученных результатов 0.95.

На Геофизической обсерватории «Ключи» (Новосибирск) ионосферные наблюдения выполняются более 40 лет. В 1996 г. на станции был установлен цифровой ионозонд, благодаря чему был накоплен архив данных в цифровом

виде. Для исследования возможного эффекта сейсмоактивности в ионосфере нами был выбран период с 2000 по 2010 гг. Рассматривались землетрясения с магнитудой $M \geq 4$ и удаленностью эпицентра от обсерватории не более 1000 км.

Оценка проводилась по нескольким методикам:

1. Вычислялись отклонения ежечасных значений критических частот слоев F2 и Es от скользящих медианных значений за 4 сут. до землетрясения и 2 сут. после. Оценивались время и величина этих отклонений относительно момента землетрясения (рис. 1).

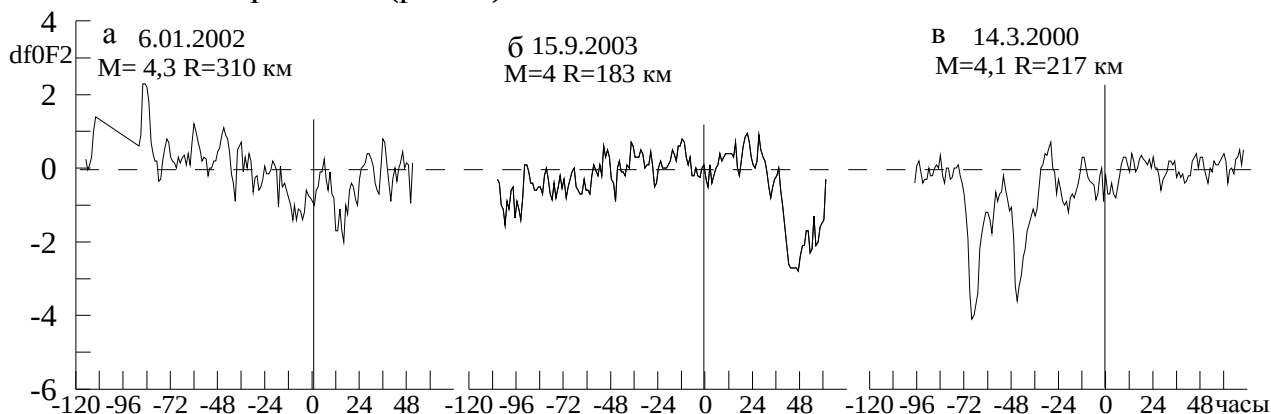


Рис. 1. Примеры отклонений критической частоты слоя F2 от скользящего медианного значения. М – магнитуда по объемным волнам, R – расстояние от эпицентра землетрясения до обсерватории «Ключи».

2. Для каждого землетрясения вычислялись среднедневные значения foF2 для 4 сут. до и 2 сут. после. Затем эти значения нормализовались средним по всем 6 суткам. Таким образом были получены ряды $F_i = (foF2)_i / (foF2)_{total}$, где i – номер суток относительно дня землетрясения, $(foF2)_i$ – среднее значение foF2 за i -ый день, $(foF2)_{total}$ – среднее за 6 сут. наблюдений. Затем применялся метод наложенных эпох для всех случаев землетрясений (рис. 2).

3. Для каждого землетрясения рассматривалось поведение foF2, foEs и h'Es. В некоторых случаях отмечались вариации, которые можно принять как предвестники землетрясения.

Проведенный анализ обнаружил эффекты появления локальных аномалий в ионосфере, но неоднозначность выявленных вариаций, как до землетрясения, так и во время и после него, не дают возможности говорить о предсказании землетрясения по данным вертикального зондирования. Обладая знаниями по физике данного катастрофического явления, на основании

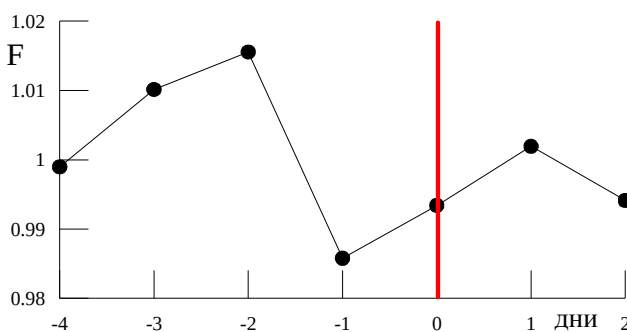


Рис. 2. Метод наложенных эпох для землетрясений с $M > 4$, $R < 1000$, с 2000-2010 гг.

статистических параметров ионосферы можно получить прикладные средства для краткосрочного прогнозирования землетрясений. Для их проверки необходимы специальные эксперименты.

Благодарности. Авторы благодарят операторов ионозонда обсерватории "Ключи" за своевременную и точную обработку ионограмм. Работа выполнена при частичной поддержке ИСЗФ СО РАН в рамках госконтракта №02-с/2010.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Сорокин, В.М., Чмырев, В.М. Электродинамическая модель ионосферных предвестников землетрясений и некоторых видов катастроф. // Геомагнетизм и аэрономия. – 2002. - Т.42, № 6. - С.821-830.
2. Липеровский, В.А., Похотелов, О.А., Мейстер, К.-В., Липеровская, Е.В. Физические модели связей в системе литосфера–атмосфера–ионосфера перед землетрясениями // Геомагнетизм и аэрономия. - 2008. - Т. 48. - С. 831–843.
3. Nenovski, P., Spassov, Ch., Pezzopane, M., Villante, U. et al Ionospheric transients observed at mid-latitudes prior to earthquake activity in Central Italy // Nat. Hazards Earth Syst. Sci.- 2010. – 10. – P.1197–1208.
4. Hawlitschka, S. Travelling ionospheric disturbances (TIDs) and tides observed by a super-resolution HF direction finding system // J. Atmos. Sol.-Terr. Phy. – 2006. – V. 68. – P. 568-577.
5. Сергеева, Н.Г., Оглоблина, О.Ф., Черняков, С.М. Сильные землетрясения и их влияние на полярную нижнюю ионосферу. // Вестник МГТУ. – 2009. - Т.12, №2. - С.328-337.
6. Пулинец, С.А., Легенька, А.Д., Зеленова, Т.И. Зависимость сейсмо-ионосферных вариаций в максимуме слоя F от местного времени. //Геомагнетизм и аэрономия. 1998, т.38, с.178-183.
7. Liperovskaya, E. V., Parrot, M., Bogdanov, V. V., Meister, C.-V. et al On variations of f_oF_2 and F-spread before strong earthquakes in Japan // Nat. Hazards Earth Syst. Sci. – 2006 – 6. – P.735–739.

© А.Ю.Белинская, С.Ю. Хомутов, О.М. Грехов, 2011

УДК 504.455

С.П. Казьмин, О.В. Климов

СибНИГМИ, Новосибирск

МОРФОМЕТРИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ БЕЛОВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА И ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПРИЛЕГАЮЩЕЙ ТЕРРИТОРИИ

Приведены результаты батиметрической съёмки Беловского водохранилища и дана оценка экологического состояния водосборной территории по степени благоприятности.

S.P. Kazmin, O.V. Klimov

Siberian Regional Research Hydrometeorological Institute,
30 Sovietskaya St, Novosibirsk, 630099, Russian Federation

MORFOMETRICHEFSKY FEATURES OF THE BELOVSKY WATER BASIN AND ECOLOGICAL ESTIMATION OF ADJOINING TERRITORY

Results bathymetries shootings of water area of the Belovsky water basin are resulted and the estimation of an ecological condition of water modular territory is given.

Беловское водохранилище руслового типа было искусственно создано в 1964 г. на р.Иня. Водоём сезонного регулирования образован подпорными гидросооружениями Беловской ГРЭС, расположенными у с. Коротково Беловского района Кемеровской области в 547 км от устья реки. Длина водохранилища по руслу реки Ини достигает 19 км, средняя ширина около 1 км.

С целью оценки современной структуры акватории водоёма по заявке Беловской ГРЭС Кузбасского филиала ОАО «Кузбассэнерго», как водопользователя Беловского водохранилища, в июле 2010 г. лабораторией прикладной экологии и климата ГУ «СибНИГМИ» была проведена батиметрическая съёмка рельефа дна. Работы сделаны в соответствии с «Правилами гидрографической службы. Съёмка рельефа дна: требования и методы» (ГУНИО, 1984). С помощью навигационного эхолота Fishfinder 250, установленного на маломерном судне, были промерены глубины дна в 400 точках. Точки промера на профиле закладывались при спокойном рельефе на расстоянии ~ 200-250 м друг от друга. В расширенной глубоководной нижней зоне водоёма, где отмечается перепад рельефа дна и выявлены отдельные локальные впадины, работы выполнены с детализацией (до 100-150 м между точками). Все маршрутные точки и треки привязаны к координатной сетке и переданы с устройства Garmin на электронные карты при помощи программы MapSource V.6.16.2. Результаты батиметрической съёмки послужили исходным

материалом для построения цифровой модели Батиметрической карты Беловского водохранилища (2010 г.) в масштабе 1:25 000 с использованием программного пакета ArcInfo 9.3. На карте дано изображение подводного рельефа при помощи изобат (линий равных глубин). Сечение изобат проведено через 1 метр, за исключением первой, проведённой через 2 метра (рис. 1).

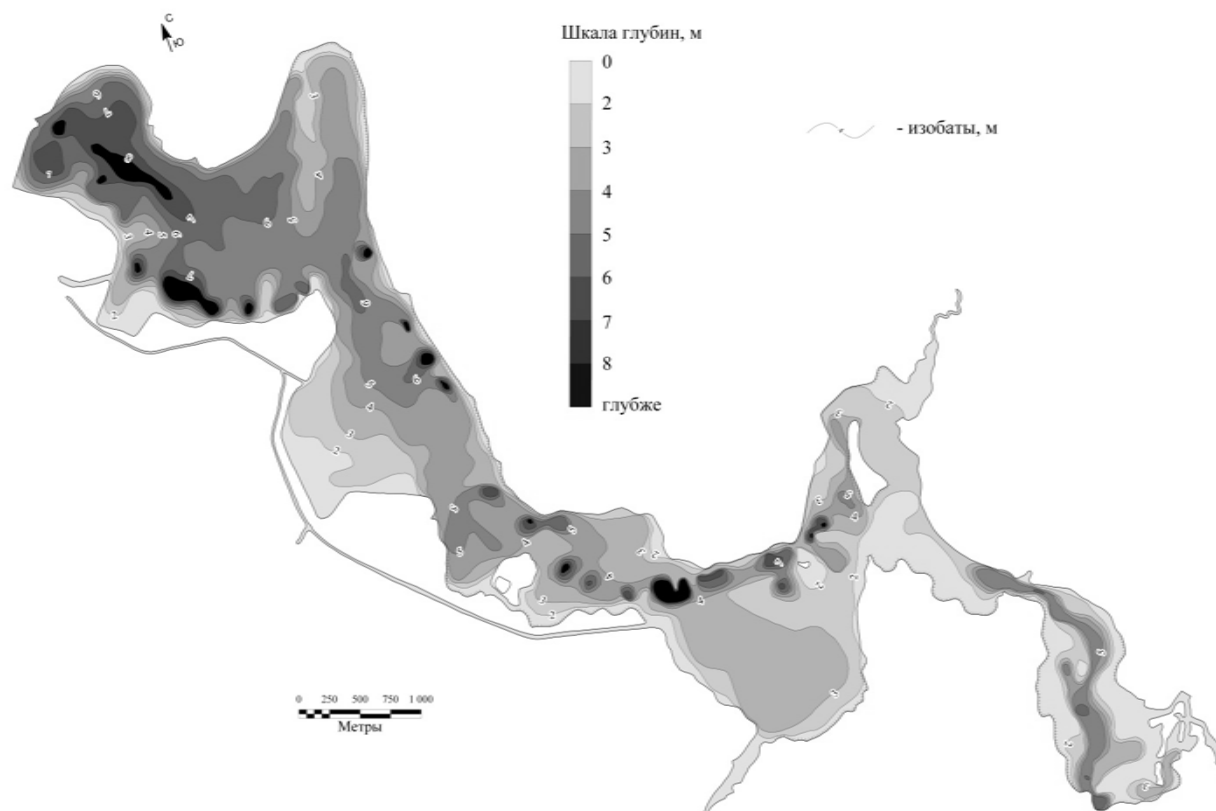


Рис. 1. Батиметрическая карта Беловского водохранилища (2010 г.)

Рельеф дна является одним из факторов, влияющих на экологическую ситуацию водоёма. Оказывая воздействие на направление и скорость придонных течений, он в большей степени определяет пути переноса загрязняющих веществ и области их накопления. Рельеф дна Беловского водохранилища, в целом выровненный и не имеет резких перепадов. Отмечаются отдельные локальные впадины. Максимальные глубины дна зафиксированы в нижней зоне водохранилища в районе плотины (до 11,6 м) и ~200 м севернее спасательной станции (до 12,2 м). В прибрежной части выделяется мелководная зона, в пределах которой глубина изменяется от 0 до 2 метров. В экологическом плане серьёзный интерес представляют понижения дна (впадины) с низкой скоростью придонных течений. Именно они являются зонами накопления загрязняющих веществ.

Беловское водохранилище относится к долинному типу, поэтому объём водной массы вычислялся методом призм по уравнению:

$$W = (f_0 + f_1)/2 \times H_1 + (f_1 + f_2)/2 \times H_2 + \dots + (f_{n-2} + f_{n-1})/2 \times H_{n-1} + (f_{n-1} + f_n)/2 \times H_n,$$

где f_0 – площадь зеркала водохранилища,

$f_1, f_2 \dots f_n$ – площади, ограниченные изобатами,

$H_1, H_2 \dots H_n$ – вертикальное расстояние между изобатами.

В результате выполненных расчетов установлено, что в настоящее время объём водной массы в Беловском водохранилище (W_{ϕ}) равен $49,07 \times 10^6 \text{ м}^3$.

Общий объём заиления (W_3) водохранилища определяется как разность между проектным объёмом водной массы ($W_{\text{пр}}$) и объёмом, вычисленным по данным батиметрической съёмки (W_{ϕ}): $W_3 = W_{\text{пр}} - W_{\phi}$.

В нашем случае это $59,0 \times 10^6 \text{ м}^3 - 49,07 \times 10^6 \text{ м}^3 = 9,93 \times 10^6 \text{ м}^3$, что составляет 16,8% от проектного объёма воды в водоеме Беловской ГРЭС.

Площадь зеркала Беловского водохранилища по данным цифровой обработке уточненной топоосновы на июль 2010 г. составила $12,8 \text{ км}^2$, что менее проектной величины акватории этого водоема ($13,6 \text{ км}^2$) при нормальном подпорном уровне (НПУ-189,60 м) на $0,8 \text{ км}^2$ (~1%). Разница в площади зеркала водохранилища, по-видимому, объясняется тем, что исследования при батиметрической съёмке проводились при уровне воды в водоеме - 189,57 м. Также при подсчёте площади водоёма была вычтена площадь островов ($0,25 \text{ км}^2$). Площадь мелководий до 2 м по данным промеров глубины дна составило – $3,36 \text{ км}^2$.

Максимальная глубина водохранилища составила – 12,2 м, средняя глубина – 4,6 м при уровне воды (БС) – 189,57 м.

Исследования, полученные в результате совмещения дистанционного зондирования земной поверхности, топокарт различного масштаба и необходимого комплекса полевых работ, позволили оценить пространственные масштабы урбанизации, промышленного и агропромышленного освоения водосборной площади Беловского водохранилища на современном этапе. Геоэкологическая ситуация оценивалась по степени её благоприятности (безопасности) на основе учета следующих факторов:

- Наличия и интенсивности опасных геологических явлений и процессов;
- Возможности активизации опасных геологических процессов в результате антропогенного (техногенного) нарушения природного (экологического) равновесия;
- Распространения и интенсивности геохимического загрязнения поверхностных вод и донных отложений вредными элементами;
- Степени нарушенности рельефа и ландшафта в целом техногенным воздействием;
- Надежности природоохранных мероприятий.

Благоприятные территории прослеживаются в районах распространения лесных массивов. Опасные геологические явления и процессы здесь отсутствуют, активизация их маловероятна. Природные и техногенные загрязнения локализованы на площади источников, геохимические аномалии либо отсутствуют, либо локальны и не превышают ПДК. Рельеф практически не нарушен. Природоохранные мероприятия практически не требуются или должны проводиться на локальных участках.

Территории с удовлетворительной обстановкой имеют следующие критерии выделения. Экзогенные геологические процессы и явления имеются, но не носят опасного характера, их активизация в катастрофическом масштабе маловероятна. Среди экзогенных геологических процессов, развитых на территории выделяются: плоскостной смыв почвогрунтов при распашке земель, оврагообразование, суффозионная просадочность, дефляция, оползни и обрывы, заболачивание земель, подтопление грунтовыми водами населенных пунктов, боковая речная эрозия, переработка берегов водохранилища. Плоскостной смыв наблюдается на пологих склонах с крутизной более $1-2^{\circ}$ и заключается в сносе почвы водой, стекающей в виде многочисленных струй в период снеготаяния и ливневых дождей по легкоразмываемым суглинкам и распаханым полям. Оврагообразование приурочено к долинам местных рек. Овраги молодые, стенки обрывистые, осыпные. Проявлению их способствует хозяйственная деятельность человека: выпаса скота, нарушение почвенного покрова, колеи от машин. Суффозионно-просадочные явления широко развиты на возвышенных участках междуречий. Понижения разнообразной формы и различных размеров (от нескольких метров до 50-100 м в поперечнике) и глубиной преимущественно 0,3-1,5 м приурочены к ровным плоским участкам, сложенным просадочными лессовидными суглинками. Степень воздействия дефляции зависит от рельефа местности и скорости ветра. В первую очередь ветровой эрозии подвергаются выпуклые распаханые участки поверхности и ветроударные склоны, сложенные неуплотненными лессовидными осадками. С подъёмом уровней грунтовых вод и выходом подземных вод на поверхность связано развитие небольших оплывин и оползней на склонах, заболачивание в верховьях местных водотоков, подтопление застроенных территорий населённых пунктов. Переработка берегов водохранилища представляет комплекс процессов разрушения берегов. Одновременно с переработкой берегов водохранилища развивается процесс его заиления, т.е. заполнения чаши водохранилища осадками, поступающими в акваторию за счёт разрушения берегов, твердого стока притоков и сноса с окружающих пространств. В процессе разрушения берегов принимают участие такие процессы как оползни и обвалы. На аэроснимках хорошо просматривается не только мелководная прибрежная часть водохранилища, но и глубокие его части, наиболее динамичная часть акватории, циркуляция водных масс, перенос взвешенных веществ, участки зарастания тростником и камышом, места скапливания фитопланктона. Природные и техногенные загрязнения распространены за пределами источников, но отмечаются наличие участков, где содержание загрязняющих веществ, превышает нормируемые показатели до 10 ПДК. Рельеф в основном нарушен распашкой земель, пастбищами, размещением селитебных и рекреационных зон, коллективными садами и дорогами. Природоохранные мероприятия должны выполняться в пределах опасных участков.

На напряженных территориях главным фактором преобразования природы являются техногенные процессы. Компоненты природной среды в пределах агропромышленных агломераций и их окрестностях загрязняются широким

спектром токсичных элементов различного класса опасности, поэтому являются объектами тщательного изучения природоохранных организаций.

Для поддержания природного (экологического) равновесия и защиты распаханых территорий от ветровой и водной эрозии на обрабатываемых землях в левобережье водохранилища участками размещены лесополосы. Также вдоль железной дороги и основных автомагистралей высажены защитные лесополосы, защищающие атмосферный воздух от выбросов загрязняющих веществ транспортом (рис. 2).

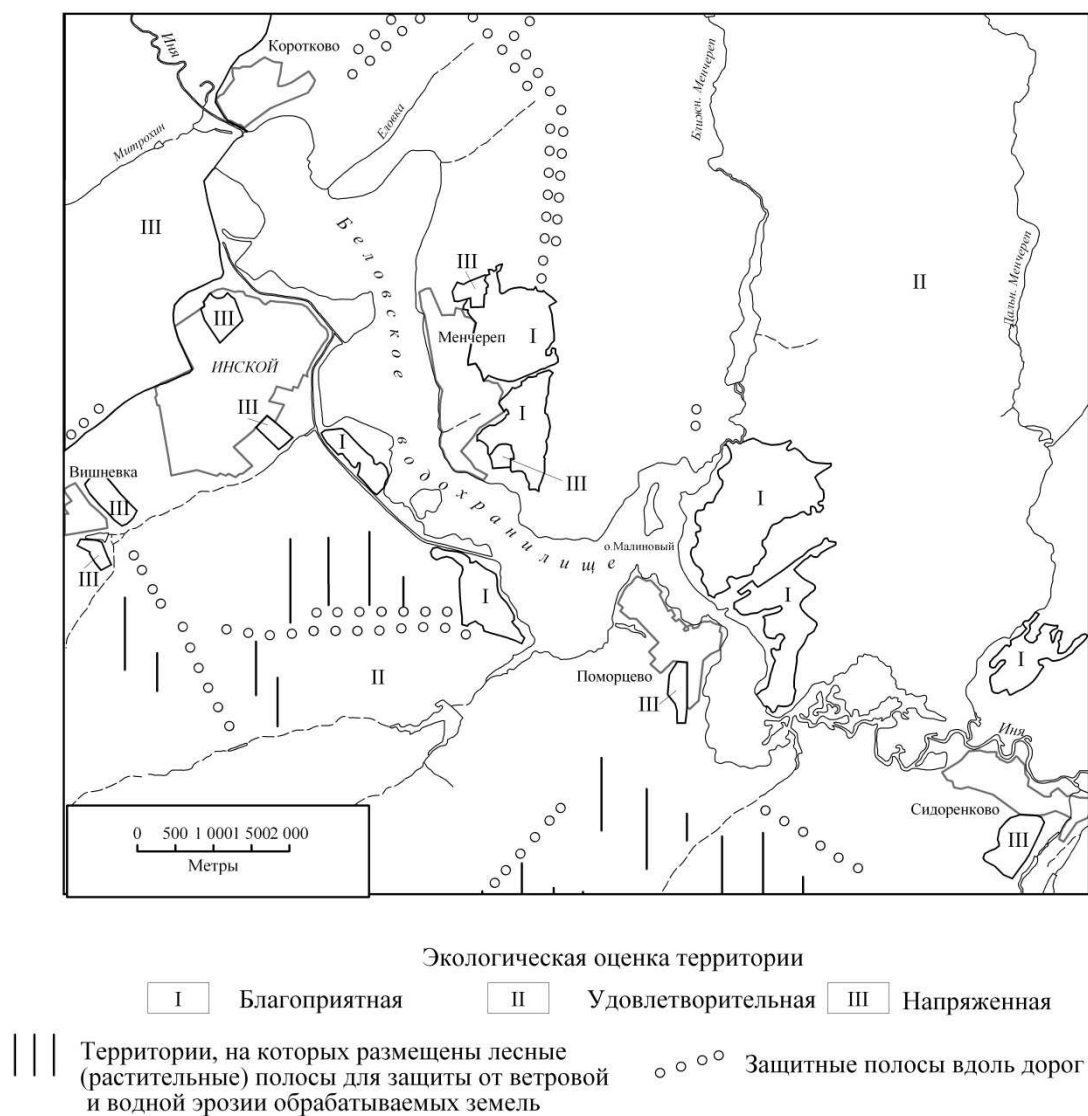


Рис. 2. Схема оценки экологического состояния территории, прилегающей к Беловскому водохранилищу.

Водные ресурсы водоёма и его береговая зона используются комплексно. На берегах расположены базы отдыха предприятий и организаций города, района, частных лиц. Наиболее крупным промышленным техногенным объектом, примыкающим к акватории Беловского водохранилища, является Беловская ГРЭС, филиал ОАО «Кузбассэнерго». В настоящее время является актуальным вопросом пересмотр утверждённой в 2005 г. Верхне-Обским БВУ

ширины водоохраной зоны и приведения её в рамки со ст. 65 существующего Водного кодекса РФ (2007). Соблюдения режима использования водоохраной зоны в соответствии с природоохранными законодательными документами, заключениями органов надзора позволят до минимума снизить антропогенное воздействие на компоненты окружающей среды.

© С.П. Казьмин, О.В. Климов, 2011

УДК 541.182.3:551.510.552

Ю.Н. Самсонов, О.В. Чанкина

ИХКГ СО РАН, Новосибирск

О.А. Беленко

СГГА, Новосибирск

ДИСПЕРСНЫЕ И МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ДЫМОВЫХ ЧАСТИЦ ОТ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ

Пожары в сибирских бореальных лесах, которые происходят на площади 10-14 млн. га ежегодно, приводят к эмиссии в атмосферу 400-500 млн. тонн дымового вещества в виде аэрозольных и газообразных продуктов горения. Эти дымовые частицы могут оставаться в воздухе длительное время, поглощая и рассеивая солнечный свет и, таким образом, нарушать теплообмен между солнечной энергией, атмосферой и земной поверхностью. Климатический эффект от дымовой аэрозольной эмиссии (атмосферной охлаждения) мог бы частично компенсировать глобальное потепление, вызванное эмиссией газовых продуктов горения (углекислый газ, метан).

Yu.N. Samsonov, O.V. Chankina

Institute of Chemical Kinetics and Combustion, SB RAS, Novosibirsk, Russia

O.A. Belenko

Siberian State Academy of Geodesy (SSGA), Novosibirsk, Russia

DISPERSAL AND MORPHOLOGICAL PROPERTIES OF SMOKE PARTICULATES FROM FOREST FIRES

The fires in Siberian boreal forests, which burn about 10-14 million ha annually, emit in the air 400-500 of million tons of particulate and gaseous smoke matters. These smoke particles can remain in the air for a long time and can absorb and scatter the sunlight and, thus, disturb the heat transfer between solar radiation, atmosphere, and land. A climatic effect of particulate emission (atmospheric cooling) could compensate global warming created due to emission of gaseous combustion products (carbon dioxide, and methane).

Введение

Спутниковые наблюдения показывают, что пожары ежегодно происходят на площади 10-14 млн. га в лесных и лесостепных зонах Сибири и Дальнего Востока, при этом сгорает 300-500 млн. тонн биомассы. При горении выделяются как газовые продукты, так и аэрозольные дымовые частицы. Массовая доля аэрозольной эмиссии варьируется от 1 до 7% от полного количества сгоревшей биомассы (93-99% представляют собой газовые продукты), в зависимости от условий горения, однако её роль в атмосферном

теплообмене является доминирующей. Это связано с тем, что в эмиссии присутствуют тонкодисперсные частицы, в значительной мере состоящие из элементного углерода. Такие частицы, длительно находясь во взвешенном состоянии в атмосфере, поглощают и рассеивают солнечный свет, т.е. влияют на теплообмен между земной поверхностью, атмосферой и солнечной радиацией и, следовательно, могут воздействовать на глобальный и региональный климат. Отметим, что климатическое воздействие от аэрозольной эмиссии (предположительно охлаждение) является компенсирующим к действию газовых продуктов горения (двуокись углерода, метан, другие парниковые соединения), гипотетически приводящих к глобальному потеплению. Поэтому сведения о количестве, химическом и дисперсном составе дымовой эмиссии от ежегодных лесных пожаров являются необходимыми для создания и верификации компьютерных моделей глобального или регионального погодноклиматического тренда. Они важны в исследованиях оптических и химических свойств атмосферы, а также для оценок респираторного качества приземного воздуха.

Проведение натурно-модельных лесных пожаров

В период 2000-10 гг. на таежной территории Красноярского края было проведено около 40 натурно-модельных пожарных экспериментов. Пожарные эксперименты проводились совместно российскими специалистами (Институт леса СО РАН, Институт химической кинетики и горения СО РАН, Сибирская государственная геодезическая академия) и зарубежными коллабораторами из Лесных служб США и Канады. Все пожарные эксперименты были согласованы с краевой лесной службой Красноярского края и проводились с участием лесоохранных организаций тех районов, на территории которых проводились опыты. Пожарные опыты 2000-07 гг. проводились на натуральных лесных площадках размером 200 x 200 м или 100 x 100 м, опыты 2008-10 гг. - на относительно малых площадках 6 x 12 м. Сжигание больших лесных участков в полной мере воспроизводило поведение реальных лесных пожаров, причем эти опыты происходили в контролируемых условиях, не допускающих выхода пожара за пределы экспериментальных участков. Опыты на площадках 6 x 12 м в большей степени воспроизводили дымовую эмиссию при горении биомассы, чем поведение лесных пожаров. По ландшафтным, погодноклиматическим и структурным особенностям сибирских лесов лесные пожары здесь преимущественно наземного типа, при которых сгорает наземный лесной покров (мхи, лишайники, травы, кустарники, древесный опад), но взрослые деревья повреждаются сравнительно слабо. Вокруг опытных площадок формировались защитные полосы в виде лесных просек и/или почвенных полос, препятствующих выходу огня за их пределы. Предварительно проводились учеты количества и распределения лесных горючих материалов по разным видам - мхи, лишайники, травы, древесный опад, кустарники, деревья и древесная поросль. Аналогичные учеты проводились после пожарного опыта, что позволяло количественно и качественно оценивать воздействие пожара на лесные экосистемы, в том числе определять количество сгоревшей биомассы с единицы площади. Зажигание проводилось в виде «огневой ленты» по

наветренному краю площадки. Скорости продвижения огневого фронта зависели от условий опыта (запас горючих материалов на площадке и его сухость, сила приземного ветра) и они варьировались от 0.5 м мин^{-1} до 3 м мин^{-1} . При предпожарных учетах, а также во время и после проведения опыта велись документальные записи и измерения, позволяющие сохранить сведения об условиях и характере каждого пожара. Это является преимуществом натурно-модельных пожарных опытов, позволяющих проводить комплексные исследования пожаров в контролируемых и документируемых условиях. Проведение учетов и контролируемых измерений при стихийных лесных пожарах практически невозможно. Во время «горения и дымления» производился отбор дымовых аэрозолей прокачкой дыма через аэрозольные фильтры. Фильтры заранее просушивались до полной сухости, взвешивались и хранились в пластиковых пакетах. После опытов фильтры доставлялись в лабораторию, где вновь проводилось «просушивание и взвешивание». Таким способом определялись массы аэрозольного вещества, собранного на фильтрах, по этим данным рассчитывались массовые концентрации дыма $C \approx 20\text{-}70 \text{ мг м}^{-3}$ в местах отбора проб. Во время опытов фильтродержатели удерживались над горячей/дымящей поверхностью на высоте $0.5\text{--}1 \text{ м}$, потоки дыма имели здесь почти вертикальное восходящее движение со скоростью $U \approx 0.3\text{--}1.0 \text{ м с}^{-1}$. Учитывая, что время активного горения и дымления от каждого места было $t \approx 5\text{--}30 \text{ мин}$, можно оценить количество дымового вещества M , эмитированного в воздух с 1 га сгоревшего леса по формуле $M (\text{т га}^{-1}) = 0.0006 C U t$ (коэффициент 0.0006 появляется из-за используемых в формуле размерных единиц). Исходя их приведенных выше величин находим, что с одного гектара в атмосферу

попадает от ≈ 0.2 до ≈ 1 тонны дымового аэрозольного вещества, что составляет от 1 до 7% от сгоревшей биомассы ($10\text{--}30 \text{ т/га}$, наши данные).

Дисперсные и морфологические свойства дымовой эмиссии

Дисперсные характеристики дымовых частиц определялись *in situ* методами инерционной каскадной импакции и оптическими счетчиками (анализаторами) аэрозольных частиц. Частицы, осажденные на разные каскады (пластины) инерционного импактора, фотографировались в цифровом формате. Для определения дисперсных свойств сфотографированных частиц применялись компьютерные программные средства MapInfo. Количество осажденного аэрозольного

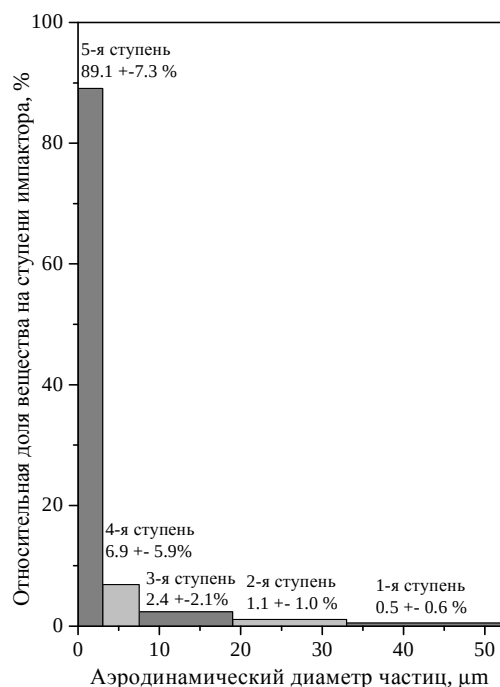


Рис.1. Гистограммное массовое распределение дымовой эмиссии по пяти дисперсным фракциям (усреднение по данным от 19 пожарных опытов 2007-10 гг.)

вещества на фильтрах и каскадах/пластинах определялось взвешиванием, элементный и углеродный химический состав осажденных частиц — методами рентгено-флуоресцентного анализа с синхротронным излучением (РФА СИ) и газовой хроматографии. Дисперсные характеристики, химический состав и морфологические свойства дымовых частиц представляют особый интерес. Наибольшей способностью к рассеянию солнечного света обладают частицы субмикронных размеров, наибольшее поглощение имеют частицы, состоящие из обугленных материалов (элементный углерод, сажа). Длительность витания в атмосфере аэрозольных частиц сильно зависит от их размеров. Субмикронные и микронные частицы «живут» в реальной атмосфере 10-15 дней (за это время они «вымываются» дождевыми осадками), однако частицы размером 30-50 мкм осели бы на землю в течение нескольких часов. На рис. 1 в гистограммном виде показано массовое распределение по дисперсным фракциям дымовой эмиссии, отдельно собранной на пять ступеней каскадного импактора. Распределение получено при усреднении данных от 37 импакторного измерения фракционного состава эмиссии в 19 натурно-модельных пожарах. Как видим, основная масса дымовой аэрозольной эмиссии, 90-95 %, заключена в весьма тонких частицах менее 3-5 мкм. Суммарная доля грубодисперсных частиц, крупнее 5-7 мкм, относительно мала, около 5-10 %. Измерения оптическим счетчиком тонких фракций дымовой эмиссии (≈ 0.3 -8 мкм, соответствующие 4-й и 5-й ступеням импактора) показали, что среднегеометрические размеры частиц при разных условиях горения биомассы варьировались в диапазоне 0.35 – 1.0 мкм, а медианно-массовые размеры $d_m \approx 1$ -2 мкм (рис. 2). Стандартное геометрическое отклонение σ_g для логнормального распределения по размерам равнялось 1.6 - 1.7, так что 92-98 % массы дымового вещества заключены в частицах менее 3-5 мкм ($\leq d_m \sigma_g^2$), что соответствует импакторным данным.

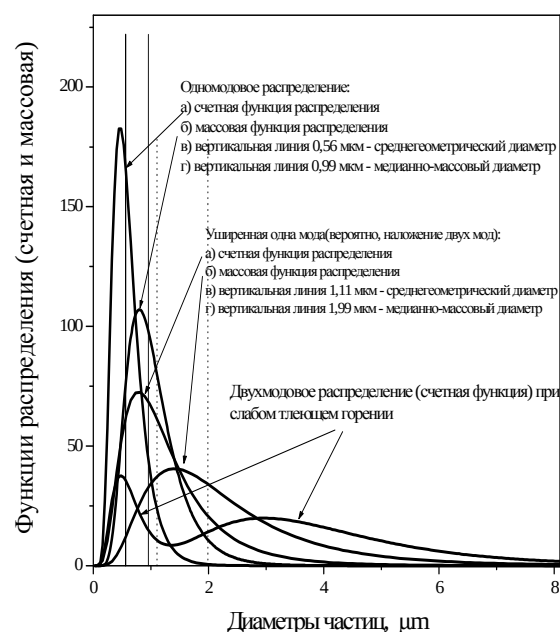


Рис. 2. Функции счетного и массового распределений тонких фракций дымовой эмиссии при разных режимах горения (счетная функция - процентная доля числа частиц в расчете на 1 мкм, % частиц мкм^{-1} ; массовая функция - процентная доля массы на 1 мкм, % массы мкм^{-1})

Морфологические структуры грубодисперсных дымовых частиц, 20-50 мкм и более, соответствуют как минерально-почвенным веществам (кварцевые песчинки), так и не полностью сгоревшим растительным (пепловым) крупинкам (рис. 3 и 4).



Рис. 3. Дымовые частицы, осажденные на 1-ом каскаде инерционного импактора

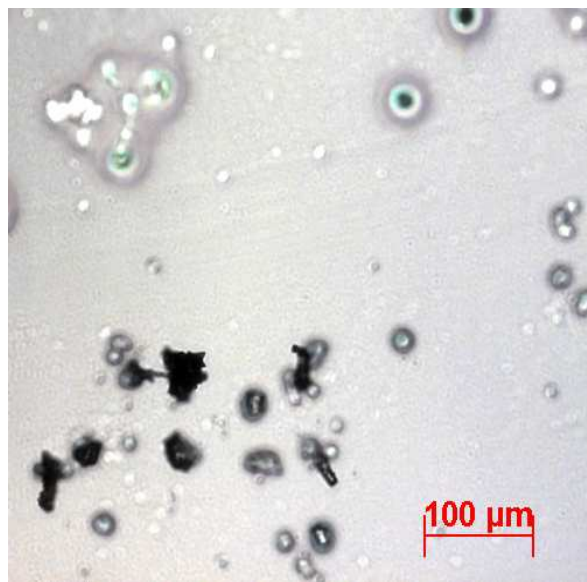


Рис. 4. Дымовые частицы, осажденные на 2-ом каскаде инерционного импактора

Тонкие дымовые частицы содержат в себе вещества, характерные для лесной биомассы (хвойные смолы, лигнины), а также довольно много черного элементного углерода (рис. 5 и 6). Смолистые частицы образуются, главным образом, при тлеющем горении смолистой хвойной древесины, черные обугленные частицы – при интенсивном пламенном горении.

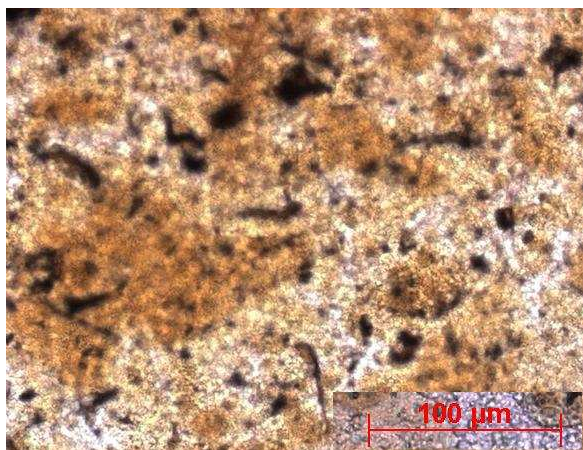


Рис. 5. Осадок дымовых частиц на 4-ом каскаде импактора, образующие слой смолистого вещества желто-коричневого цвета

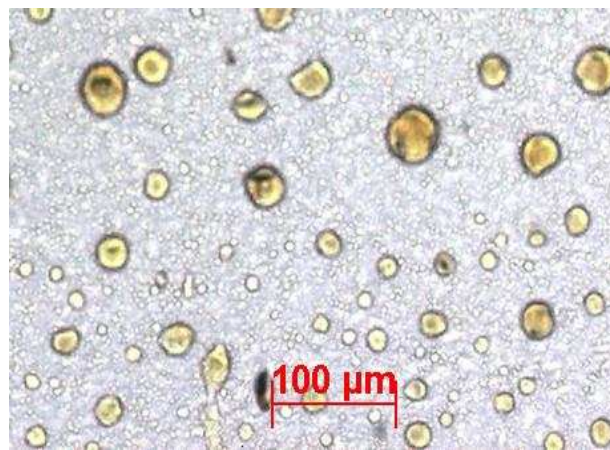


Рис. 6. Смолистые дымовые частицы, осажденные на 4-м каскаде импактора (концентрация и время набора дыма были намного меньше, чем на рис. 5)

Работа была поддержана Международным научно-техническим центром (ISTC Project 3695) и грантами РФФИ 08-05-00083 и 11-05-01025

УДК 504.062.2

С.П. Казьмин, О.В. Климов

СибНИГМИ, Новосибирск

ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ НА НЕФТЯНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЯХ НОВОСИБИРСКОЙ ОБЛАСТИ

Дана оценка экологической ситуации в результате воздействия техногенных объектов нефтегазового комплекса Новосибирской области на компоненты окружающей среды. Полученная информация необходима для разработки мер по снижению негативных экологических последствий.

S.P. Kazmin, O.V. Klimov

Siberian Regional Research Hydrometeorological Institute,

30 Sovietskaya St, Novosibirsk, 630099, Russian Federation

ECOLOGICAL MONITORING ON THE OIL DEPOSITS OF THE NOVOSIBIRSK REGION

The estimation of an ecological situation as a result of influence of technogenic objects of an oil and gas complex of the Novosibirsk region on environment components is given. The received information is necessary for working out of measures on decrease in negative ecological consequences.

На территории Новосибирской области насчитывается 7 месторождений нефти (в том числе 5 с запасами растворённого газа и одно газоконденсата) и выявлено 22 перспективных площадей на нефть [1]. Основные запасы и ресурсы углеводородного сырья сосредоточены в Северном и Кыштовском районах на границе с Омской и Томской областями. Нефтедобывающий комплекс приурочен к южной краевой части сильно заболоченной Васюганской равнины. Для района характерна слаборасчленённая поверхность, малая мощность зоны аэрации, близкое залегание от поверхности грунтовых и напорных водоносных горизонтов, тесная взаимосвязь их с поверхностными водами. Рямы (заболоченные леса) и открытые болота покрывают около 80% площади месторождений. Территория слабо расчленена сетью неглубоко врезуемых эрозионных понижений с пологими склонами. Ручьи и реки стекают с заболоченных плоских междуречий. Эксплуатация нефтепромыслов с комплексом инженерных сооружений по добыче, сбору, хранению и подготовке нефти к транспортировке, магистральные нефтепроводы, компрессорные станции, подъездные трассы к кустовым площадкам приводят с одной стороны к изменению качественного состава среды обитания, а с другой – к снижению естественного самовосстановления природных ландшафтов.

В XXI веке началось вовлечение углеводородного сырья трёх месторождений (Верх-Тарского, Восточно-Тарского и Малоичского) в хозяйственный оборот. Все они расположены на малоосвоенной периферийной части территории Северного административного района. Эксплуатация нефтепромыслов ведётся двумя компаниями – «Новосибирскнефтегаз» и «Севернонефтегаз», входящими в структуру ТНК-ВР. Базовым объектом для формирования нефтедобычи является Верх-Тарское нефтяное месторождение.

Верх-Тарское нефтяное месторождение было открыто в 1970 г. и считается самым крупным в Новосибирской области. Площадь лицензионного участка составляет 57 411 га. На месторождении размещаются следующие объекты, являющиеся потенциальными источниками загрязнения компонентов природной среды: кустовые площадки с эксплуатационными скважинами на нефть; одиночные скважины; площадка центрального пункта сбора нефти (ЦПСН); площадка установки предварительного сброса воды (УПСВ); напорный нефтепровод до НПС «Барабинская» (длина в пределах месторождения – 8,4 км); карьеры и участок захоронения буровых отходов; полигон промышленных и твердых бытовых отходов; трассы коридоров коммуникаций (нефтеесборные трубопроводы, водоводы). Возведение автодорог до кустовых площадок из-за срезания грунта и его перемещения преобразовало территорию, прилегающую к насыпям дорог. В результате перехвата поверхностного стока воды был нарушен гидрологический режим болотного стока. Это привело к повышению обводнения и возникновению вслед за этим перестройки структуры растительного покрова.

Малоичское нефтяное месторождение открыто в 1974 г. и расположено на землях Северного лесхоза. Ближайшее разрабатываемое Верх-Тарское нефтяное месторождение находится в 5 км на восток от участка. Площадь лицензионного участка составляет 46 км². Территория считается непригодной для сельскохозяйственного использования. В пределах месторождения основными потенциальными источниками загрязнения компонентов природной среды являются: эксплуатационные скважины на нефть; шламонакопитель, заполненный отходами бурения и нефтепродуктами; факела высокого и низкого давления.

Площадь Восточно-Тарского нефтепромысла, открытого в 1986 г., составляет 33,7 га. Степень природно-антропогенной нарушенности территории месторождения оценивается как слабая. Эксплуатация нефти ведётся одной скважиной.

С целью изучения экологической ситуации, выявления и установления характера влияния техногенных объектов по хоздоговору с ОАО «Новосибирскнефтегаз» и «Севернонефтегаз» с 2005 г. на лицензионных площадях Верх-Тарского и Малоичского нефтепромыслах, а с 2009 г. и на территории Восточно-Тарского месторождения лабораторией прикладной экологии и климата ГУ «СибНИГМИ» по специально разработанным программам, учитывающие требования лицензионного соглашения, проводятся экологические исследования. Кроме того, регулярному изучению подвергаются участки перехода межпромыслового нефтепровода с водными преградами по

всей трассе от месторождений до нефтеперерабатывающей станции. Содержание программ соответствует экологическому мониторингу за компонентами природной среды. Ежегодно даётся оценка экологического состояния рассматриваемых месторождений на основе сравнительного анализа наблюдаемых показателей с полученными данными предыдущих лет.

За период ведения экологического мониторинга объектами контроля при оценке состояния атмосферного воздуха на лицензионных территориях Верх-Тарского и Малоичского месторождений были подфакельные наблюдения в зоне влияния факельных установок. Уровень загрязнения воздуха по углеводородам суммарным, сероводороду, бенз(а)пирену, диоксиду серы не превысил предельно-допустимую максимальную разовую концентрацию (ПДК_{мр}). Наибольший вклад в загрязнение атмосферы по массе выбросов вносят оксид углерода (до 6,0 мг/м³, до 1,2 ПДК_{мр}), диоксид азота (до 0,09 мг/м³, до 1,06 ПДК_{мр}), сажа (до 0,20 мг/м³, до 1,3 ПДК_{мр}) и пыль (до 0,60 мг/м³, до 1,2 ПДК_{мр}). Геохимическое опробование снежного покрова дало оценку атмосферному потоку загрязняющих веществ. Снег, как естественный накопитель является не только индикатором загрязнения атмосферы, но и также последующего загрязнения почв и вод. При интерпретации данных были использованы предельно-допустимые концентрации (ПДК_{рыб}), разработанные для оценки условий водных ресурсов, используемых в рыбохозяйственных целях (утв. Приказом Росрыболовства № 20 от 18.01.2010 г). Во всех пунктах наблюдения отмечены повышенные концентрации нефтепродуктов (0,21-0,38 мг/дм³; 4,2-7,6 ПДК_{рыб}) и фенолов (0,002-0,003 мг/дм³; 2-3 ПДК_{рыб}).

Одним из наиболее уязвимых компонентов природной среды, как показывает опыт разработки нефтяных месторождений, являются поверхностные воды. В результате работ были определены водные объекты, находящиеся в фоновых и нарушенных районах. В границах лицензионных участков опробовались водотоки (рр.Тара и Мал. Ича) и их притоки, водные объекты озерно-болотного комплекса. Величина водородного показателя, содержания хлоридов, БПК₅, фенолов и АПАВ во всех пробах не превысили нормативных концентраций. В запредельных концентрациях в поверхностных водах во всех пунктах наблюдения выявлены марганец (до 0,19 мг/дм³; до 19 ПДК_{рыб}), железо (до 1,1 мг/дм³; до 11 ПДК_{рыб}). Высокие концентрации марганца и железа во всех проанализированных пробах воды обусловлены природным фактором - болотным формированием водоемов и водотоков и соответствуют естественным значениям для рассматриваемого региона. Отчетливой зависимости количества растворённых нефтепродуктов в поверхностных водах в пределах месторождений и за границами нефтепромыслов (выше и ниже по течению от места пересечения водотоков с подводными переходами нефтепровода) от времени года не наблюдалось. В пунктах опробования во все сезоны содержания нефтепродуктов в поверхностных водах выявлены выше нормы – 0,105-0,22мг/дм³ (2,1-4,4 ПДК_{рыб}).

По данным опробования концентрации нитратов, марганца, хлоридов, нефтепродуктов и величина водородного показателя в илисто-глинистых донных отложениях водотоков и мочажин озёрно-болотного комплекса

отвечают нормируемым показателям, предъявляемым к почвам, и не превышают ПДК и фоновые значения. Содержания в почвогрунтах зоны аэрации общего гумуса, хлоридов, нитратов, фосфатов, свинца, железа, хрома, ртути, бенз(а)пирена, марганца и никеля находятся в пределах их естественных колебаний, за исключением цинка (42,5-70,2 мг/кг; 1,8-3 ПДК). Сравнивая данные по содержанию органических загрязнителей в почвогрунтах с классификацией [2] можно говорить о слабом и умеренном загрязнении нефтепродуктами (0,58-1,72 г/кг).

Для сбора, утилизации и переработки отходов на территории Верх-Тарского месторождения в 2008 г. был введён частично в эксплуатацию полигон для нетоксичных промышленных и твёрдых бытовых отходов, буровых шламов, а также нефтезагрязнённого снега. Срок эксплуатации полигона рассчитан на 20 лет. Нефтесодержащие отходы собираются в нефтешламовом амбаре и по мере накопления перерабатываются на мобильной установке канадской фирмы «Swaco». Учитывая, что полигон промышленных и бытовых твердых отходов на Верх-Тарском нефтепромысле является потенциальным источником загрязнения компонентов природной среды, как на стадии его эксплуатации, так и в последующий пострекультивационный период, в этом районе заложены 6 наблюдательных скважин, оборудованных на грунтовый водоносный горизонт. Величина рН, общая жесткость, окисляемость перманганатная, содержания аммония, нитритов, нитратов, хлоридов, сульфатов, кадмия, никеля, алюминия и фенольного индекса в грунтовых водах по данным опробования не превысили нормативных значений, регламентируемые СанПиН 2.1.4.1074-01 и ГН 2.1.5.1315-03. В пробах обнаружены повышенные значения марганца (до 0,39 мг/дм³; до 3,9 ПДК) и железа (до 15 мг/дм³; до 50 ПДК). Высокие содержания в грунтовых водах марганца и железа относительно ПДК объясняются природными факторами: вещественным составом водовмещающих пород, высоким содержанием органики в перекрывающей осадочной толще. Среди загрязняющих компонентов техногенного происхождения в задельных концентрациях в грунтовых водах выявлены свинец (до 0,019 мг/дм³; до 1,9 ПДК) и нефтепродукты (до 0,163 мг/дм³; до 1,6 ПДК).

Одним из распространённых источников химического загрязнения территории нефтяного месторождения традиционно являются шламовые амбары-накопители, заполняемые отходами бурения. Загрязнение, как правило, происходит в результате разрушения обвалования и разливов содержимого, а также в процессе боковой фильтрации растворов при отсутствии надёжной гидроизоляции дна и стенок шламонакопителя. Результаты обследования, выполненного в 2005 г., выявили на территории Малоичского месторождения нерекультивированный шламовый амбар в районе ЦПС как объект загрязнения природной среды. В марте 2006 г. недропользователи техногенный загрязнитель ликвидировали путём засыпки. Опробование компонентов природной среды в рамках локального мониторинга позволило проследить масштабы загрязнения, вызванные шламонакопителем в районе ЦПС после его ликвидации. Пробы поверхностных вод отбирались из мочажин озерно-болотного комплекса, за пределами амбара. Во всех пунктах наблюдений отмечены повышенные

концентрации марганца $0,11-0,989 \text{ мг/дм}^3$ (11-99 ПДК_{рыб}) и нефтепродуктов $0,100-0,450 \text{ мг/дм}^3$ (2-9 ПДК_{рыб}). Максимальные их величины обнаружены в поверхностных водах заболоченных понижений, расположенных в 20 м на СЗ и в 50 м на ЮЗ от амбара. Высокие величины в пробах вод нефтепродуктов свидетельствуют о проникновении со стороны амбара органических загрязнителей. Последние, вероятно, способствовали накоплению в водах вторичного загрязняющего элемента – марганца, значение которого заметно превышает фоновое (менее $0,5 \text{ мг/дм}^3$), характерное для рассматриваемого региона. Из верхней части разреза (зоны аэрации) в зондировочных скважинах, пробуренных на горизонт грунтовых вод, был произведен отбор проб почвогрунтов зоны аэрации с глубин 0,25 и 0,5 м. Величина рН, содержания в почвогрунтах хлоридов, нитратов, фосфатов, свинца, железа находятся в пределах нормы относительно ПДК или их естественных колебаний. Все опробованные почвогрунты загрязнены нефтепродуктами в умеренных концентрациях - $2,10-2,78 \text{ г/кг}$ [2]. Максимальная их концентрация обнаружена на глубине 0,25 м в 10 м от ликвидированного амбара. Из анализа проведенных исследований следует, что в почвогрунтах выше нормы зафиксирован цинк (до $78,8 \text{ мг/кг}$; до 1,1 ПДК). Среди токсичных элементов в запредельных концентрациях на расстоянии 10 м от амбара обнаружен никель на глубинах 0,25 и 0,50 м - $53,6 \text{ мг/кг}$ (1,1 ПДК) и $51,5 \text{ мг/кг}$ (1,03 ПДК) соответственно. Значительные концентрации нефтепродуктов до $0,672 \text{ мг/дм}^3$ (до 6,7 ПДК) в грунтовых водах в ~ 10 м на З от амбара позволяют выделить органическое загрязнение техногенного происхождения. Косвенным показателем загрязнения подземных вод служит повышенное содержание аммония на данном участке опробования – до $2,60 \text{ мг/дм}^3$ (до 1,7 ПДК). Площадь с максимальными величинами марганца до $0,775 \text{ мг/дм}^3$ (до 7,75 ПДК) также тяготеет к амбару, в связи с техногенным загрязнением. Повышенные концентрации нефтепродуктов в грунтовых и поверхностных водах, почвогрунтах зоны аэрации и илисто-глинистых донных отложениях мочажин на участках, примыкающих к шламонакопителю, дают основания для заключения, что засыпка не устранила амбар как источник загрязнения. Для рекультивации необходимы специальные технологии с внесением биологических культур.

Проведённые мониторинговые исследования в 2010 г. показали, что относительно предыдущих лет существенных изменений в качественном составе опробованных компонентов не произошло. Присутствуют аналогичные природные и техногенные загрязняющие компоненты с близкими концентрациями. В целом загрязнение окружающей среды на рассматриваемых углеводородных месторождениях носит «пульсирующий» характер, но при этом тенденции прогрессирующего загрязнения не отмечается.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Геологическое строение и полезные ископаемые Западной Сибири. Т.2. Полезные ископаемые / Научн. ред. А.В. Росляков, В.Г. Свиридов и др. - Новосибирск: НИИ ОИГГМ, 1998. – 254 с.

2. Методические рекомендации по выявлению, обследованию, паспортизации и оценке экологической опасности очагов загрязнения геологической среды нефтепродуктами - М.: МПР РФ, ГИДЭК, 2002 г. – 48 с.

© С.П. Казьмин, О.В. Климов, 2011

УДК 631.417.2:504.53.064

Г.Д. Чимитдоржива

ИОиЭБ, Улан-Удэ

Б.М. Кленов

ИПА СО РАН, СГГА, Новосибирск

ПРИРОДА ГУМИНОВЫХ КИСЛОТ ПОЧВ СЕВЕРНОЙ ЕВРАЗИИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ КОНТИНЕНТАЛЬНОСТИ КЛИМАТА

Изучен элементный состав гуминовых кислот серых лесных почв, черноземов и каштановых почв в зависимости от степени континентальности климата. Данные почвы формируются в направлении с севера на юг в пределах широтной полосы 55-62° с.ш. Установлено, что с нарастанием степени континентальности в направлении с запада на восток изменение природы (структуры) гуминовых кислот происходит в соответствии с изменением биоклиматических условий.

G.D. Chimitdorzhieva

Institute of General and Experimental Biology of SB RAS

B.M. Klenov

Institute of Soil Science and Agrochemistry of SB RAS, Siberian State Academy of Geodesy (SGGA)

10 Plakhotnogo St, Novosibirsk, 630108, Russian Federation

NATURE OF HUMIC ACIDS OF SOILS OF NORTHERN EURASIA DEPENDING ON CONTINENTALITY OF CLIMATE

Elemental composition of humic acids was studied in grey forest soils, chernozems and chestnut soils depending on continentality of climate. The soils in question are formed in the direction from the north to the south within the limits of latitudinal belt of 55-62° North. It was shown that with increase in continentality of climate the change of humic acids nature occurs in accordance with the change of bioclimatic conditions.

Известно, что образование гумуса определяется пятью общеизвестными факторами почвообразования - климатом, растительностью (точнее, всем находящимся в почве живым веществом), рельефом, почвообразующей породой и возрастом ландшафта. Различное сочетание этих факторов является причиной многообразия почвообразования и гумусообразования на Земле. Влияние каждого из факторов в отдельности четко проявляется при сравнительно-географическом подходе как к изучению любых свойств почв, в том числе и природы составляющих гумуса.

Климатический фактор почвообразования (инсоляция и количество осадков) непосредственно влияют на проявление зональности растительного покрова. Растительность же вместе с другими представителями живого вещества (почвенной фауной и почвенными микроорганизмами) является основным источником поступающего в почву органического опада, а значит, и почвенного гумуса.

Одним из основных и наиболее экологически устойчивых компонентов гумуса являются гуминовые кислоты (ГК). В данном сообщении рассмотрено влияние климата, в частности, его континентальности на формирование природы ГК. Природа ГК – понятие очень широкое. Как и гумусообразование в целом, она соответствует условиям почвообразования. При изучении её, как правило, предусматривается элементный состав ГК, соотношение ароматической и алифатической частей и содержание функциональных групп в их молекулах, отношение к светопоглощению в различных частях спектра, молекулярную массу и ряд других характеристик. В данном сообщении ограничимся рассмотрением влияния континентальности климата на элементный состав ГК, в частности, на степень ароматичности ГК (СА). Элементный состав – одна из важнейших характеристик ГК. Его используют не только для получения представления о ГК как особом классе органических природных соединений, но и в связи с генетическими исследованиями почв. Показатель СА определяется расчетным путём по данным элементного анализа и свидетельствует о доле участия ароматической составляющей в структуре ГК. Подробно элементный состав ГК почв вышеупомянутой широтной полосы рассмотрен в одной из наших работ [1], в этом сообщении используются данные СА.

В качестве объекта исследования взяты целинные аналоги серых лесных почв, черноземов и каштановых почв, составляющих основу земледельческого фонда Северной Евразии, основную часть территории которой занимает Россия. В широтном плане этот ряд почв формируются, как правило, в направлении с севера на юг по мере усиления сухости климата в пределах примерно от 55° до 62° с.ш. В меридиональном направлении эта широтная полоса с вышеуказанными изученными почвами протягивается по территории Европейской части России (ЕЧР), Западной Сибири (ЗС) и Восточной Сибири (ВС) (в частности, Бурятии и Забайкалья). Климат здесь изменяется соответственно от умеренно континентального в ЕЧР до континентального в ЗС и далее до резко континентального в ВС.

Различная степень континентальности четко характеризуется показателями степени континентальности, предложенными Н.Н.Ивановым [2]. Этот показатель, равняясь 130-140 в ЕЧР, возрастает до 170-180 в ЗС и достигает в Забайкалье 190-200, т.е. величины, более всего приближающейся к предельной на Земном шаре. Усиление континентальности климата сопровождается в меридиональном направлении с запада на восток усилением «холодности» почв, которая, в свою очередь, хорошо коррелирует с глубиной их промерзания. В годы с наиболее суровыми зимами на этих трех территориях максимальная глубина промерзания достигает соответственно 0,5-0,8 м, 1,0-1,5 м и 2,5-3,0 м.

С учетом специфики биоклиматических условий почвы в ВС независимо от типа почвообразования эти почвы классифицируются также как холодные почвы (длительно- и глубокопромерзающие) [3]. В ЕЧР и ЗС почвы, как правило, составляют сплошные зоны, тогда как в ВС и, в частности в Забайкалье, они встречаются отдельными пятнами, островками вследствие горного рельефа, и здесь больше проявляется вертикальная зональность с проявлением котловинного эффекта. Кроме того, климат здесь формируется под влиянием трех контрастных компонентов – сухого и холодного климата северных областей Сибири, жаркого и сухого монгольских пустынь, теплого и влажного Тихоокеанского. Поэтому в Забайкалье часто контактируют очень контрастные ландшафты – сухая степь и тайга с проявлением криогенных процессов. Исходя из обширности изученных территорий и их физико-географической сложности, гумусообразование рассмотрено нами ранее по интегральным показателям [4]. К таковым относятся запас общей фитомассы и фитомассы, идущей на формирование гумуса, а также запас гумуса и фракционирование гумусовых кислот на две основные группы – гуминовые кислоты и фульвокислоты (ФК).

Во всех изученных регионах накопление гумуса от серых лесных почв к черноземам и далее к каштановым почвам находится в соответствии с географическими закономерностями, установленными более полстолетия тому назад И.В. Тюриным (таблица). Вместе с тем следует отметить, что в меридиональном направлении в пределах широтной полосы от 55° до 62° с.ш. во всех изученных типах почв происходит снижение запаса гумуса. Снижение же запаса гумуса, в свою очередь, что четко коррелирует с усилением континентальности климата, которое сопровождается снижением запаса тепла, среднегодовой температуры воздуха, сокращением периода биологической активности и, следовательно, ослаблением гумусонакопления.

Таблица. Запас гумуса в верхнем полуметровом почвенном слое (т/га), соотношение гумусовых кислот (Сгк/Сфк) и степень ароматичности ГК

Почвы	Регион								
	ЕЧР			ЗС			ВС		
	Запас гумуса	Сгк/Сфк	СА	Запас гумуса	Сгк/Сфк	СА	Запас гумуса	Сгк/Сфк	СА
Серые лесные	250	1,0-1,5	17	200	0,7	22	80	0,8	24
Черноземы	350	1,7-2,5	37	250	1,6-2,2	28	150	1,1-1,5	21
Каштановые	150	1,2-1,7	16	100	1,2-1,5	30	70	0,6-0,8	22

Таким образом, сравнительно-географический анализ гумусообразования показывает, что одним из определяющих факторов накопления гумуса в почвах может быть климат и в частности его континентальность. С её усилением ослабляется не только запас гумуса в почвах, но и изменяется его качественный

состав в сторону образования более упрощенных форм гуминовых веществ - ФК.

Данные таблицы показывают, что на типовом почвенном уровне показатель СА информативен лишь для почв ЕЧР, наибольшее значение характерно для черноземов [5]. Можно отметить закономерность: чем выше содержание ГК в почве, о чем свидетельствует величина Сгк/Сфк, тем выше их насыщенность ароматическими составляющими, т.е. СА. В Азиатской части России СА уже в меньшей степени различается на типовом уровне и не зависит от содержания ГК. Выводы Д.С.Орлова [5] справедливы скорее всего лишь для территорий ЕЧР. В ЗС СА отличается, видимо, лишь в почвах, контрастных по своему генезису, например, в серых лесных и каштановых почвах эти значения составляют соответственно 22 и 32. А в почвах ВС различия между значениями СА выражены еще слабее и колеблются вокруг 20. Здесь, по-видимому, криогенные процессы стирают различия в природе ГК почв разного генезиса.

Таким образом, сравнительно-географический анализ гумусообразования показывает, что одним из определяющих факторов накопления гумуса в почвах может быть климат и в частности его континентальность. С её усилением снижается не только запас гумуса в почвах, соотношение основных групп гумусовых кислот, но и один из основных показателей структурного состояния ГК – степень ароматичности.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Chimitdorzhieva G., Klenov B. Elemental Composition of Humic Acids of Automorphic Forest Steppe and Steppe Soils of Northern Eurasia // Proceedings Book of the Communications presented to the 15th Meeting of the International Humic Substances Society Tenerife - Canary Islands. June 27- July 2, 2010, Vol. 1 Page - 81- 84.
2. Иванов Н.Н. Пояса континентальности Земли / Н.Н. Иванов // Докл. Всесоюзн. географ. об-ва. 1959. – № 5. – С. 410-423.
3. Чимитдоржиева Г.Д. Гумус холодных почв / Г.Д. Чимитдоржиева // Новосибирск: «Наука», Сиб. отд-ние, 1990. – 145 с.
4. Кленов Б.М. Континентальность климата как геоэкологический фактор гумусообразования в почвах Северной Евразии /Сб. материалов VI Междунар. научного конгресса «ГЕО-СИБИРЬ-2010». Дистанционные методы зондирования Земли и фотограмметрия, мониторинг окружающей среды, геоэкология, Новосибирск: СГГА. Т. 4. - Ч. 2. – С. 51-54. (0,3 п.л.)
5. Орлов Д.С. Гумусовые кислоты почв и общая теория гумификации. – М. Изд-во МГУ, 1990. – 272 с.

© Г.Д. Чимитдоржиева, Б.М. Кленов, 2011

УДК 528.8

Л.Ю. Анопченко

СГГА, Новосибирск

ДИНАМИКА ОБСЫХАНИЯ ПРИЧАНОВСКОЙ ТЕРРИТОРИИ БАРАБЫ ПО ДАННЫМ КОСМИЧЕСКИХ СНИМКОВ

Барабинская равнина занимает значительную часть Омской и Новосибирской областей. На ее территории насчитывается более 2500 озер, засоленных в той или иной степени, из которых 80 % не имеют стока. Тенденции изменения климата Барабы таковы, что в процессе дальнейшего обсыхания многочисленных озер будут освобождаться значительные по площади территории. Использование космоснимков позволяет изучить состояние и динамику обсыхающих водных объектов и образующихся территорий.

L.Yu. Anopchenko

Siberian State Academy of Geodesy (SSGA)

10 Plakhotnogo Ul., Novosibirsk, 630108, Russian Federation

DYNAMICS OF CHANY AREA (BARABA PLANE) DRYING ACCORDING TO THE SATELLITE IMAGES

Baraba plane occupies the significant part of Omsk and Novosibirsk regions. There are more than 2500 lakes (saline to some degree) on the territory, 80 % of which having no runoff. Due to the climatic changes the numerous lakes of Baraba are going to dry and release huge territories. Satellite images make it possible to study the state and dynamics of the drying water objects making new areas available.

Изучение истории озер Срединного региона за 2,5 столетия свидетельствует о том, что в XVIII в. и в первой половине XIX в. состояние общей увлажненности здесь было удовлетворительным, а иногда и благоприятным. Однако с середины XIX в. наметилась тенденция к снижению общей увлажненности, которая сохраняется в настоящее время. Особенно тревожно, что даже при довольно благоприятных климатических условиях в отдельные группы лет уровень озер продолжает снижаться [1].

Из всего числа усыхающих озер, располагающихся на территории Барабинской равнины, наибольший интерес вызывает оз. Чаны. В его нынешнем состоянии – это остатки обширной озерной системы Чаны – Абышкан – Сумы – Чебаклы [2, 3]. На основании материалов Колыванского наместничества и архива главного штаба (карта №384) можно оценить размеры этой озерной системы в 1786 г. (рис. 1). Общая площадь водного зеркала составляла более 15000 км².

Ландшафтная эволюция исследуемой территории связана с ее выходом из-под воды в процессе распада и обсыхания водоемов в результате аридизации климата. На обсыхающих территориях активно идут процессы формирования молодых экосистем и почв.

Возраст отдельных экосистем и почв определяется их положением в рельефе: относительно более старыми являются экосистемы и почвы на поверхностях, занимающих более высокие гипсометрические уровни; более молодые – расположены на более низких уровнях. В процессе отступления вод соленого озера и снижения уровня грунтовых вод происходит рассоление почвенных профилей. Изменение почвенного покрова при обсыхании соленого озера сопровождается утратой почвами признаков гидроморфизма и постепенным переходом их из болотных в лугово-болотные, луговые, солонцы, черноземные почвы.

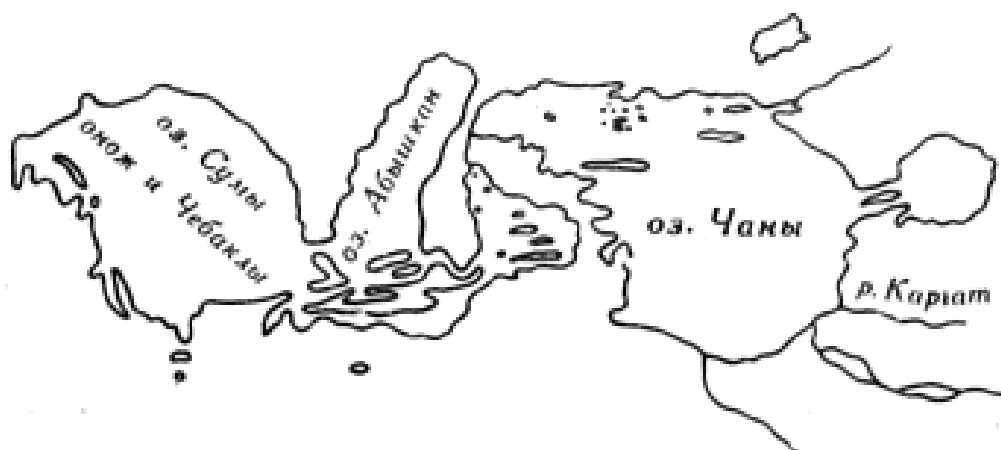


Рис. 1. Озеро Чаны на карте Колыванского наместничества 1786 г.

(Масштаб: 15 верст в дюйме)

К настоящему времени существует значительно количество методов, в которых используются разнообразные физические и технические подходы в дистанционном исследовании объектов окружающей среды. С помощью дистанционных методов решается широкий круг разнообразных задач картографического, исследовательского, мониторингового плана. При этом информативность методов весьма различна в зависимости от характера решаемых задач [4]. Возможности использования материалов космических съемок для решения научных и хозяйственных задач рассматриваются в мировой литературе начиная с 1965 г. По этим вопросам накоплен большой материал, частично обобщенный в различных обзорах и монографиях.

Большинство исследователей указывают на целесообразность использования материалов космической фотосъемки именно для целей тематического картографирования и физико-географического районирования. Это объясняется основными особенностями космических фотоснимков, которые благодаря охвату больших площадей представляют наибольшие

возможности для объективного и быстрого составления новых или обновления существующих тематических карт природных объектов [5, 6].

С 1972 г. началось накопление фонда снимков (теперь насчитывающегося десятки миллионов) со спутников США для исследования природных ресурсов Landsat (первоначальное название ERTS-1 – Earth Resources Technology Satellite) на солнечно-синхронных орбитах высотой около 900 км (Landsat-1, 2, 3) и 700 км (Landsat-4, 5, 7) с повторяемостью съемки через 18 и 16 суток. Состав аппаратуры на спутниках этой серии несколько изменялся, характеристики снимков совершенствовались.

Снимки со спутников Landsat – это самые распространенные в мире материалы космической съемки. Они находят применение в разнообразных областях геолого-географических исследований и хозяйственной деятельности.

В качестве исходного материала использовалось два разновременных космических снимка, полученных со спутников Landsat-5 (сентябрь 2001 г.) и Landsat-7 (май 2009 г.) Причановской территории Барабы [7]. В результате исследования динамики Причановской территории было проведено дешифрирование и анализ изучаемых объектов за 2001 г. и 2009 г. с помощью программы MapInfo. По результатам дешифрирования были составлены карты исследуемой территории на 2001 г. и 2009 г. (рис. 2).

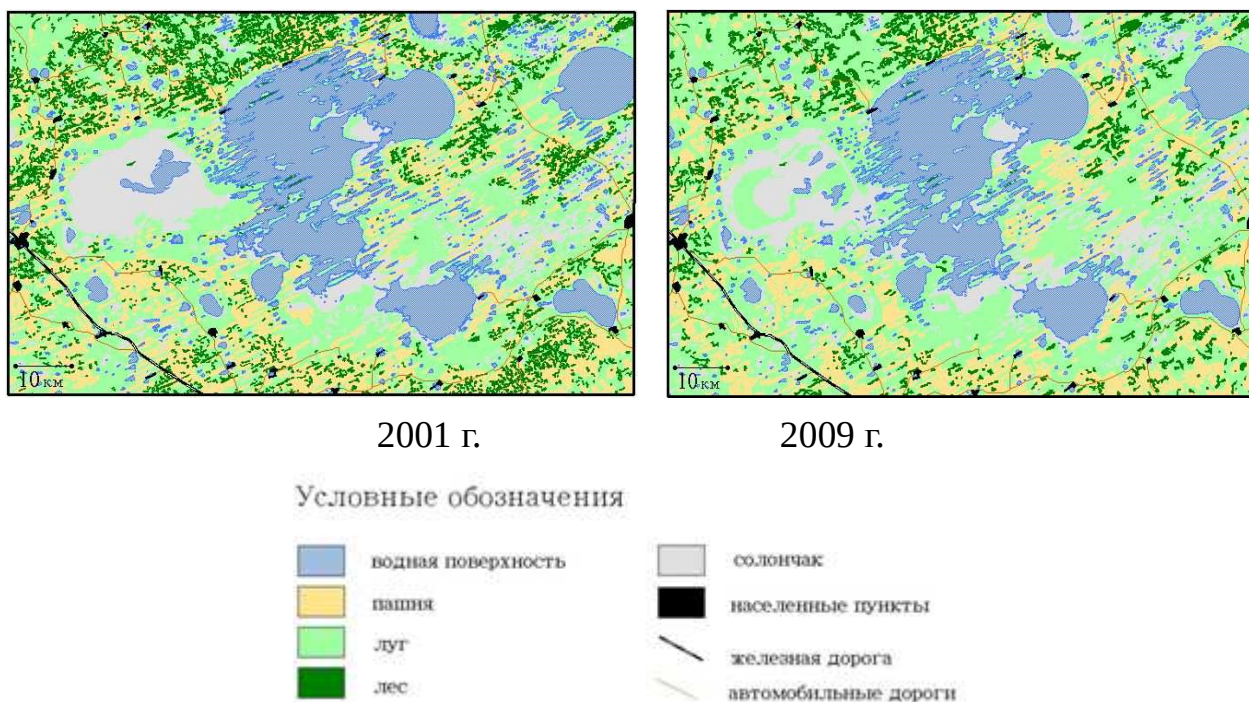


Рис. 2. Ландшафтно-экологическая карта Причановской территории Барабы на 2001 г. и на 2009 г.

На основании построенных карт стало возможным определить площади, которые занимают различные экосистемы и оценить тенденции изменения этих площадей (рис. 3).

На основании построенных ландшафтно-экологических карт можно сделать следующие выводы. За исследованный период площадь водной

поверхности уменьшилась с 2117 до 2082 км² (с 19% до 18%), площадь, занимаемая лесом, уменьшилась с 557 до 450 км² (с 5% до 4%), площадь пашни уменьшилась с 2095 до 1678 км² (с 18% до 15%), площадь, с лугов увеличилась с 5354 до 5760 км² (с 47% до 50%), площадь, занимаемая солончаками, увеличилась с 1282 до 1435 км² (с 11% до 13%).

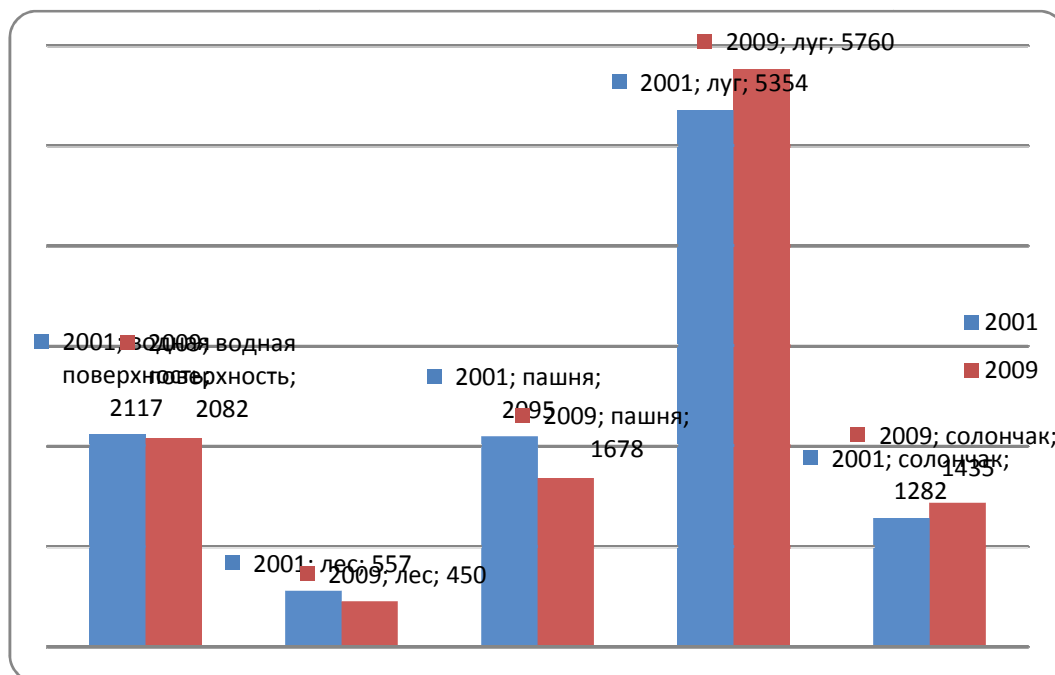


Рис. 3. Тенденции изменения площадей на Причановской территории Барабы

Таким образом, сокращение площади водных объектов указывает на продолжение многолетней тенденции обсыхания территории.

Автор выражает благодарность Шестаковой А.Ю. за помощь в получении экспериментальных данных.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Шнитников, А.В. Внутривековая изменчивость компонентов общей увлажненности [Текст] / А.В. Шнитников // Л.: Наука, 1968. –С. 196-206.
2. Мирошниченко, Н.В. Пульсирующее озеро Чаны [Текст] / Н.В. Мирошниченко, В.И. Евсиков, А.В. Шнитников и др. // Л.: Наука, 1982. –С. 115-158.
3. Шнитников, А.В. Озера полуаридной зоны [Текст] / А.В. Шнитников, Т.Б. Форш, Л.А. Земляницына и др. // Л.: Академия наук СССР, 1963. – С. 148-186.
4. Поцелуев, А.А. Дистанционные методы исследования окружающей среды / А.А. Поцелуев, В.В. Архангельский. [Текст] // Уч. пособие для вузов. – Томск: STT, 2001. – С. 151-163.
5. Берлянт, А.М. Картографический метод исследования [Текст] / А.М. Берлянт // М.: Аспект Пресс, 2001. – С. 215-227.

6. Востокова, Е.А. Картографирование по космическим снимкам и охрана окружающей среды [Текст] / Е.А. Востокова, Л.А. Шевченко, В.А. Суцня и др. // М.: Недра, 1982. – С. 114-125.

7. Книжников, Ю.Ф. Аэрокосмические методы географических исследований: учеб. для студ. высш. учеб. заведений [Текст] / Ю.Ф. Книжников, В.И. Кравцова, О.В. Тутубалина. // М.: Изд. центр Академия, 2004. –С. 215-274с.

© Л.Ю. Анощенко, 2011

УДК 577.475

О.Г. Быкова

СГГА, Новосибирск

АДАПТАЦИЯ РАСТИТЕЛЬНЫХ СООБЩЕСТВ БАРАБЫ К ПРИРОДНЫМ ЦИКЛАМ

В результате прогрессирующего обсыхания территории Барабы отмечается отбор видов в направлении гало- и ксерофитизации травостоя. Многие виды растений при смене болотного режима луговым, а затем и лугово-степным оказались в неблагоприятной экологической обстановке, что не могло не отразиться на их онтогенетическом развитии. Поэтому, большой интерес представляет анализ реакций растительных сообществ на циклическую изменчивость условий их существования.

O.G. Bykova

SSGA, Novosibirsk

NATURAL CYCLES ADAPTATION OF BARABA PLANT ASSOCIATION

The progressing drying of the Baraba territory has resulted in the species modification into the halo- and xerophytes. As a result of marsh conditions conversion into the meadows ones and later into meadows-steppe many of the grass species got into unfavourable ecological situation, which could not but affect their ontogenetic development. That is why the analysis of the plants associations reaction to their living conditions cyclic variability is of great interest.

Природный цикл – это ритм изменчивости всего биоценоза, поэтому есть основание искать адаптации к природным циклам и на биоценотическом уровне. К такого рода адаптациям относятся видовые перестройки сообществ при сменах фаз природного цикла. Последствия влияния природного цикла на биоценозы заключаются в многократной повторяемости перестроек их структуры. Формируясь, сообщества сменяют друг друга, подчиняясь ритмам соответствующих фаз природного цикла. Сукцессии в растительных сообществах – это циклический процесс, подчиненный ритмам местного цикла.

Для Барабинской низменности, или Барабы, части крупнейшего региона Западной - Сибирской низменности, установлено наличие хорошо выраженных циклических изменений общей увлажненности территории с периодами колебаний продолжительностью в среднем 35 лет (брикнеровский тип) и короткая, равная 11- летней цикличности солнечной активности. Каждый из циклов состоит из двух фаз: повышенной и пониженной увлажненности, характер которых определяется в основном количеством выпадающих в них осадков и уровнем грунтовых вод.

Изменения общей увлажненности выражаются в циклических колебаниях стока рек, уровней озер, обводненности болот. При смене сухих и влажных фаз в 11-летних климатических циклах резко и за короткий срок меняется площадь водных и болотных угодий, сокращается или увеличивается их емкость.

Озеро Чаны, расположенное в центральной части Барабы – бессточный, мелководный эвтрофный солоноватый водоем Обь - Иртышского междуречья, весьма сложной конфигурации. Состоит из двух частей: первая – оз. Бол. Чаны, в его состав входят Ярковский, Тагано-Казанцевский, Чиняихинский плесы; вторая – озеро Яркуль и мал. Чаны, соединяющиеся с оз. Бол. Чаны протокой Кожурла. Западный, Юдинский, плес отделен от основной части озера системой дамб. Все составляющие озера отличаются уровнем жизненных условий, степенью развития и продуцирования растительности. Озеро находится в стадии усыхания, что ведет к его прогрессирующему осолонению.

Возникает вопрос: существуют ли адаптации растительных организмов, их сообществ к такой природной изменчивости?

Анализ растительности Барабы конца XIX и начала XX вв. показал, что труды не содержат материалов о растительности этого крупнейшего водоема региона. Не упоминается о ней и в более поздних обобщающих работах по растительности Сибири в целом. Небольшие и отрывочные сведения о растительности оз. Чаны можно найти в работах посвященных практическим вопросам использования водоема и повышения его продуктивности. В основном приведены лишь общие сведения о характере зарастания озера в разные годы, его флоре.

Наиболее полно растительность озера исследовалась в 1976-1978гг. в засушливую фазу увлажненности территории. В работе приведены подробные сведения, характеризующие особенности растительного покрова оз. Чаны в современный период: состав флоры, растительные сообщества, закономерности распределения растительности, продукционные и биометрические характеристики различных растений и растительных сообществ озера. Всем им придан экологический аспект.

Из основных экологических факторов, совокупность которых определяет возможность существования и жизненность растений в различных по экологии водоемах оз. Чаны, влияющих на разнообразие видового состава, продуцирование фитомассы и степень зарастания их, можно назвать следующие:

- Минерализация воды и содержание в ней хлоридов;
- Прозрачность, глубина водоемов;
- Состав донных осадков;
- Динамика вод;
- Длина изрезанности берегов;
- Периодические колебания уровня воды в озере.

В настоящее время наиболее мощным фактором, вызывающим динамику растительности, оказывается антропогенный: выпас сельскохозяйственных

животных на берегах и островах озера и другая хозяйственная деятельность человека отрицательно отражаются на состоянии прибрежной высокой растительности, и приводит ее к угнетению и полному уничтожению.

Жизненные условия для растительности наиболее благоприятно складываются в мелководных плесах и в оз. Мал. Чаны, которое и стало объектом исследования.

В приозерном водоеме оз. Мал. Чаны встречается всего 15 видов высших водных растений. Они принадлежат к двум эколого-биологическим группам: водных растений (гидрофитов) погруженных (9 видов) и водно-болотных растений (гидрогигрофитов) возвышающихся над водой растений – гелофитов (6 видов). Большинство высших растений озера обладает широким экологическим и географическим ареалами. Главные виды, доминирующие в растительном покрове и составляющие основу флоры исследуемого озера, это: тростник обыкновенный (южный), рогоз узколистый и рдест гребенчатый – эдификаторы. Они создают чистые крупные, устойчивые растительные сообщества зарослевого типа.

Phragmites australis - тростник обыкновенный (южный), многолетний, длиннокорневищный злак, гелофит, гидрогигрофит, мезогигрофит. Растет в водоемах с низкой и высокой минерализацией воды; на всех типах донных осадков. Хорошо переносит сильные порывы ветра. Размножается главным образом вегетативно. При обсыхании субстрата и гибели надземных частей корневика длительное время сохраняется. Зацветает во второй декаде августа. В местах постоянного антропогенного воздействия (на выпасах и водопоях сельскохозяйственных животных, в окрестности поселков) тростник часто кустится, а на суше его очень короткие и крепкие побеги с короткими листьями обычно распластаны по земле.

Тростниковые сообщества объединяются в тростниковую формацию, занимают прибрежные местообитания: водные (до средней глубины 1,0 м) и наземные (в полосе переменного увлажнения) разных уровней. На водных и избыточно увлажненных местообитаниях вблизи кромки воды тростниковая формация представлена монодоминантными одноярусными простого строения ассоциациями. Но в качестве компонентов в тростниковых зарослях в небольшом количестве встречаются пузырчатка обыкновенная и ряска трёхдольная. Эти тростниковые сообщества имеют высокий густой травостой, проективное покрытие - 80%. Продуктивность тростниковых сообществ выше средней.

В местообитаниях на берегу весьма характерны разнотравно-тростниковые ассоциации с участием влаголюбивого гигрофильного разнотравья и солянок на засоленных местах. На границе с береговой растительностью тростниковая формация слагается разнотравно-тростниковыми ассоциациями с участием лугово-степного разнотравья и часто солянок.

Typha angustifolia - рогоз узколистый, многолетний длиннокорневищный гелофит, гидрогигрофит. Растет у берегов (до средней глубины 0,4 м) на мелких и хорошо сортированных песках, бедными органическими веществами, реже на мокрых берегах. Образует заросли. Проективное покрытие достигает 40%.

Встречается в северо-восточной части водоема. Образует чистые, высокопродуктивные сообщества с плотным густым и высоким травостоем. В зоне контакта с тростниковыми сообществами в его ценозах встречается тростник.

Potamogeton pectinatus - рдест гребенчатый, многолетний, погружен в воду укореняющийся длиннокорневищный гидрофит. Растет в пресной и солоноватой воде. Встречается в двух экологических формах: крупная (для опресненных плесов) и мелкая (для плесов с повышенной минерализацией воды). Обе формы развиваются на всех типах донных осадков. Размножение семенное и вегетативное. Семена и корневища длительное время сохраняются в почве при высыхании водоема. Проективное покрытие достигает 50%. Распространены в прибрежной центральной части оз. Мал. Чаны на глубине 1,5 м на алевритах. Эти сообщества имеют, как правило, высокую фитомассу.

По результатам исследований, выявлено, что в годы с низким уровнем и более высокой минерализацией рассмотренные виды встречались, в местах подтока пресных вод. В годы высокого стояния уровня обогащается фитоценотический состав этой части озера. Растительный покров во все годы оставался, по-видимому, неизменным и слагался тростниковой и гребенчатордестовой формациями.

Многолетние и ежегодные изменения уровня озер способствовали выработке водными и прибрежными растениями приспособлений, обеспечивающих сохранение индивидуума и вида в условиях изменяющейся среды. Это связано с морфологической и экологической пластичностью растений в условиях изменяющегося в течение года уровня воды. Однако расширение амплитуды жизнедеятельности растений, ограничено и не может обеспечить существование вида в условиях длившегося несколько лет пересыхания водоема. Лишь у тростника расширение амплитуды жизнедеятельности настолько значительно, что этот вид существует на сухих озерных днищах 9 лет, ежегодно выгоняя из корневищ вегетирующие, а иногда и плодоносящие надземные побеги. Здесь индивидуальное приспособление переросло в видовое. Другие виды: рдест и рогоз при пересыхании озерных котловин сохраняются в виде семян, плодов и покоящихся подземных побегов.

Необходимо отметить и трудность анализа, последствий влияния внутривековых колебаний уровня озера на биогеоценозы, состоящего в том, что на озерные внутривековые циклы (брикнеровский тип) накладывается влияние смен фаз увлажненности в кратких 11-летних циклах. Эти процессы взаимосвязаны и выделить в них биоценотические явления, обязанные той или иной из указанных цикличностей, очень сложно.

Таким образом, удивительная экологическая пластичность рассмотренных растений, позволяет им адаптироваться к циклически изменяющейся среде обитания.

Следовательно, природную цикличность следует рассматривать как прогрессивное направление в эволюции растительных организмов. Она обеспечивает разнообразие жизненных форм в связи с разными путями их приспособления к ритмам местного природного цикла.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Максимов А.А. Природные циклы: Причины повторяемости экологических процессов [Текст] / А.А. Максимов // Л.: Наука. - 1989. - 236 С.
2. Садчиков А.П., Кудряшов М.А. Экология прибрежно-водной растительности [Текст] / А.П. Садчиков, М.А. Кудряшов // М.: НИА-Природа, РЭФИА. - 2004. - 220 С.

© О.Г. Быкова, 2011

УДК 550.42:577.4

С.Ю. Артамонова

ИГМ СО РАН, Новосибирск

ОЦЕНКА АЭРОЗОЛЬНОГО ТЕХНОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ РАЙОНА Г. СЕВЕРСКА С ПОМОЩЬЮ ГЕОХИМИЧЕСКИХ И ГИС-МЕТОДОВ

В статье приводятся результаты исследования проб снега с помощью апробированных геохимических методов ICP-MS, ICP-AES и ГИС-методов. Определены особенности аэрозольного загрязнения района г. Северска: 1) низкотемпературная ассоциация элементов, связанная с локальными выбросами печного отопления и котельных местных деревень; 2) вторая низкотемпературная ассоциация элементов, обусловленная протяженным шлейфом «дыхания города», интегральным загрязнением от выбросов многочисленных мелких предприятий и транспорта как г. Томска, так и Северска; 3) высокотемпературная ассоциация элементов, обусловленная выбросами производства ядерно-топливного цикла и ТЭЦ Сибирского химического комбината г. Северска.

ГИС-проект станет основой для дальнейшего экологического мониторинга и по мере пополнения новыми данными превратится в цифровую базу данных.

S.Yu. Artamonova

Sobolev Institute of Geology and Mineralogy SB RAS (IGM SBRAS),
pr. Academician Koptuga, 3, Novosibirsk, 630090, Russian Federation

THE ASSESSMENT OF TECHNOGENIC AEROSOL POLLUTION OF SEVERSK AREA USING GEOCHEMICAL AND GIS-METHODS

The results of snow samples researches using tested geochemical ICP-MS, ICP-AES methods and GIS ones are discussed in the article. Features of aerosol pollution in area of Seversk city are defined. Following element associations are revealed: 1) the low temperature one, indicating local aerosol pollution by the low temperature pyrolyse emission of ovens and small boiler-houses of local villages; 2) the low temperature one of the “breath of city” – the extent integral emissions of numerous fine enterprises and transport Tomsk, Seversk cities; 3) high temperature one, indicating high temperature pyrolyse emission of nuclear-fuel cycle industry and Power Station of Siberian chemical combine in Seversk city.

The GIS- project will be the base for ecological monitoring and in process of updating by new data will turn to a digital database.

Актуальность

Предприятия Минатома, производящие обогащенный уран и плутоний, всегда привлекали внимание общественности и исследователей-экологов. Ряд

работ были посвящены изучению выбросов г. Северска, а именно Сибирского химического комбината (СХК) – местного градообразующего предприятия ядерно-топливного цикла (Языковым Е.П. и др., 2004, Таловская А.В. и др., 2007), названы их геохимические индикаторы: Lu , F , Zn , U , Cs . Целью настоящей работы было уточнить геохимический состав техногенных аэрозолей Сибирского химического комбината (СХК) путем изучения осадков снега. В условиях Сибири снег является идеальным модельным объектом для изучения состава и динамики выбросов промышленных предприятий, поскольку с начала ноября до конца марта в устойчивом снежном покрове фиксируются твёрдые аэрозольные частицы, а также частично - сорбированные на твердых фазах газообразные продукты. В зимней розе ветров г. Северска у поверхности и на высоте 500 м преобладают ветры южного и юго-западного направлений, как в целом на юге Западной Сибири, что предопределяет доминирующий ветровой снос аэрозольных частиц от труб предприятий к северу и северо-востоку.

Методика

В марте 2010 г. были отобраны крупнообъемные пробы снежного покрова (50-70 л каждая) по трем маршрутам к северу и северо-востоку от города согласно розе ветров (рис. 1). Для исключения влияния автодорог точки пробоотбора были удалены от автодорог на расстояние не менее 200 м. Точки привязывались с помощью GPS-навигатора Etrex GARMIN с погрешностью 7-10 м.

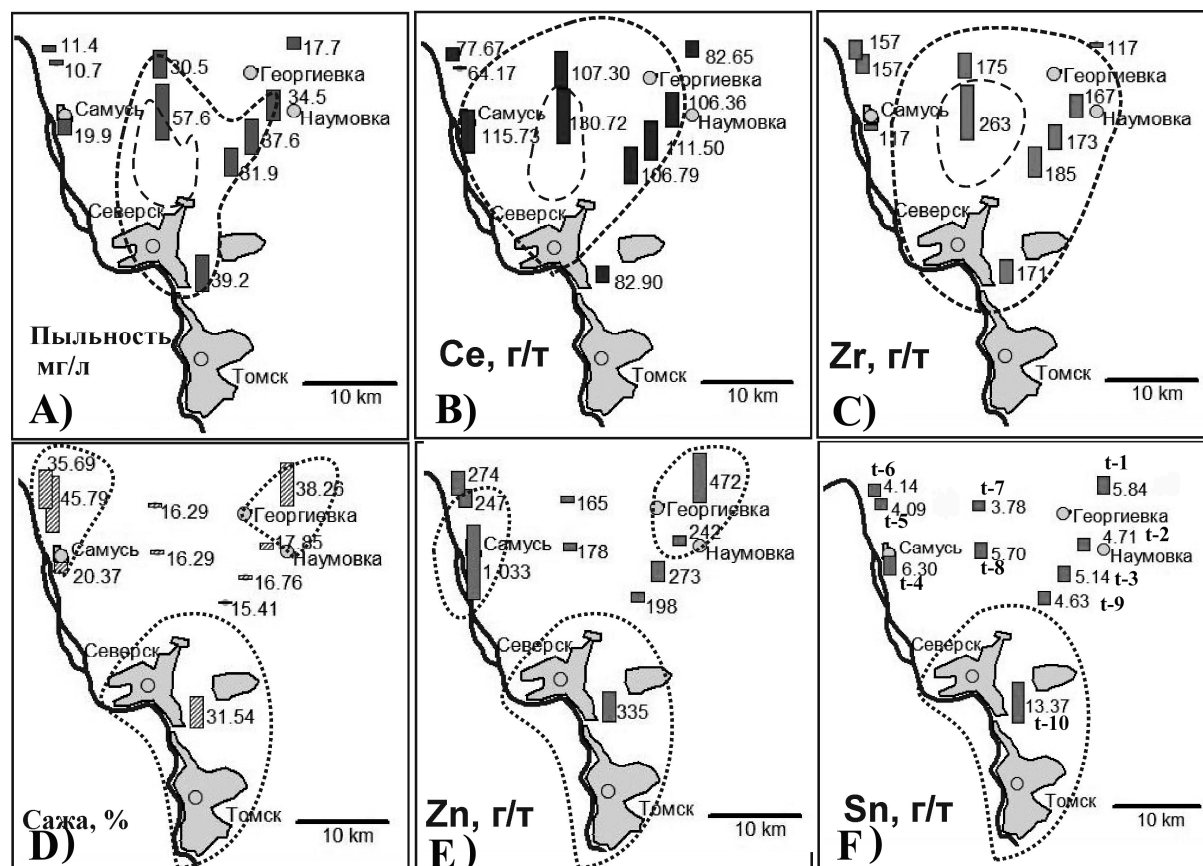


Рис. 1. Содержание взвеси (осадков) в талом снеге или пыльность (мг/л) (А), содержание сажи в осадках снега (вес.%) (D), содержание церия Се (В), циркония Zr (С), цинка Zn (Е), олова Sn (F) в осадках снега (г/т). Штриховой

линией показаны шлейфы выбросов г. Северска регионального масштаба, линией из длинных штрихов – область максимального выпадения аэрозолей высокотемпературной ассоциации. Линией из точек показаны локальные низкотемпературные аэрозольные шлейфы у местных деревень и шлей «дыхания города». Точки отбора проб: t-1 – t-10 (F)

Пробы оттаивали в 70-литровых баках, большая часть талой воды после осаждения взвеси подвергалась декантации, остаток талой воды со взвесью фильтровалась через бумажный фильтр «синяя лента». Пыльность (содержание взвеси) определялась отношением массы взвесей к объему талого снега. Содержание анионов определены титрованием. Точность определения: HCO_3^- – не более 12 %, SO_4^{2-} – 23 %, Cl^- – 16 %. , Ca^{2+} – 2%, Mg^{2+} – 10%, $\text{Na}^+ + \text{K}^+$ – 25%. Осадки снега переведены в раствор методом сплавления в NaOH и кислотным разложением.

Атомно-эмиссионным методом с индуктивно-связанной плазмой (ICP-AES) на спектрометре IRIS определены концентрации макрокатионов (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+), а также S, Si, B, Ti, Fe, Mn, P. Отн. погрешность - не более 10 %, нижние пределы обнаружения элементов от 0.001 – 0.005 ppm. Масс-спектрометрическим методом с индуктивно-связанной плазмой (ICP-MS) на ELEMENT (Finnigan Mat, Germany) с ультразвуковым распылителем U-5000AT+ определено содержание тяжелых металлов, редкоземельных элементов, естественных радионуклидов U и Th. Для коррекции матричного влияния и контроля приборного дрейфа в качестве внутреннего стандарта использован In. Элементы Cd, Tl, Cu, Zn, Pb были определены при низком разрешении, Sb и Fe – при среднем, а As – при высоком разрешении. Предел обнаружения исследуемых элементов, оцененный по 3 σ вариации фонового сигнала, составил от 0.001 до 0.1 ppb. Относительное стандартное отклонение при определении концентраций – до 10%. С помощью ICP-MS определено соотношение изотопов $^{235}\text{U}/^{238}\text{U}$ с погрешностью 2 %.

На основе геокодированных снимков Landcat с помощью программных пакетов ArcView 3.3 (США) с модулем Spatial Analyst и ENVI 4.01 (США) подготовлен ГИС-проект района исследований. Элементный и ионный составы талого снега и аэрозольных частиц внесены в ГИС-проект в виде отдельных тематических слоев. ГИС-проект создан в UTM -системе координат (зона 45, геоид - WGS-1984), совместимый с координатами точек по GPS-навигатору ETREX GARMIN.

Результаты и обсуждение

Минерализация талого снега составляет от 8 до 34 мг/л при среднем $\text{pH} \sim 5.89$. Преобладают ионы гидрокарбоната – до 32 мг/л, кальция – до 1.15 мг/л. Наибольшая минерализация талого снега и пыльность характерны в 14.3 км к северу от Северска (т. 8): 34.4 мг/л и 57.6 мг/л (рис.1). По мере удаления от города уменьшается пыльность и минерализация снежного покрова, как и содержание кальция и гидрокарбонатов в талом снеге.

Корреляционный анализ геохимических данных и их визуализация с помощью ГИС-методов позволили выявить ассоциации элементов, связанных с разными источниками выбросов и определить их особенности (рис. 1).

I-ая высокотемпературная ассоциация элементов регионального масштаба связана с выбросами высокотемпературных продуктов горения производства ядерно-топливного цикла (ЯТЦ) и ТЭЦ Сибирского химического комбината г. Северска. В них мало сажи (рис.1 В,С). Шлейф выбросов носит региональный характер и протянут к северу и северо-востоку на десятки км, а пятно максимальных выпадений аэрозолей находится к северу от города (t-8 в 14.3 км).

Техногенные аэрозоли содержат алюмосиликатные шлаки, в которых найдены расплавы циркона и монацита (фосфатов редкоземельных элементов и Y, Th, Sr, Ba) и ферросфероиды из гематита и сплавов оксидов железа, также сульфаты и оксиды Ba, Sr, чаще в виде сфероидов. Геохимическими индикаторами выбросов Северска являются литофильные Sr, Ba, Y, Nb, Zr, редкоземельные элементы (РЗЭ): La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu. Суммарное содержание РЗЭ в аэрозолях достигает 325 г/т, Y – 44.7 г/т, Zr – 263 г/т, Ba – 1620 г/т. Наличие алюмосиликатных шлаков в сплаве с цирконами, с монацитами и малое содержание сажи указывают на высокие температуры их образования (температуры плавления цирконов, монацита-ксенотима).

В аэрозолях выбросов Северска выявлено пониженное изотопное соотношение $^{238}\text{U}/^{235}\text{U}$ до 74.28 при невысоком общем содержании урана в аэрозолях (4.3 - 9.8 г/т). В талом снеге урана слишком мало - 0.016 -0.039 мкг/л, и потому мы не рассматривали соотношение изотопов урана в них. Природный уран представляет собой смесь трех изотопов урана: урана-238, урана-235 и урана-234 в процентном соотношении 99.28 : 0.714 : 0.006. Нормальное соотношение изотопов ^{238}U к ^{235}U должно равняться 139.05. Измеренные соотношения изотопов урана в аэрозолях разных маршрутов – разные (рис.2А).

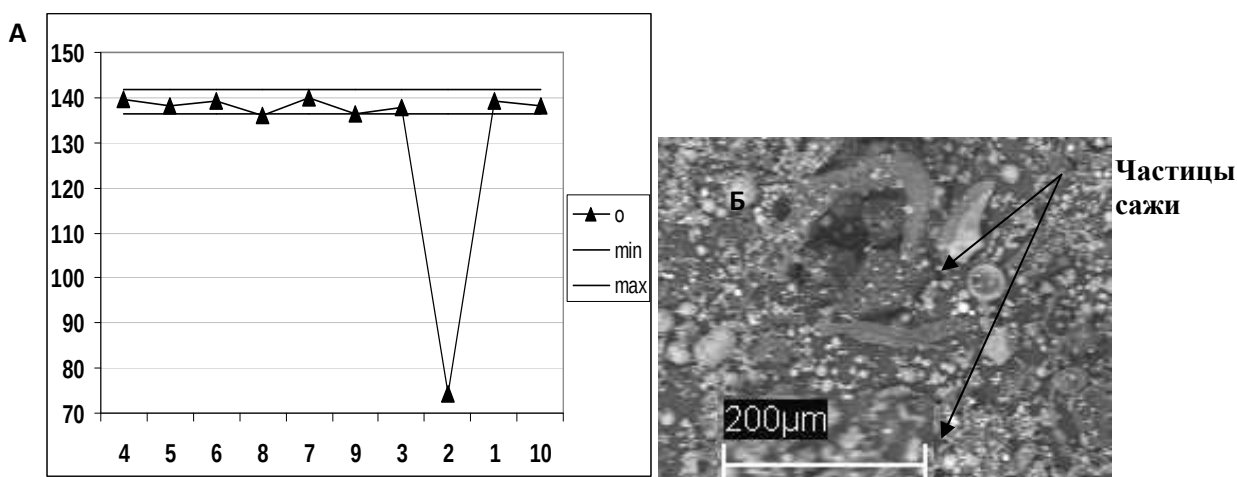


Рис. 2. А. Соотношение $^{238}\text{U}/^{235}\text{U}$ в аэрозолях района г. Северска, min, max – коридор естественных природных соотношений $^{238}\text{U}/^{235}\text{U}$.

Б. Длинные закрученные волокнистые частицы сажи в аэрозолях за деревьями Наумовка и Георгиевка (t-1) (электронное фото)

В пробах северо-северо-западного маршрута $^{238}\text{U}/^{235}\text{U}$ равно 139.1, то есть наблюдается самое нормальное природное соотношение, что вполне увязывается с геохимическими данными о минимальном влиянии на этом участке выбросов Северска (рис.1В,1С). В пробах северного маршрута соотношение изотопов U несколько ниже – 137.89. В пробах северо-восточного маршрута среднее соотношение $^{238}\text{U}/^{235}\text{U}$ снижено из-за резкой обогащенности урана до 74.28 в t-2 (рис. 2). Данный факт можно объяснить только влиянием техногенных выбросов СХК. По-видимому, уран в форме гексафторида урана может приноситься в снежный покров преимущественно в газообразной форме, потому в будущем необходимо изучить и газовую фазу снежных проб. Возможно, при стаивании проб теряется газообразная часть урана. Замечено, пробам снега характерен специфический технический запах в отличие от проб снега других городов Сибири.

II-ая низкотемпературная ассоциация элементов локального масштаба связана с загрязнением продуктами низкотемпературного горения угля и дров при печном отоплении и в котельных местностях деревень и формирует геохимические аномалии у пос. Самусь и за деревнями Георгиевка и Наумовка (рис. 1D, 1E), в аэрозолях которых присуще обилие частиц сажи (%), состоящих, в основном, из углерода. Частицы сажи часто сохраняют волокнистую структуру дерева (рис. 2Б).

Эту ассоциацию элементов в аэрозолях составляют халькофильные элементы Pb, Zn, Sb, Co, Ni, Cu, Cd, Bi, Mo и S, находящиеся в форме оксидов. Состав элементов-индикаторов определяется примесями в топливе.

III-ая низкотемпературная ассоциация элементов протяженного масштаба, обусловленная «дыханием города» – интегральными выбросами многочисленных мелких промышленных предприятий и транспорта как г. Северска, так и Томска. Типоморфными фазами являются также частицы сажи, обломки стали, чугуна, сложных оксидов вольфрама и олова. Геохимическими индикаторами являются халькофильные Mo, Cu, Zn, Cd, S и литофильные W, Sn (рис. 1F).

Итак, работы позволили впервые выявить минерально-геохимические ассоциации аэрозольных частиц, связанных с выбросами г. Северска и отделить их от выбросов других источников. Впервые выявлено, что в аэрозолях г. Северска содержание урана незначительное. Индикатором выбросов ЯТЦ г. Северска является снижение изотопного соотношения $^{238}\text{U}/^{235}\text{U}$ в аэрозолях по сравнению с природным соотношением. Главными индикаторами выбросов ЯТЦ СХК г. Северска являются большие содержания целого комплекса элементов: Sr, Ba, Y, Nb, Zr, редкоземельных (РЗЭ) La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu.

Работа выполнена в рамках проекта РФФИ № 09-05-00839 и междисциплинарного интеграционного проекта СО РАН №84.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Язиков Е.Г., Голева Р.В., Рихванов Л.П. и др. Минеральный состав пылеаэрозольных выпадений снегового покрова Томской агропромышленной агломерации [текст]/Е.Г. Язиков // Зап. ВМО. - 2004. - №5. - 69 с.
2. Таловская А.В., Язиков Е.Г., Панченко М.В., Козлов В.С. Мониторинг потоков аэрозольных выпадений в фоновых районах Томской области [текст] А.В. Таловская // Оптика атмосф. и океана. - 2007. - Т. 20. - № 6. - С. 517-523.

© С.Ю. Артамонова, 2011

УДК 551.52:528.4

В.В. Головкин, К.П. Куценкогий

ИХКГ СО РАН, Новосибирск

В.Л. Истомин

ИГиЛ СО РАН, Новосибирск

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОНФОКАЛЬНОЙ СКЕНИРУЮЩЕЙ МИКРОСКОПИИ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОБЪЕМА И ПЛОТНОСТИ ПЫЛЬЦЕВЫХ ЗЕРЕН СИБИРСКИХ РАСТЕНИЙ

Произведена оценка изменения объема пыльцевых зерен в процессе высыхания. Определен объем и плотность пыльцы растений, доминирующих экосистемах Западной Сибири.

V.V. Golovko, K.P. Koutsenogii

Institute of Chemical Kinetics and Combustion SB RAS, Novosibirsk

V.L. Istomin

Institute of Hydrodynamics, SB RAS, Novosibirsk

CONFOCAL SCANNING MICROSCOPY USED TO DETERMINE THE VOLUME AND DENSITY OF THE POLLEN GRAINS OF SIBERIAN PLANTS

The change in the volume of pollen grains upon drying was estimated. The volume and density of the pollen grains of the dominating ecosystems of West Siberia were determined.

Решение ряда задач аэробиологии (построение моделей переноса пыльцы в атмосфере, оценка количества переносимого пыльцой вещества и др.) тесно связано с определением величины объема и плотности пыльцевых зерен.

Размеры пыльцевых зерен растений отчетливо различаются (от 2-5 до 250 микрометров), причем преобладающая в атмосфере пыльца анемофильных видов средних размеров (20-50 микрон). Зерна пыльцы бывают сфероидальной, сплющено-сфероидальной, эллипсоидальной, ромбоидальной, тетраэдральной, гексагональной либо иной формы. У ряда хвойных растений пыльцевые зерна имеют сложную форму из-за наличия у них воздушных мешков [1].

Имеющиеся в литературе данные преимущественно описывают линейные размеры пыльцевых зерен, обработанных ацетолизным или каким-либо иным методом - фактически только оболочки пыльцевого зерна, лишенной содержимого. При обработке проб пыльцы различными методами возможны изменения линейных размеров пыльцевых зерен, иногда довольно значительные [2]. Отмечено наличие в пробах пыльцы большого количества деформированных зерен, различия размеров пыльцы разных популяций одного вида [1]. Поступая в атмосферу, пыльцевые зерна высыхают, что приводит к

изменению их объема, плотности и массы. При этом даже исходно сферические пыльцевые зерна либо сморщиваются (рис. 1), либо (существенно реже), потеря воды заставляет содержимое оболочки сжиматься, оставляя большие воздушные пространства внутри зерен. Количественные описания формы пыльцевых зерен, находящихся в атмосфере во взвешенном состоянии, необходимые для оценки их аэродинамических характеристик скудны либо отсутствуют.

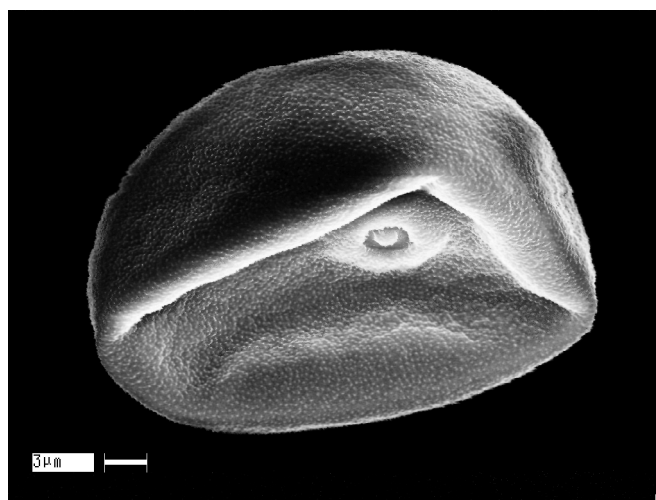


Рис. 1. Сухое пыльцевое зерно двукисточника тростникового.

В связи с этим в данной работе представлены результаты экспериментальных исследований изменения формы пыльцевых зерен в процессе высыхания методом конфокальной сканирующей лазерной микроскопии, а также определения величины объема и плотности пыльцы березы бородавчатой, клена ясенелистного, двукисточника тростникового, тимофеевки луговой, сосны обыкновенной, лиственницы сибирской – растений, доминирующих в экосистемах Западной Сибири.

Определение геометрических характеристик пыльцевых зерен методом конфокальной сканирующей микроскопии проводилось в ИЦиГ СО РАН с помощью лазерного сканирующего микроскопа (ЛСМ) LSM 510 META.

Одной из главных особенностей конструкции данного ЛСМ является конфокальная апертура, расположенная в одной плоскости с сопряженным промежуточным изображением предметной плоскости микроскопа. В ходе конфокальной сканирующей лазерной микроскопии исследуемые образцы поточечно облучаются сфокусированным лучом лазера и флуоресценция облученных частей объекта измеряется точка за точкой. Свет от объекта фокусируется в плоскости сопряженного изображения на точечном отверстии объектива. Освещенная точка объекта и наблюдаемая точка изображения расположены конфокально. Детектор (ФЭУ) может измерять только свет, прошедший через апертуру. Свет, идущий от плоскостей ниже и выше фокальной, не сфокусирован в момент прохождения апертуры, так что большая часть его не может пройти через это отверстие и потому не вносит вклад в формирование изображения. Для получения информации об образце в целом

лазерным лучом проводится сканирование через всю поверхность образца. Координированием перемещением точного фокуса микроскопа с построением изображения получают трехмерные серии данных. Путем их компьютерной обработки определяют различные размерные характеристики объекта.

В ходе работы была использована способность пылевых зерен автофлюоресцировать при облучении многими различными длинами волн. Условия сканирования (оптимальной длины волны возбуждающего излучения, шаг сканирования, масштаб сканирования) для каждого типа пылевых зерен подбирались индивидуально. Исследование формы гидратированных пылевых зерен производилось на образцах, помещенных в глицерин-желатиновую среду, воздушносухих пылевых частиц – на образцах, при определенной влажности воздуха помещенных в иммерсионное масло Immersol 518 F.

Для оценки изменения величины объема пылевых зерен в процессе высыхания были исследованы полностью гидратированные и воздушносухие пылевые зерна березы бородавчатой и клена ясенелистного. Результаты измерений приводятся в табл. 1. Результаты даются по 30 измерениям.

Таблица 1. Среднегеометрические значения объемов влажных и сухих пылевых зерен древесных растений

№ №	Название таксона	Объем сухого пылевого (V_c) зерна, $\times 10^3$ мкм ³ (влажность 60%)	Объем гидратированного (V_r) зерна пыльцы, $\times 10^3$ мкм ³ (влажность 100%)	V_c/V_r , %
1	Береза бородавчатая	2,5	5,3	47,2
2	Клен ясенелистный	7,6	12,6	60,3

Из табл. 1 видно, что в процессе высыхания пыльца растений теряет 40 – 50% исходного объема. Значительные изменения объема неизбежно вызывают изменение плотности и массы пылевых зерен. Данные характеристики пылевых частиц, как правило, определяются экспериментально.

Для определения массы пылевых зерен использовалась экспериментальная установка для распыления порошкообразных материалов, разработанная в лаборатории ИГиЛ СО РАН. Схема данной установки и принцип ее работы приводился нами ранее [3]. Найденные среднегеометрические значения массы индивидуальных пылевых зерен приводятся в табл. 2.

В настоящее время определены массы пылевых зерен около 120 видов растений, преимущественно древесных, произрастающих в Европе и Северной Америке. Пыльца растений других регионов изучена значительно хуже. В ходе данного исследования были установлены массы пылевых зерен ряда растений, произрастающих в Сибири.

Исследованные пылевые зерна растений по особенностям своего строения можно разделить на две группы. Если воздушносухая пыльца березы бородавчатой, клена ясенелистного, двукисточника тростникового, тимopheевки

луговой, лиственницы сибирской представлена частицами неправильной формы, не содержащими полостей, то пыльцевые зерна сосны обыкновенной снабжены парой воздушных мешков (рис. 2). Фотография трех проекций пыльцевого зерна сделана с помощью ЛСМ, на которых они хорошо видны.

Таблица 2. Объем, масса и вычисленная по ним плотность пыльцевых зерен растений, доминирующих в экосистемах Западной Сибири

№ №	Название таксона	Объем, $\times 10^3, \text{мкм}^3$	Масса пыльцевого зерна, нг	Плотность пыльцевого зерна, г/см^3
1	Береза бородавчатая (пыльцевое зерно)	2,5	2,8	1,1
2	Клен ясенелистный (пыльцевое зерно)	7,6	8,3	1,1
3	Двукосточник тростниковый (пыльцевое зерно)	11,1	9,2	0,8
4	Тимофеевка луговая (пыльцевое зерно)	11,8	15,7	1,3
5	Лиственница сибирская (пыльцевое зерно)	141,4	159,0	1,1
6	Сосна обыкновенная (тело пыльцевого зерна)	17,5	14,5	0,8
7	Сосна обыкновенная (пыльцевое зерно с воздушными мешками)	38,0		0,4

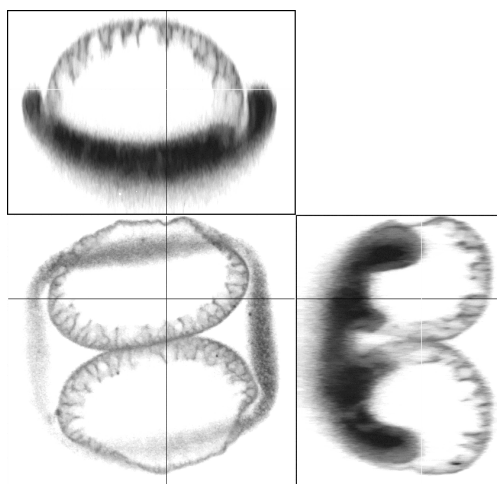


Рис. 2. Сухое пыльцевое зерно сосны обыкновенной с воздушными мешками

При освещении возбуждающим излучением объекта, некоторые части которого не флуоресцируют, на оптических срезах Z-серии появятся незакрашенные участки, а в его трехмерной модели – незаполненные, занимающие определенную долю объема объекта. Имеющееся программное обеспечение позволяет вычислить размерные характеристики как объекта в целом, так и его полых участков. Таким образом, в отличие от использовавшегося ранее метода определения геометрических характеристик частиц путем фотограмметрической обработки их изображений, лазерная сканирующая конфокальная микроскопия позволяет установить не только размеры пыльцевых

зерен в целом, но и величины объемов отдельных внутренних частей пыльцевого зерна.

В табл. 2 приводятся данные измерения величины объемов как пыльцевых зерен исследованных видов растений в целом, так и значения величины объемов воздушных мешков и тел пыльцевых зерен сосны обыкновенной.

Вычисленные по данным экспериментальных исследований значения плотности пыльцевых зерен близки к значениям плотности спор грибов и других компонент аэропланктона [4].

Из табл. 2 видно, что плотность пыльцевых зерен растений, не содержащих воздушных полостей составляет в среднем $1,0 \text{ г/см}^3$. Плотность тела пыльцевого зерна сосны близка к данному значению. Вместе с тем, плотность пыльцевого зерна сосны в целом более чем в два раза ниже. Такое снижение плотности пыльцевого зерна воздушными мешками является приспособлением к переносу пыльцы ветром. Именно благодаря низкой удельной плотности пыльцевые зерна сосны способны переноситься за тысячи километров [6].

Выводы.

1. Оценено изменение объема пыльцевых зерен в процессе высыхания. Показано, что в ходе данного процесса их объем уменьшается практически вдвое.

2. Установлены величины объема массы и плотности пыльцевых зерен растений, доминирующих в экосистемах Западной Сибири.

3. Показана возможность определения данных характеристик не только пыльцевого зерна в целом, но и его отдельных частей.

4. Предложенная методика пригодна для определения величины объема и плотности и к другим частицам аэропланктона.

В работе использовалось оборудование центра коллективного пользования микроскопического анализа биологических объектов СО РАН.

Работа выполнена при финансовой поддержке МНТЦ (проект № 3695).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Куприянова Л. А., Алешина Л. А. Пыльца и споры двудольных растений флоры европейской части СССР. Л.: Наука, 1978, Т. 1, 174 с.

2. Федорова Р. В. Некоторые особенности морфологии пыльцы культурных злаков // АН СССР, Труды института географии, Материалы по геоморфологии и палеогеографии СССР, работы по спорово-пыльцевому анализу, 1959, Вып. 77, с. 166-189.

3. Головки В.В., Куценогий К.П., Истомин В.Л. Определение скорости седиментации одиночных пыльцевых зерен и агломератов растений - доминант лесных экосистем Западной Сибири /Труды VI Международной выставки и Научного конгресса ГЕО-СИБИРЬ-2010 (19-29 апреля 2010, Новосибирск), том 4, часть 2. Дистанционные методы зондирования земли и фотограмметрия, мониторинг окружающей среды, геоэкология (издательство СГГА, Новосибирск, ред. А.П. Гук, И.Г. Журкин, Б.Г. Михайленко, Ю.В. Дементьев, А.В. Комиссаров) с. 59-62

4. Грегори Ф. Микробиология атмосферы. / Пер. с англ. Муромцева Г.С. - М.: Мир, 1964. - 372 с

5. Кабайлене М. В. // О дальности и количестве переноса пыльцы и особенностях периодизации пыльцевых диаграмм. // Проблемы периодизации плейстоцена (Материалы симпозиума «Периодизация и геохронология плейстоцена», Ленинград, ноябрь, 1970 г.), Ленинград, 1971, с. 105-114.

© В.В. Головкин, К.П. Куценкогий, В.Л. Истомин, 2011

УДК 528.8

Д.С. Дубовик

СГГА, Новосибирск

М.В. Якутин

ИПА СО РАН, Новосибирск

ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ПАСТБИЩ УБСУНУРСКОЙ КОТЛОВИНЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ

Целью исследования было создание ландшафтно-экологической карты Убсунурской котловины по данным дешифрирования космических снимков. Делается вывод, что за последние 20 лет площадь травяных экосистем в равнинной части Убсунурской котловины увеличилась с 47,7 до 50,1%, доля деградированных пастбищ увеличилась за это же время с 2,4 до 2,7 %.

D.S. Dubovik

Siberian State Academy of Geodesy (SSGA)

10 Plakhotnogo Ul., Novosibirsk, 630108, Russian Federation

M.V. Yakutin

Institute of Soil Science and Agrochemistry (ISSA)

18 Sovetskaya Ul., Novosibirsk, 630099, Russian Federation

GEOECOLOGICAL MONITORING OF UBSUNUR DEPRESSION'S PASTURES WITH HELP OF THE REMOTE SENSING METHODS

The purpose of the present research consist in construction of a landscape map on Ubsunur depression. The map was compounded under the data of a decoding of space snapshots. During last 20 years the area of grassy ecosystems has increased from 47,7 to 50,1 %. And the share of the degraded pastures has increased from 2,4 to 2,7 % for the same time.

Система ведения кочевого скотоводства в Тыве складывалась в течение длительного исторического периода и определялась совокупностью природных и хозяйственных факторов. Выполнение этих условий приводило к локализации антропогенного воздействия на растительный покров. В настоящее время для Тывы характерна смена традиционных видов отгонного скотоводства полустационарным, что связано с появлением постоянных центров. Следствием этого является сокращение числа и дальности перекочёвок, сосредоточению скота вблизи посёлков, летовок в одних и тех же местах. В местах значительного скопления населения и домашних животных наблюдаются процессы деградации степных экосистем [1, 2].

Экологический мониторинг с использованием методов определения жизненного состояния и жизнеспособности различных видов, популяций и состояния экосистем часто затруднен. Дистанционное исследование обеспечивает быстрый и эффективный способ получения информации об использовании земель, состоянии экосистем, степени нарушенности природных и природно-антропогенных комплексов. Среди физических методов, применяемых в экологическом мониторинге в настоящее время, особое место занимают оптические дистанционные методы, основанные на использовании закономерностей взаимодействия излучения с веществом, на знании оптических свойств исследуемых объектов, на понимании сущности оптических явлений, протекающих в природной среде [3].

Оптические и радиационные свойства экосистем непосредственно определяются, в первую очередь, растительным покровом, а там, где покрытие растительности меньше 30—40%, также и почвами. Растительность и почвы представляют ту физическую деятельную поверхность, которая формирует отражение, падающего солнечного света и собственное излучение. Основные экобиоморфы растительности и классы типов почв характеризуются специфическими оптическими свойствами [4, 5].

Цель данной работы состояла в анализе соотношения площадей природных и антропогенно-трансформированных объектов в российской равнинной части Убсунурской котловины Республики Тыва и оценки характера изменения этого соотношения за последние 20 лет. С этой целью была составлена ландшафтно-экологическая карта Убсунурской котловины в масштабе 1 : 200 000.

В качестве основы для картографирования территории использовались перекрывающиеся снимки Landsat 5 и 7. Было использовано более 30 изображений, полученных с 14 снимков за 1991, 2000, 2002, 2010 годы, 14 топографических карт, почвенная карта и ресурсы Google в качестве дополнительного источника. Снимки были тщательно визуально изучены в различных комбинациях каналов, после чего было окончательно решено синтезировать снимки в комбинацию RGB 7 5 3, а затем, путём объединения с панхроматическим каналом, их разрешение было увеличено до 15 м. При дешифрировании снимки были частично обрезаны в ходе трансформирования и использовались по отдельности, а не как мозаика.

Исходные изображения были получены из архива геологической службы США (USGS). Предварительно они уже были единым образом систематически скорректированы радиометрически и трансформированы в проекцию Меркатора на WGS 84 (уровень обработки 1G). Для уверенности, после трансформирования, были измерены несколько опознаваемых точек на полученном, исходном изображении и листах топографической карты. Ошибки между точками, измеренными на трансформированном снимке и топографической карте, в среднем, не превышали 60–70 метров. Ошибки между исходным изображением (до трансформирования) и картой в среднем не превышали 150–200 метров.

Исходя из того, что точность взаимного расположения контуров на карте должна составлять не менее 0,4 мм, и точность их абсолютного положения – 0,5

мм, возможно по полученному растровому изображению составить карту, которая будет соответствовать масштабу 1:200 000 (рис. 1). В процессе дешифрирования для опознавания некоторых объектов имеющиеся снимки просматривались в других комбинациях каналов, изучались полученные по снимкам растительные индексы. В частности при выделении отдельных участков горной местности, покрытых хвойными лесами, дополнительно использовались изображения в комбинациях каналов 7, 4, 2, а также 5, 3, 2; а при отнесении степных территорий к классу «выбитых пастбищ» и, местами при выделении участков луговой растительности в равнинных частях котловины, просматривались и изучались изображения индекса NDVI.

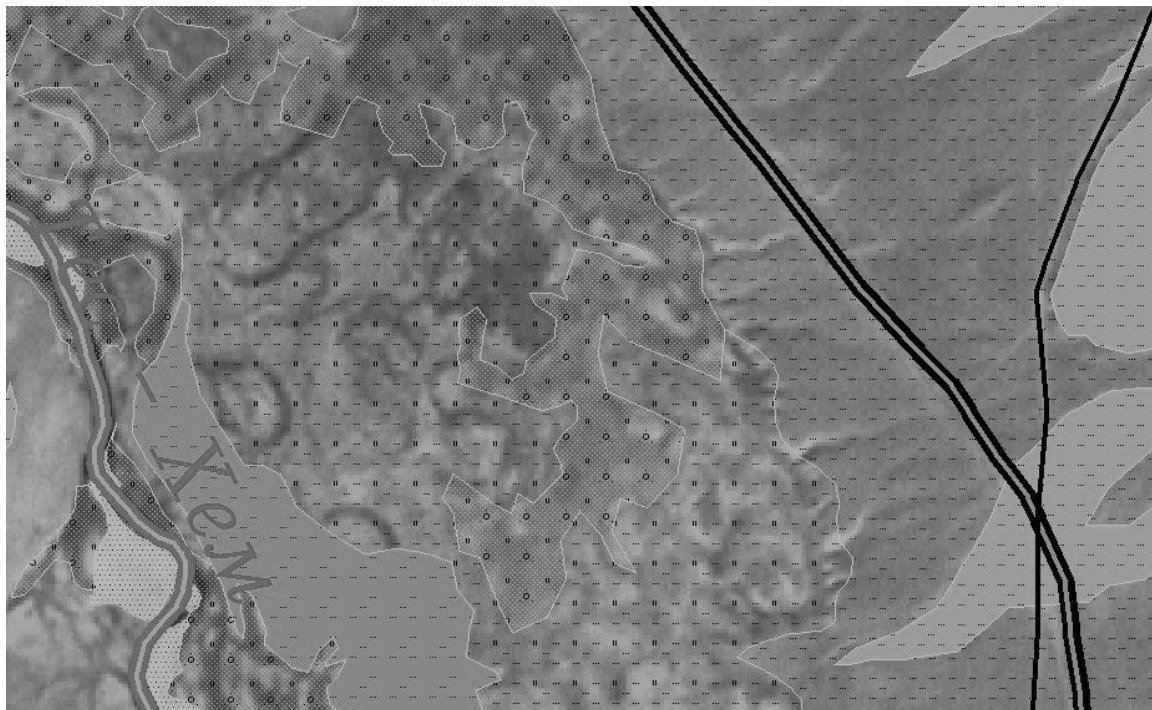


Рис. 1. Фрагмент ландшафтно-экологической карты Убсунурской котловины

Карта была отрисована в масштабе М 1:100000. Приблизительные ошибки при определении площадей лесов, пашни, степных экосистем горных склонов и населенных пунктов составляют не более 10 %. Площади остальных выделенных типов местности определены с ошибкой до 20 %.

Большие площади территории котловины, являющиеся, по сути, сильно пересечённой местностью, выделены в общий контур степных экосистем на горных склонах. В основном это южные склоны невысоких гор с неоднородным покрытием. Во многих местах мелкие водотоки, расчленяя склоны, спускаются в долину, образуют конус выноса и переходят в контуры луговой или болотной растительности. На территориях, занятых степными пастбищами в равнинной части котловины, были выделены участки сильно деградированных пастбищ и степных пастбищ под умеренным выпасом (рис. 2). С использованием данных составленной ландшафтной карты были вычислены площади различных участков (табл. 1).

Общая площадь равнинной части Убсунурской котловины по данным дешифрирования составила 11155,45 км². Травяные экосистемы занимали 5320,28 км² в 1991 году (47,7 % площади равнинной части котловины) и 5584,8 км² – в 2010 году (50,1 % площади равнинной части котловины).

Общая площадь пашни в 1991 году составляла 266,48 км² (2,3 % площади равнинной части котловины). К 2010 году пашни в Убсунурской котловине вообще не осталось, но, соответственно увеличились площади залежных земель. Площадь деградированных пастбищ с 1991 по 2010 год увеличилась с 130,1 до 152,45 км² (с 2,4 до 2,7 % общей площади пастбищ).

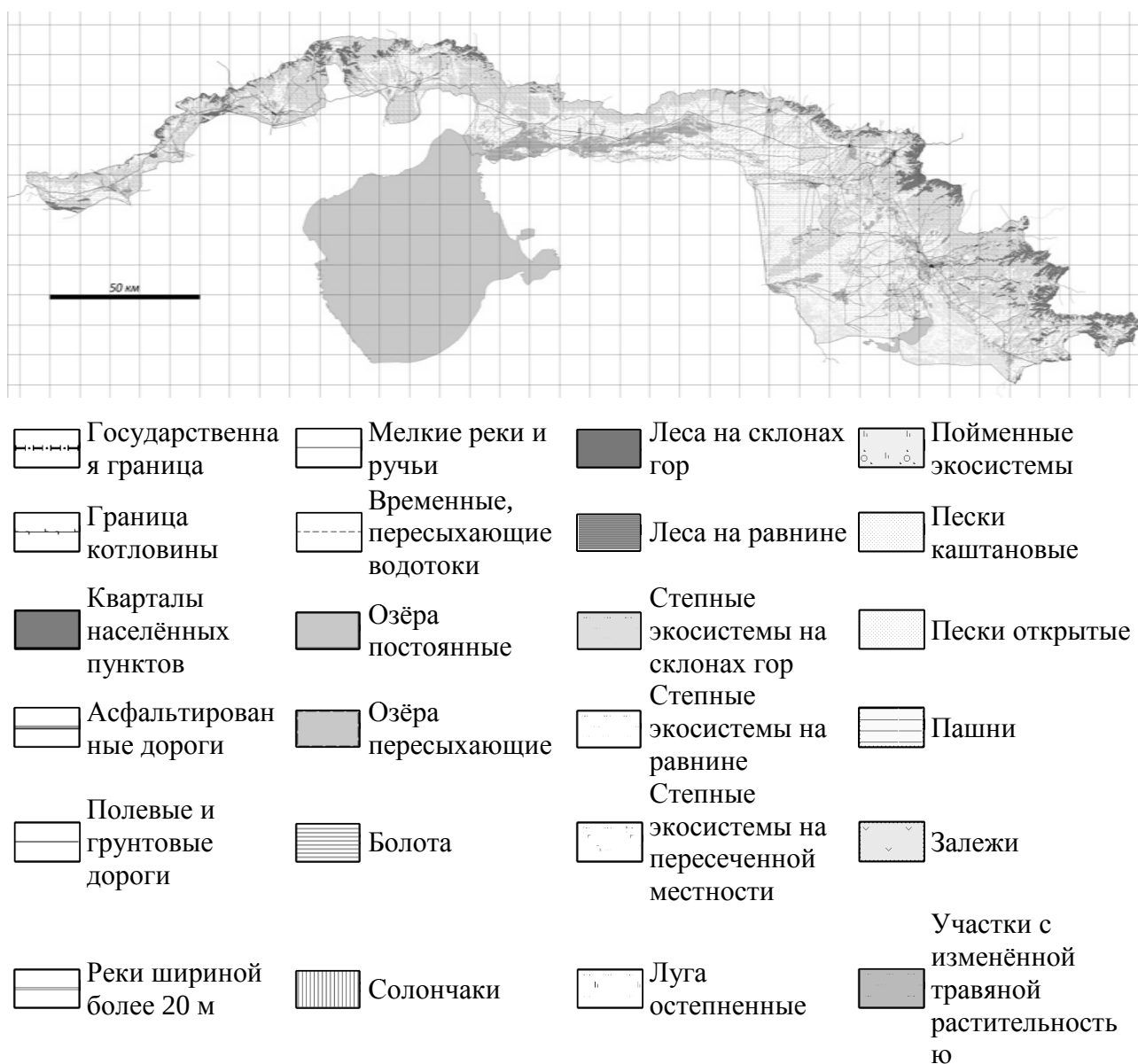


Рис. 2. Ландшафтно-экологическая карта российской части Убсунурской котловины

Последнее обследование состояния пастбищ на севере Центральной Азии показало, что около 75% пастбищ деградированы в той или иной степени и нуждаются в различных мероприятиях по улучшению [6]. Составленная ландшафтно-экологическая картосхема Убсунурской котловины не позволяет

без дополнительного полевого обследования оценить степень нарушенности всех степных пастбищ. Но на основании составленной картосхемы уже на данной стадии ее исполнения становится возможным оценить площади и местоположение наиболее нарушенных участков степных пастбищ, тенденции изменения этих площадей и принять меры к проведению комплекса мероприятий для их восстановления.

По данным составленной ландшафтно-экологической картосхемы можно сделать вывод, что в российской равнинной части Убсунурской котловины Республики Тыва за последние 20 лет общий антропогенный пресс на степные экосистемы снижается: на заброшенных пашнях идет залежная сукцессия, площади деградированных пастбищ существенно не увеличиваются.

Таблица 1. Предварительная классификация и площади объектов в российской части Убсунурской котловины

Выделенные объекты	Площадь, км ²		
	1991 г.	2002 г.	2010 г.
Города	12,68	12,68	12,68
Озера постоянные	3700,54	3700,54	3700,54
Озера пересыхающие	1,57	1,57	1,57
Болота	312,42	312,42	312,42
Солончаки	39,81	39,81	39,81
Экосистемы пойм	645,60	640,97	648,56
Леса на равнине	20,30	20,23	20,25
Леса на горных склонах	509,02	509,33	508,50
Пески каштановые	442,56	442,72	441,80
Пески открытые	316,20	316,46	316,33
Горные степи	2975,52	2975,52	2975,52
Степи на горных склонах	341,21	333,10	336,10
Степи на равнине	3143,49	3098,46	3109,66
Луга остепненные	1075,97	1073,61	1069,08
Деградированные пастбища	130,13	167,16	152,45
Пашни	266,48	8,74	0,00
Залежи	186,92	467,06	475,70

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ондар С.О. Проблемы устойчивости экосистем и оценка их современного состояния / С.О. Ондар, Н.И. Путинцев, А.Ч. Ашак-оол и др. / Кызыл: ТуВИКОПР СО РАН, 2000. – 182 с.

2. Востокова Е.Л. Совместная Российско-Монгольская комплексная биологическая экспедиция. Биологические ресурсы и природные условия Монголии // Т. XXXIX Экосистемы Монголии: распространение и современное состояние / Е.Л. Востокова, П.Д. Гунин, Е.И. Рачковская и др. / М.: Наука, 1995. – 326 с.

3. Зяткова Л.К. У истоков аэрокосмического мониторинга природной среды / Л.К. Зяткова, Б.С. Елепов / Новосибирск: СГГА, 2007. – 380 с.
4. Виноградов Б.В. Аэрокосмический мониторинг экосистем / Б.В. Виноградов / М.: Наука, 1984. – 320 с.
5. Савиных В.П. Информационные технологии в системах экологического мониторинга / В.П. Савиных, В.Ф. Крапивин, И.И. Потапов / М.: ООО Геодезкартиздат, 2007. – 392 с.
6. Эксперимент "Убсу-Нур". Коллективная монография. Ч. 1. Наземные исследования / Бугровский В.В. и др. / М.: "Интеллект", 1995 – 272 с.

© Д.С. Дубовик, М.В. Якутин, 2011

УДК 630.181

Н.Г. Коронатова

ИПА СО РАН, Новосибирск

Е.В. Миляева

ИПА СО РАН, Новосибирск

СГГА, Новосибирск

ПРОДУКТИВНОСТЬ БОЛОТНЫХ СОСНЯКОВ ЮЖНОЙ ТАЙГИ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

В работе приведены данные по запасам надземного растительного вещества и надземной чистой первичной продукции в болотных сосняках Бакчарского болота (южная тайга Западной Сибири). Показано, что наибольшая доля фитомассы древесного яруса сосредоточена в стволах. Значение надземной первичной продукции низко в связи с низкой величиной ежегодного прироста хвои и побегов. Продуктивность болотных сосняков различалась в разных экосистемах.

N.G. Koronatova

Institute of Soil Science and Agrochemistry, SB RAS

18 Sovetskaya ul., Novosibirsk, 630099, Russia

E.V. Milyaeva

Siberian State Academy of Geodesy (SSGA)

10 Plakhotnogo Ul., Novosibirsk, 630108, Russian Federation

PRODUCTIVITY OF BOG PINE FORESTS IN THE SOUTHERN TAIGA OF WESTERN SIBERIA

The paper presents data on stocks of aboveground plant matter and aboveground net primary production in the bog pine forests of Bakchar bog (southern taiga of Western Siberia). It is shown that the largest share of the tree layer phytomass is concentrated in trunks. The value of aboveground primary production is low due to the low value of the annual increment of pine needles and branches. Productivity of bog pine forests may considerably differ in the various ecosystems.

Известно, что верховые болота играют значительную роль в круговороте углерода, накапливая его в торфяниках и тем самым в определенной степени регулируя газовый состав атмосферы. При изучении круговорота углерода одними из важнейших характеристик являются параметры продуктивности экосистем: запасы растительного вещества и чистая первичная продукция. При установлении продуктивности растительного покрова болотных экосистем исследователи определяют отдельно запасы и продукцию мохово-лишайникового, травяно-кустарничкового и древесного ярусов. При этом в каждом случае используется своя методика отбора проб, и учет продуктивности

болотных древостоев не всегда проводится в связи со специфичностью методики и ее трудоемкостью, а также тем, что на болотах основная роль в сложении запасов растительного вещества и формировании чистой первичной продукции принадлежит мхам, кустарничкам и травам [Храмов, Валущкий, 1977].

Цель данной работы – количественно оценить запасы и первичную продукцию болотных сосняков в подзоне южной тайги Западной Сибири.

Работа проводилась в экосистемах, включающих древесный ярус, – рямах и грядах грядово-мочажинных комплексов, – в Бакчарском болотном комплексе, который является частью Большого Васюганского болота (56°51' с.ш. 82°50' в.д.). Растительность рямов и гряд имеет сходный ботанический состав и представлена сосново-кустарничково-сфагновыми фитоценозами. Различия между рямами и грядами носят топографический характер, а также заключались в степени дренированности. Гряды – это относительно небольшие (несколько десятков м²) вытянутые образования, расположенные перпендикулярно стоку болотных вод, и всегда существующие в комплексе с мочажинами и / или озерками. Рямы отличаются большей занимаемой площадью (от сотен до тысяч м²) и существуют как отдельные образования, не создающие комплексы с другими типами болотных экосистем, но часто входящие в крупные болотные системы. Рямы занимают более дренированные участки болотного массива.

Отбор проб производился в августе или начале сентября, когда вегетация заканчивается. Для определения численности древостоя и определения его продуктивности на рямах выделялись площадки 10x10 или 10x5 м, на грядах – определялась площадь гряды. На этих площадках учитывались все деревья – их возраст, высота, диаметр на уровне мха, а также сухостой. На каждой пробной площади отбиралось по шесть модельных деревьев. У тех экземпляров, диаметр ствола которых был менее 4 см, полностью определялся запас надземной фитомассы, а также фитомассы ствола, погруженного под моховой покров. У более крупных деревьев запас фитомассы определялся методом модельных веток [Молчанов, Смирнов, 1967]. Для этого все ветви дерева измерялись, и 5-7 из них отбирались в качестве модельных.

Камеральная обработка заключалась в разделении модельных экземпляров на фракции: хвоя, побеги, ствол. Хвоя и побеги в свою очередь делились на прирост текущего года (года отбора) и приросты предыдущих лет. Фракции высушивались и взвешивались. Надземная чистая первичная продукция определялась как сумма запасов фотосинтезирующей фитомассы (хвои) и побегов текущего года. Радиальный прирост не определялся. Для определения запаса фитомассы модельного дерева по модельным ветвям строились степенные уравнения зависимости фитомассы ветвей от их длины. Зависимости фитомассы разных фракций модельных деревьев от их высоты также аппроксимировались степенными уравнениями, что позволило получить данные о запасах и продукции всего соснового древостоя на учетной площади.

На ряме средний возраст сосен (*Pinus sylvestris* L.) без учета подроста составил 40 лет. Плотность соснового древостоя была 11,1 тыс. шт. / га, а плотность подроста – 4 тыс. шт. / га, то есть 36% от общей плотности;

плотность кедра (*Pinus sibirica* Du Tour) не превысила 100 шт. / га. На грядах – средний возраст сосен был 55 лет. Плотность была 41 тыс. шт. / га, а подрост до 20 лет насчитывал 4,8 тыс.шт. / га, то есть 72% от общей плотности. Здесь также встречался подрост кедра возрастом не более 20 лет, высотой над уровнем мохового покрова не более 15 см и численностью 2 тыс.шт. / га. На обеих площадках было достаточно много сухостоя – 0,9-1,2 тыс.шт. / га. Средняя высота сосен с учетом подроста на ряме была 1,1 м, на грядах – 0,7 м; средний диаметр у поверхности мохового покрова на ряме – 2,2 см, на грядах – 1,9 см. Таким образом, при большей плотности древостоя на грядах, деревья характеризовались меньшими средними размерами по сравнению с рямом.

Распределение соснового древостоя по возрастам на ряме и грядах грядово-мочажинного комплекса представлено на рис. 1. Характерна большая доля соснового подроста возрастом до 20 лет, на долю которой пришлось в среднем около 40%. Доля остальных возрастных групп была меньше. Очевидно, что в болотных экосистемах происходил интенсивный процесс самосева и появление большого числа молодняка. Однако, экстремальные экологические условия (недостаток элементов питания, высокая обводненность) способствовала гибели молодых сосен, лишь небольшая часть которых достигала генеративного возраста. Для возрастной структуры сосновых ценозов болот была характерна также непродолжительность жизни деревьев – их возраст не превышал 100 лет. Также было отмечено снижение возраста начала плодоношения.

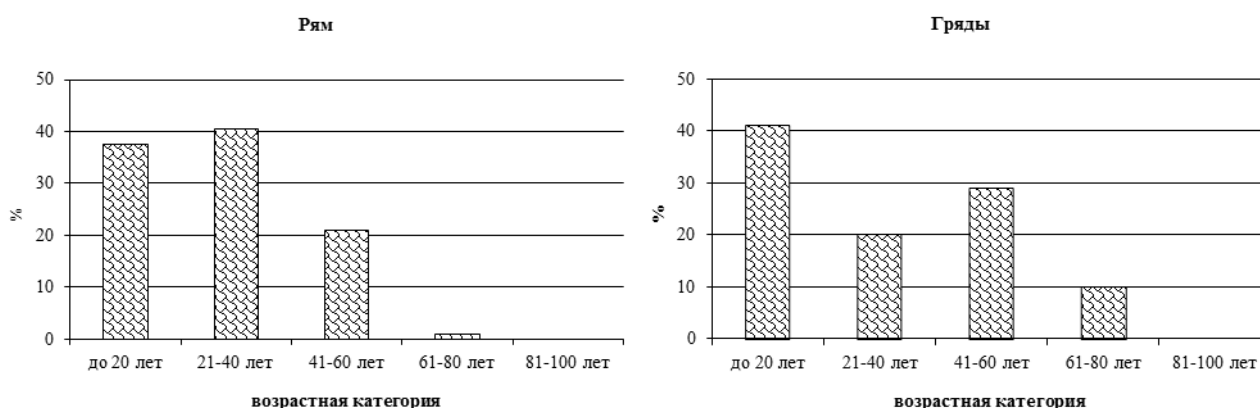


Рис. 1. Возрастная структура соснового древостоя в болотных экосистемах Бакчарского комплекса

Структура растительного вещества древесного яруса приведена на рис. 2. Запасы хвой текущего года были выше запасов побегов текущего года. Запас хвой прошлых лет превышал таковой текущего года в связи с тем, что возраст хвой был не менее четырех лет, а часто достигал шести лет. Запас органического вещества части ствола, погруженного в моховой очес, был значителен и лишь в два раза меньше, чем запас надземной части ствола. Это связано с ростом болота вверх, который обеспечивается ростом сфагновых

мхов, что приводит к постепенному погружению стволов деревьев, так же, как стволиков болотных кустарничков, в моховой покров.

В целом, основной запас фитомассы древесного яруса был сосредоточен в стволах, а доля фотосинтезирующей фитомассы составила лишь около 10% от общей. При этом с увеличением размеров деревьев наблюдалось увеличение доли многолетних нефотосинтезирующих органов. В двух болотных экосистемах были получены разные величины запасов и продукции. Хотя плотность древостоя гряд была в 3,7 раз выше, чем на ряме, общий запас растительного вещества соснового древостоя на грядах лишь в 2,3 раза превышал таковой на ряме, что связано с большими средними размерами деревьев здесь по сравнению с грядами.

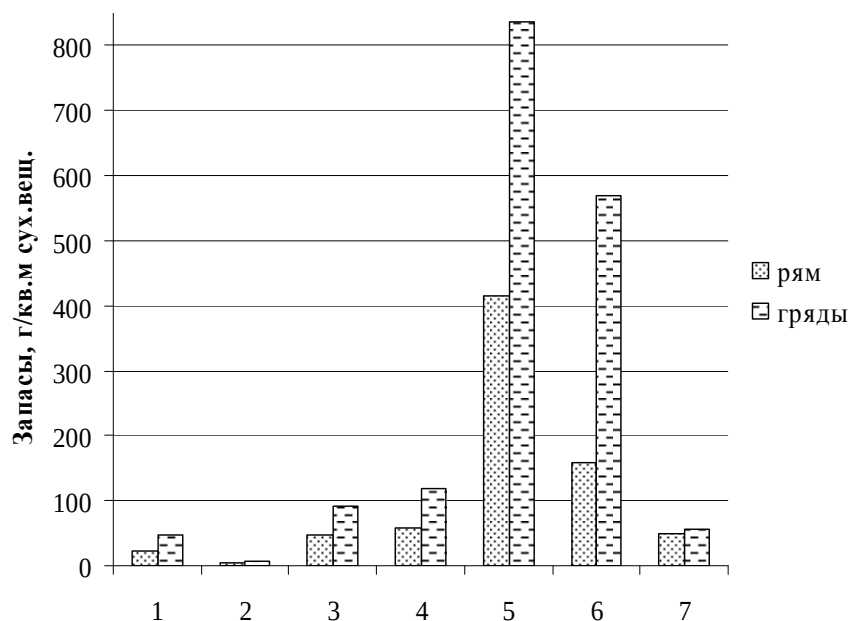


Рис. 2. Запасы различных фракций растительного вещества древесного яруса болотных экосистем:

1 – хвоя текущего года, 2 – побеги текущего года, 3 – хвоя прошлых лет, 4 – многолетние побеги, 5 – надземная часть ствола, 6 – часть ствола, погруженная в моховой очес, 7 – сухостой и ветошь

Вклад кедрового древостоя в общие запасы фитомассы древесного яруса был пренебрежимо мал.

Болотные сосняки характеризовались низкой продуктивностью, значения чистой первичной продукции сосен составили в ряме – 26, на грядах – 55 г/м² в год. Доля прироста текущего года была 3,8 и 3,4% от общей фитомассы на ряме и грядах соответственно.

Таким образом, деревья вносят существенный вклад в общий запас надземной фитомассы болот (30-40%), причем в основном за счет многолетних одревесневших органов. Однако, их вклад в формирование надземной чистой первичной продукции болотных экосистем незначителен (3-4%). Несмотря на существование значительной разницы в плотности древостоя на грядах и ряме,

разница в значениях запасов растительного вещества и надземной первичной продукции была менее выражена.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Храмов, А.А., Валущкий, В.И. Лесные и болотные фитоценозы Восточного Васюганья [Текст] / А.А. Храмов, В.И. Валущкий // Лесные и болотные фитоценозы Восточного Васюганья. – Новосибирск: Наука. Сиб. отделение, 1977. – 222 с.

2. Молчанов, А.А., Смирнов, В.В. Методика изучения прироста древесных растений [Текст] / А.А. Молчанов, В.В. Смирнов // Методика изучения прироста древесных растений. – М., 1967. – 95 с.

© Н.Г. Коронатова, Е.В. Миляева, 2011

УДК 502: 630

А.М. Косарева, Л.К. Трубина

СГГА, Новосибирск

МОРФОЛОГИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЛЬЕФА КАК ОСНОВА ОЦЕНКИ РЕКРЕАЦИОННОГО ПОТЕНЦИАЛА ТЕРРИТОРИИ

В работе представлены результаты морфологического исследования рельефа для оценки рекреационного потенциала территории на примере Маслянинского района Новосибирской области.

A.M. Kosareva, L.K. Trubina

SSGA, Novosibirsk

MORPHOLOGICAL RELIEF INVESTIGATION AS A BASIS FOR THE TERRITORY RECREATIONAL POTENTIAL ESTIMATION

The results of the relief morphological investigation as a basis for the territory recreational potential estimation are considered by the example of Maslyanino district, Novosibirsk region.

Расширение спектра рекреационной деятельности, вовлечение в рекреационный комплекс все новых территорий требует научно обоснованной оценки природно-рекреационного потенциала территорий. Базисным элементом любого природного комплекса является рельеф, который в значительной степени влияет на характер рекреационной деятельности, определяет рекреационную специфику территории, а в ряде случаев является главным природным объектом, на использовании которого основывается сама рекреационная система. В тоже время рельеф в значительной степени определяет тип природной системы, влияет на формирование почвенного и растительного покрова.

Наиболее значимыми показателями для оценки рекреационного потенциала являются глубина и густота расчленения, уклоны, экспозиции склонов. В совокупности они определяют степень доступности и проходимости территории, что особенно важно при организации зимнего туризма. По карте экспозиции склонов определяется обеспеченность рельефа солнечной энергией – важная характеристика для многих видов деятельности. Спектр экспозиций позволяет выбрать районы рекреационной деятельности различного назначения для людей разного возраста. Определять различные показатели позволяет цифровая модель рельефа (ЦМР). В тоже время она дает наглядное представление об исследуемой территории, позволяет решать ряд задач с поверхностями, которые невозможны на плоской карте.

Для комплексного анализа всех выше перечисленных свойств рельефа наиболее эффективно применение геоинформационных технологий, которые обеспечивают пространственный анализ данных, в том числе и получение морфометрических характеристик рельефа. Расширяются возможности ГИС по построению трехмерных моделей местности, картографической анимации и мультипликации, что позволяет наглядно представить вид объектов исследования и проследить их динамику во времени. Перечисленные функции реализованы и в ГИС «Карта 2008» проекта «Панорама», которая выбрана для проведения исследований.

В качестве объекта исследований среди пятнадцати административных районов Новосибирской области выбран Маслянинский район. Это обусловлено тем, что большая часть территории Новосибирской области в геоморфологическом отношении расположена на равнине, а Маслянинский район включает два природных комплекса, выгодно отличающихся от соседних природных зон: Западно-Сибирская равнина и Алтае-Салаирская горная физико-географическая страна.

Для реализации морфологических исследований выполнены следующие работы:

1) Формирование электронной карты Маслянинского района НСО масштаба 1:200 000 средствами ГИС Панорама «Карта 2008». Исходными материалами послужили листы топографических карт Маслянинского района масштабов 1:100 000 и 1: 200 000 в растровом формате.

2) Построение цифровой модели рельефа выполнено по точкам, определяющим структуру рельефа, которые набирались по ранее созданной топографической карте Маслянинского района масштаба 1: 100 000.

3) Построение карт уклонов и экспозиции склонов Маслянинского района НСО средствами ГИС Панорама «Карта 2008».

Для информационного обеспечения исследования созданы следующие слои: планово-высотная основа, гидрография, урезы воды, границы, населенные пункты, дорожная сеть, почвы, растительность и подписи. Сформирована ЦМР в виде сеточной модели с шагом 100 м. Метод построения поверхности – средневзвешенная интерполяция по восьми направлениям. Полученная цифровая матрица высот, позволила построить карты уклонов и экспозиции склонов на территорию Маслянинского района. На рис. 1 представлен фрагмент трехмерной модели рельефа северо-восточной части Маслянинского района Новосибирской области, где перепад высот составляет 250 м. На этот же участок представлена карта экспозиции склонов на рис. 2.

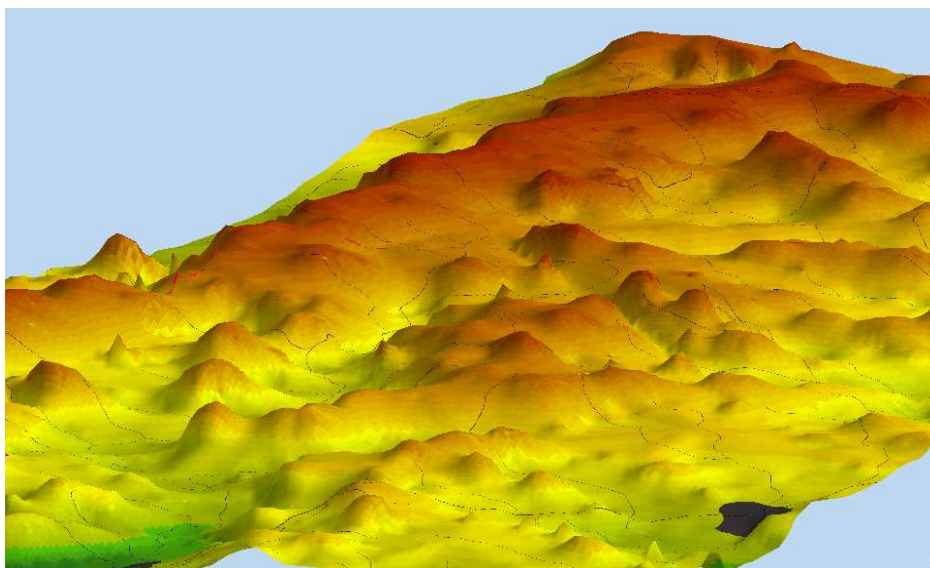


Рис. 1. Трехмерная модель рельефа Маслянинского района НСО, выполненная средствами ГИС Панорама «Карта 2008»

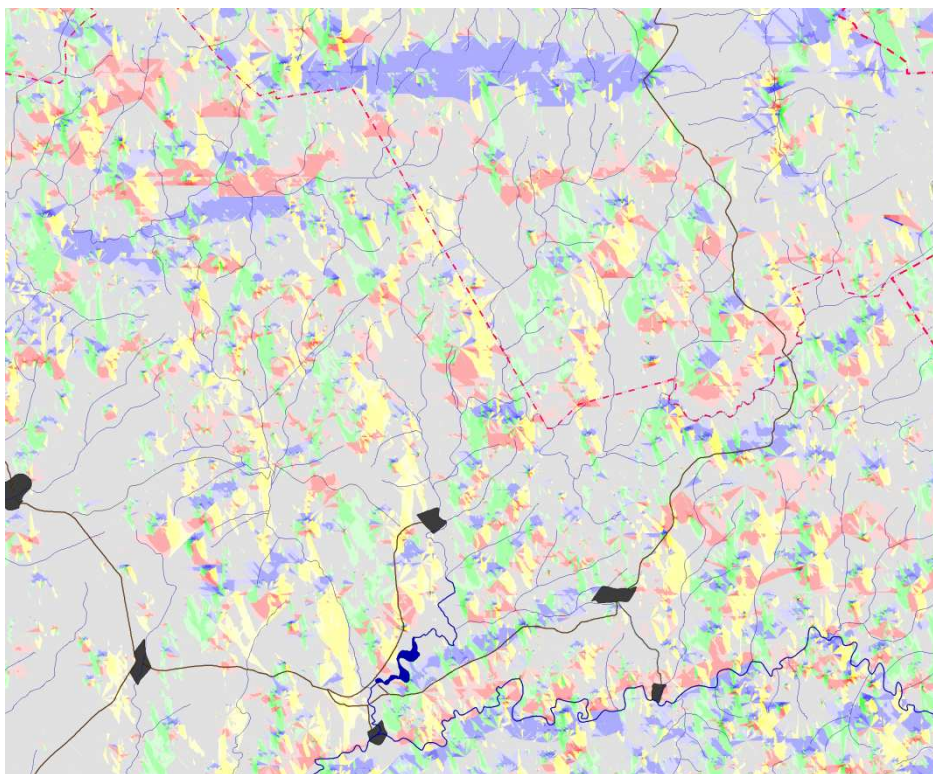


Рис. 2. Карта экспозиции склонов на территорию Маслянинского района НСО, выполненная средствами ГИС Панорама «Карта 2008» (южные склоны показаны красным цветом, северные – синим, западные – зеленым, восточные – желтым).

Таким образом, сформирована цифровая модель рельефа Маслянинского района и определены количественные характеристики морфологии рельефа. На следующем этапе предполагается анализ аттрактивных функций (привлекательности) рельефа, на основе которых удовлетворяются различные

потребности отдыхающих. В частности, выделение зон благоприятных для прогулок и созерцания, для спорта и т. д. В качестве дополнительных признаков необходимо выделить возможности зрительного восприятия тех или иных пейзажей, которые также обеспечивают функции ГИС, например, определение зоны видимости.

Следовательно, морфологическое исследование рельефа на основе ЦМР, формируемых средствами ГИС технологий, позволяет получить систему объективных показателей об особенностях территории. Они необходимы для организации разных сфер деятельности, в том числе для реализации экологического мониторинга административных районов Новосибирской области.

© А.М. Косарева, Л.К. Трубина, 2011

УДК 574.4

Н.П. Косых

ИПА СО РАН, Новосибирск

630099 Новосибирск ул. Советская, 18, факс (838)2227652,

e-mail: npkosykh@mai.ru

МОНИТОРИНГ ПРОДУКТИВНОСТИ БОЛОТНЫХ ЭКОСИСТЕМ

Прослежена динамика продуктивности болотных экосистем в наиболее заболоченной части Западной Сибири в подзоне средней тайги на грядово-мочажинном болотном массиве.

N.P. Kosykh

Institute of Soil Science and Agrochemistry SB RAS (ISSA SB RAS)

Novosibirsk, Russian Federation

MONITORING PRODUCTIVITY BOG ECOSYSTEMS

Traced trends productivity in bog ecosystems in the peatlands of Western Siberia in subzone Middle Taiga at ridge-hollow complex.

Мониторинг болотной экосистемы предполагает длительное наблюдение за изменением различных параметров. Мониторинг продуктивности определяется измерением таких параметров, как запасы фитомассы, мортмассы, общей биомассы и чистой первичной продукции в разных типах болотных экосистем в течение длительного промежутка времени. Исследования проводились в болотных экосистемах средней тайги Западной Сибири на ключевом участке, репрезентативном для данной территории, и продолжались в течение 3 лет. Ключевой участок представлен грядово-мочажинным олиготрофным выпуклым болотным массивом, где наибольшего распространения достигают экосистемы гряд и рямов (повышенные элементы рельефа), граничащие с экосистемами олиготрофных мочажин с *Carex limosa*. В местах стока болотных вод развиваются наиболее богатые экосистемы - мезотрофные мочажин, с наибольшим разнообразием видов, с более мощными осоками *Carex rostrata*, *C. aquatilis*, с хвощом и вахтой, но по площади занимающие не более 5% территории массива. Наблюдение за динамикой растительного вещества в течение ряда лет, показывает биологические процессы, происходящие в природе. Растительное вещество в болотных экосистемах состоит из запасов живой фитомассы и мортмассы, которая преобразуется в процессе разложения в торф. Болотные экосистемы занимают 24 % территории Западной Сибири, а в отдельных районах до 80%. Исследование динамики запасов растительного вещества в болотных экосистемах Западной Сибири позволит с большим пониманием отнестись к северным природным биологическим объектам –

болотам, которые являются очень уязвимыми в связи с грядущим возможным глобальным потеплением. Были исследованы основные фракции живого растительного вещества (зеленая фитомасса листьев кустарничков, вечнозеленых кустарничков, однолетняя фитомасса побегов кустарничков, зеленая фитомасса трав, подземные органы трав и кустарничков и зеленая фитомасса мхов и лишайников), которые отражают сезонную и многолетнюю динамику фракций растений-доминантов, которые вносят основной вклад в общий запас растительного вещества.

Динамика запасов растительного вещества на болотах зависит от видов доминантов и от погодных условий конкретного года. Наиболее интенсивно динамические изменения выражены в верхнем, так называемом «активном слое» до глубины 30 см от поверхности мха. Условия в мочажинах, где в отдельные годы в середине лета бывает недостаток воды, в связи с чем, рост растений приостанавливается. Если сухой период затягивается, то надземные органы растений отмирают, в то время как подземные органы остаются живыми, и как только проходит серия дождей, зеленая фитомасса вновь отрастает.

Сезонная динамика в экосистемах повышенных элементах рельефа (гряды, рямы), где доминируют кустарнички, отличается от запасов фитомассы в мочажинах, где доминантами выступают травы, осоки и пушицы. Представление о сезонной динамике запасов зеленой фитомассы можно составить по наблюдениям развития вечнозеленых, листопадных кустарничков на грядах и рямах (рис. 1). Сезонная динамика запасов зеленой фитомассы вечнозеленных кустарничков сильно отличается от динамики листопадных кустарничков. Часто максимум общей зеленой фитомассы, состоящий из генерации листьев вечнозеленых кустарничков прошлого года и весенней генерации текущего года, приходится на начало вегетационного сезона. Генерация запасов листьев текущего года может составлять 50 -67 % от общих запасов. Часто в середине вегетации запасы зеленой фитомассы уменьшаются. Последовательное цветение *Andromeda polifolia*, затем *Chamaedaphne calyculata*, *Ledum palustre* и других вечнозеленых кустарничков совпадает с массовым опадом прошлогодней листвы (Андреяшкина, Горчаковский, 1972). В зависимости от срока отбора, стадии индивидуального развития вида, погодных условий запасы общей зеленой фитомассы могут меняться. Такой характер динамики запасов листьев вечнозеленых кустарничков на грядах озерково-грядово-мочажинного комплекса среднетаежных болот наблюдался в течение нескольких лет. Величина их запасов на протяжении этого периода изменялась от 10 до 130 г/м². К концу осени запасы, как правило, минимальны (менее 20 г/м²). Сезонная динамика запасов зеленой фитомассы листопадных кустарничков, таких как *Betula nana* является одним из доминантов в экосистемах повышенных элементов рельефа и содоминантом в мезотрофных и евтрофных мочажин, в олиготрофных мочажинах он очень редок. Сезонная динамика запасов его зеленой массы практически не отличается от динамики трав.

Максимальный запас зеленых листьев кустарника достигается в середине вегетационного сезона, к концу сезона листья на ветках могут сохраняться, но

уже пожелтевшие, перешедшие во фракцию ветоши. На грядах запасы листьев березки в середине сезона максимальны.

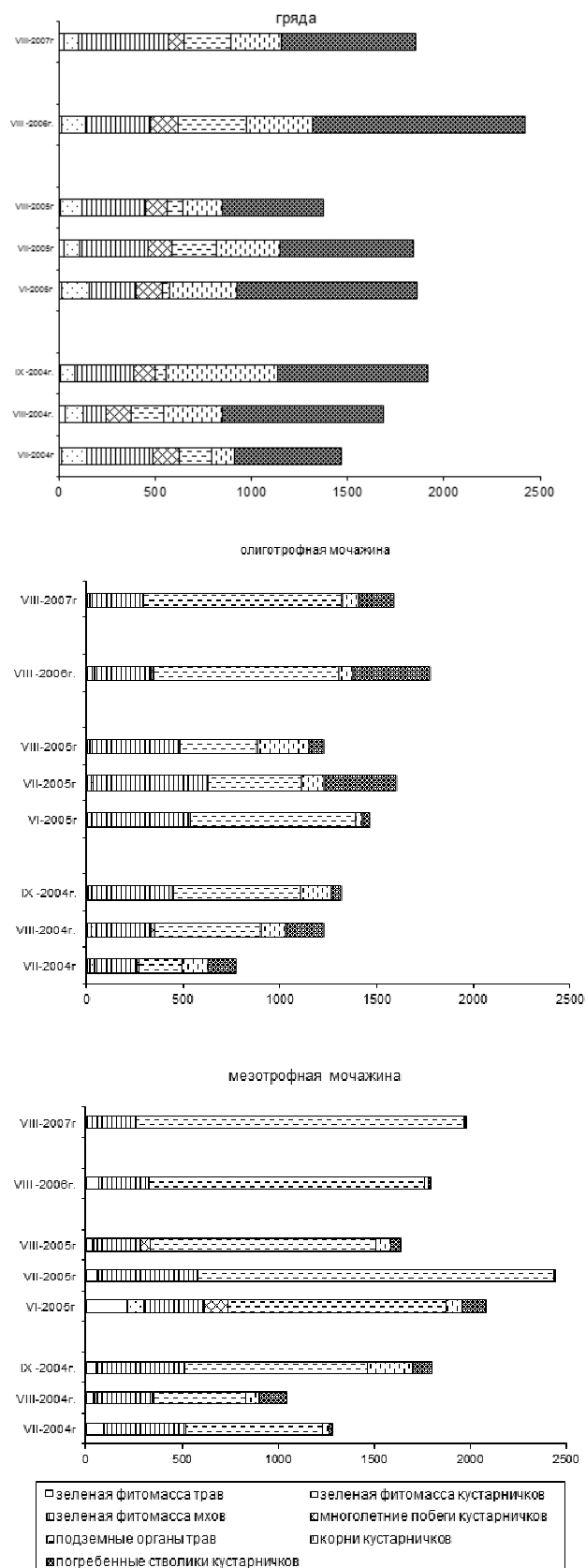


Рис. 1. Динамика запасов фитомассы в болотных экосистемах

Сезонная динамика запасов фитомассы трав на повышенных элементах рельефа - морошки (*Rubus chamaemorus*) и осок, пушиц – в мочажинах.

Морошка всегда встречается в растительном покрове гряд и рямов, но максимального развития достигает на севере зоны, особенно на буграх плоскобугристых болот. Ее максимальный запас приходится на середину сезона, осенью зеленая фитомасса отмирает, переходя в ветошь. В отдельные годы морошка находится в вегетирующем состоянии весь сезон, и в эти годы листья не отмирают, а продолжает вегетировать до заморозков.

Сезонная динамика запасов зеленой фитомассы осок и пушиц (*Carex limosa*, *C. rostrata*, *C. globularis*, *C. chordorrhiza*, *Eriophorum polystachyon*, *E. russeolum*), которые наибольшего распространения достигают в мочажинах. Максимальные их запасы в олиготрофных мочажинах составляют 27 г/м^2 , что в 3-5 раз меньше, чем в мезотрофных. В течение сезона запасы листьев этих видов могут изменяться в 9 раз, а различие между сезонными максимальными запасами составляет в среднем 10%. Максимальное их развитие приходится на середину вегетационного сезона. К осени остается часть зеленой фитомассы, которая уходит под снег и, пережив зиму, весной начинает фотосинтезировать и дает новую генерацию листьев. Такая динамика характерна для экосистем пониженных элементов рельефа. В отдельные годы происходит запаздывание развития осок и пушиц и максимум их запасов приходится на конец сезона.

Сезонная динамика запасов мхов в мочажинах (*Sphagnum balticum*, *S. fallax*, *S. lindbergii*, *S. majus*, *S. teres* и др.) очень разнообразна и для них наиболее характерны изменения фитомассы в течение сезона. В мезотрофных мочажинах северной тайги их запасы изменяются в зависимости от того, сколько фитомассы мхов осталось от предыдущего года. Если эти запасы в начале лета выше 170 г/м^2 , то уже в середине сезона синузия мхов набирает максимум (300 г/м^2). В течение зимы запас мхов может несколько снизиться (248 г/м^2), но уже к середине сезона их запас вновь достигает максимальной массы – 284 г/м^2 . Иначе происходит продукционный процесс после суровой зимы, в течение которой моховой покров разрушается и его запасы снижаются до 46 г/м^2 . Как правило до середины лета, запасы фитомассы не в состоянии восстановиться, и только в конце сезона запасы достигают максимальных значений (300 г/м^2). Моховой покров при этом равномерны и заполняет все открытые пространства между осоками. В следующем году разрушение мохового покрова повторяется, в начале вегетационного сезона запас составляет всего 29 г/м^2 , восстановление происходит в течение всего сезона масса мха и достигает 227 г/м^2 .

Таким образом на севере в мезотрофных мочажинах, пространство между осокой и пушицей летом заполнено мхом, зимой мох легко разрушается и от него остаются лишь апикальные верхушки. В течение лета происходит быстрое развитие растений, и мох вновь успевает заполнить оставшееся пустое пространство. Взрывная динамика сильно подрывает потенциал моховой синузии, максимальные запасы мха в ряду холодных лет становятся все ниже от года к году. В другой мезотрофной мочажине северной тайги, более мягкий микроклимат вблизи речки помогает мху сохраниться зимой, и таких сильных перепадов запасов фитомассы здесь нет, хотя снижение фитомассы и наблюдается в период летней засухи, после окончания которой запасы обычно повышаются.

Виды мхов (*S. balticum*, *S. lindbergii* и др.), формирующие олиготрофные мочажины северной тайги приспособлены к суровым зимам и такие экосистемы наиболее стабильны в условиях севера. В этих бедных мочажинах мхи растут плотно, их наклонный рост позволяет стеблю и веточкам сохранять способность к фотосинтезу в течение нескольких лет. Вероятно, доминанты олиготрофных мочажин севера адаптированы к условиям бедного питания и сохраняют несколько лет питательные элементы в своих зеленых частях.

Динамика запасов зеленой фитомассы в олиготрофных мочажинах на севере не выражена. Рост идет очень плавно с одновременным отмиранием и переходом нижних частей мха в ветошь. Динамика запасов зеленой фитомассы мхов южной тайги имеет выровненный характер во всех типах мочажин, как олиготрофных, так и мезотрофных. Иногда, в зависимости от конкретных погодных условий года и с небольшим максимумом или минимумом в середине вегетационного сезона.

Сезонная динамика запасов подземных органов в экосистемах гряд и рямов ярко выражена. На всех элементах микрорельефа таежной зоны максимальные запасы подземных органов приходятся на середину вегетационного сезона. Общие запасы корней в течение теплых лет увеличивались с 450 г/м² до 1340 г/м² на грядах и с 500 до 1000 г/м² на буграх. Общие запасы на буграх северной тайги в среднем на 30% ниже, чем на грядах средней тайги.

Сезонная динамика запасов подземной фитомассы в мочажинах, которая включает живую массу корней, корневищ и узлов кущения, имеет максимальные запасы в середине вегетационного сезона (1450 г/м²) с постепенным снижением к концу вегетации. Запасы подземных органов в олиготрофных мочажинах составляют 112-140 г/м², что в 2-7 раз ниже, чем в мезотрофных.

В целом динамика запасов фракций фитомассы в экосистемах болот определяется жизненной формой видов-доминантов и условиями произрастания. Характер динамики запасов фракций фитомассы определяется скоростью их формирования в конкретных экосистемах болот. Все фракции растительного вещества имеют максимум фитомассы в середине или в конце вегетационного сезона.

УДК 165:502

М.А. Креймер

СГГА, Новосибирск

ПРАВДОПОДОБНЫЕ РАССУЖДЕНИЯ В ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ

На основе эпистемологии и теории чисел обосновано построение комплексных исследований, изучаемых как геоэкология.

M.A. Kreymer

SSGA, Novosibirsk

PLAUSIBLE REASONING IN GEOECOLOGICAL RESEARCH

The construction of comprehensive research (to be taught as geoeology) is substantiated on the basis of epistemology and the theory of numbers.

Развитие научного познания с применением математики проходило в последовательности «разложения» натуральных чисел: $N \rightarrow Z \rightarrow Q \rightarrow R$. Целые числа (Z) позволяют рассматривать явления в будущем и прошлом, рациональные (Q) – заглянуть во внутрь используемой информации (внутри + форма). Вещественные или действительные числа (R) содержат объяснения о закономерностях в природе (преимущественно эволюция) и обществе (преимущественно революция и прогресс в отдельных отраслях деятельности). Большинство наук, особенно биологических, социальных и экономических развиваются в последовательности от всеобщего (философского) представления о детерминизме через причинность (как отраслевая теория) к построению функциональных закономерностей. Такая последовательность не случайна, а отражает материалистический подход: от очевидного и бесспорного к возможному, содержательному и сущему. Исследователь «сталкивается» с естественным многообразием объектов материального мира (N), придает им форму, удобную для систематизации (Q) и исследования (Z). В такой логической последовательности построено школьное образование.

В 1912 г. А.Э. Фосс в монографии о сущности математики цитирует: «... понятие числа и действий над ним есть исключительный фундамент всего математического познания»[1]. Через сто лет появилась возможность анализировать любые масштабы величин, но не используется понятие числа в образе N и возможные действия над величинами (Z , Q и R) – « ... все другие представления, содержащиеся в понятии величины, могут быть подчинены понятию числа, составляет в пределах чистой математики переход к области ее приложения»[2].

Это противоречие обнаружило свое разрешение в процессе преподавания математики. В монографии о математике и правдоподобных рассуждениях Д. Пойя в 1954 г. показал существование двух видов математического знания. «Мы закрепляем свои математические знания доказательными рассуждениями. Математическое доказательство является доказательным рассуждением, а индуктивные доводы физика, косвенные улики юриста, документальные выводы историка и статистические доводы экономиста относятся к правдоподобным рассуждениям. Различие между этими двумя типами рассуждений велико и многообразно. Доказательное рассуждение надежно, неоспоримо и окончательно. Правдоподобное рассуждение рискованно, спорно и условно» [3].

Доказательные рассуждения мы относим к последовательности $N \rightarrow Z \rightarrow Q \rightarrow R$. Поэтому «Доказательные рассуждения пронизывают науки как раз в той же мере, что и математика, но сами по себе (как и сама по себе математика) не способны давать существенно новые знания об окружающем нас мире. ... Доказательное рассуждение имеет жесткие стандарты, кодифицированные и выясненные логикой (формальной, или доказательной логикой), являющейся теорией доказательных рассуждений» [4].

Правдоподобные рассуждения строятся в последовательности $R \rightarrow N \rightarrow Z \rightarrow Q$, отражают иррациональные воззрения и приводят к идеалистическим суждениям о детерминизме, причинности и функциональности. «Все новое, что мы знаем о мире, связано с правдоподобными рассуждениями, являющимися единственным типом рассуждений, которым мы интересуемся в повседневных делах». И далее Д. Пойя в противовес материалистической модели познания конкретизирует: «Стандарты правдоподобных рассуждений текучи, и нет никакой теории таких рассуждений, которая могла бы по ясности сравниться с доказательной логикой или обладала бы с ней согласованностью» [5]. С методами {подходами, способами} правдоподобных рассуждений человек знакомится в школьной программе и осваивает в высшем учебном заведении при получении специальности.

Закладывая в основу правдоподобных рассуждений теорию чисел, мы используем следующее суждение Г. Вейля (1934 г): «Согласно современным воззрениям чистая математика представляет собою гипотетически-дедуктивное учение об отношениях, она разрабатывает теорию чистых логических форм, не заботясь о той или иной из возможных конкретных интерпретаций» [6].

В аннотации о бакалавриате приведено определение: «Геоэкология – наука о взаимосвязях природы, общества и хозяйства». Под взаимосвязями в различных областях знания можно понимать: детерминизм, причинность, функциональность. Например, Н.В. Буторина [7] в диссертации показывает, как с 1694 по 1932 годы во Франции наполнялось содержанием слово наука: *traité* (трактат), *art* (искусство), *théorie* (теория), *doctrine* (доктрина, учение), *étude* (учение) и только значительно позже как *science* (наука, первоначально «знание, умение»), по приведенной выше последовательности.

Среди различных учений о взаимодействии природы и общества в начале 90-х годов XX века была выбрана геоэкология – междисциплинарное научное

направление на стыке описательной географии и экологических вещественно-энергетических закономерностей. В государственном образовательном стандарте для комплексного подхода изучается взаимодействие географических, биологических (экологических) и социально-производственных систем.

Включение в научный оборот экологических суждений {мнений, соображений, взглядов, воззрений, понятий, представлений, предложений} однако не приблизило к решению тех задач, которые ставятся перед обновленными разделами науки о взаимодействии природы и общества.

В образовательном процессе не получается автоматического перехода от детерминизма к пониманию механизмов причинности и на их основе расчета функциональных закономерностей. Поэтому такие важные правила природопользования, как проекты норм предельно допустимых выбросов вредных веществ в атмосферный воздух, норм предельно допустимых сбросов сточных вод в водоемы, норм образования и размещения бытовых и промышленных отходов не получили строгих {классических, правильных} аналитических вычислений.

В такой же ситуации находятся нормативные требования к размерам санитарно-защитных зон вокруг источников загрязнения атмосферного воздуха, зон санитарной охраны источников централизованного водоснабжения, водоохраных зон, зон санитарной (горно-санитарной) охраны курортных местностей. Они отражают опыт поколений, основанный на ошибках и просчетах, а не вывод научной теории.

Еще в большей неопределенности в аналитическом обеспечении находится разработка документов по оценке воздействия объектов предполагаемого строительства на окружающую природную среду (например, методика Международной ассоциации оценки воздействия на окружающую среду; IAIA, International Association for Impact Assessment).

Исходя из природного детерминизма и отраслевых суждений о причинности, предлагается выявлять закономерности функционального характера, интенсивность и степень опасности влияния любого вида планируемой хозяйственной деятельности на состояние окружающей среды и здоровье населения. Для этого используются сведения о природе, обществе и хозяйственной деятельности, которые в учебном процессе разнесены по отдельным дисциплинам. Большинство дисциплин, как отраслевые знания, имеют генетическую общность, то есть не имеют оригинальный объект исследования и содержание предмета изучаемых явлений.

В автореферате Н.В. Буторина, анализируя названия наук (дисциплин в учебном процессе) приводит следующее. Первая часть обычно обозначает объект науки: bios «жизнь», geo «земля», astron «звезда» (вместе комплексная наука – геоэкология). Вторая часть – форманты, характеризующие творческое действие человека, которое гармонизирует с используемыми математическими величинами.

В государственном образовательном стандарте предложены дисциплины, которые свою специализацию проводили с учетом возможности анализировать определенные математические величины и закономерности между ними. Можно предложить следующую классификацию. В области вещественных

(действительных) величин (R) расположились такие дисциплины, как геохимия окружающей среды, охрана окружающей среды, экономика природопользования и др. В области натуральных чисел (N) – общая экология, **экологический мониторинг**, учения об атмосфере и гидросфере. В области целых величин (Z) – экология человека, социальная экология, правовые основы природопользования и др. В области рациональных чисел (Q) – биоразнообразие, учение о биосфере, ландшафтоведение и др. Большинство новых дисциплин занимает пограничное положение: нормирование и снижение загрязнения окружающей среды; **техногенные системы и экологический риск; устойчивое развитие и др.**

	R	N	Z	Q
форманты	-nomia гр. <i>nomos</i> «закон»	-logia гр. <i>logos</i> «речь, учение»	-graphia гр. <i>grapho</i> «пишу»	-metria гр. <i>metreō</i> «измеряю»
синонимы		доклад, информация, отчет, обозрение, система, концепция, построение	строчу, чиркаю, сочиняю, рисую	обмеряю, вымеряю
Распределение по частоте встречаемости, %	2	73	14	11
Показатели	удельные, плотность	абсолютные признаки	коэффициент	доля

Образовательный процесс в школе может быть построен только по материалистической программе, реализующей в следующую последовательность $N \rightarrow Z \rightarrow Q \rightarrow R$. Вузовское образование, как специализация по управлению взаимосвязями между природой, обществом и хозяйством должно строиться по дисциплинам в следующей последовательности $R \rightarrow N \rightarrow Q \rightarrow Z$. Это идеалистическая методология, противоположная школьной любознательности. Для геоэкологии (или любой специальности по природоохранной деятельности) эта формула раскрывается следующим образом.

Величины R характеризуются удельными показателями, плотностью, кларками химических элементов, технофильностью, биофильностью, микроэлементами, значениями ингредиентов, превышающих предельно допустимые концентрации и т.д. Все эти количественные характеристики, по первому биогеохимическому принципу В.И. Вернадского свидетельствуют: «Биогенная миграция атомов химических элементов в биосфере всегда стремится к максимальному своему проявлению»[8].

Величины N представляют многообразие объектов растительного, животного мира и пограничных форм. Живое вещество по третьему принципу В.И. Вернадского характеризуется тем, что: «... с криптозооя, заселение планеты должно было быть максимально возможное для всего живого вещества ...»[8].

Пределы биосферы устанавливаются круговоротами химических веществ и их соединений на Земле. Количество подвижных атомов зависит от химического состава планеты и солнечной активности.

Величины Q характеризуют естественное многообразие, которое во времени не образуется за счет математического правила $N+1$. Осуществление биогеохимической функции (второй принцип В.И. Вернадского) приводит к тому, что «Эволюция видов в ходе геологического времени, приводящая к созданию форм жизни устойчивых в биосфере, идет в направлении, увеличивающем биогенную миграцию атомов биосферы»[8].

Величины Z характеризуют потребляемое человеком многообразие элементов окружающей среды. В сравнении с N они дают количественную оценку уменьшающемуся биоразнообразию, снижению устойчивого развития.

Несмотря на количественные величины, выводы в геоэкологии строятся как правдоподобные рассуждения, так как в биосфере процессы, описываемые R , приводят к поддержанию определенного уровня величины N . Только живое вещество увеличивает многообразие, но уже вовнутрь своей системы, описываемое величинами Q . Человек активно вносит новые объекты, описываемые величинами Z . Поэтому доказательные рассуждения «обрываются» там, где человек становится активной геологической силой в биогеохимических процессах, направление, масштабы и последовательность которых не изучена как величина R .

Геоэкология, или наука такого назначения, должна строиться не от вида, описываемого в номенклатурах [9], или ландшафтоведении, а от высшего таксона, являющегося живым веществом. Как математическое выражение она должна быть представлена в сепарабельном множестве в виде $N-1$. Математическая суть любых наук состоит в следующем: пересчитать N и построить всюду плотное множество, что является основанием для использования доказательных рассуждений.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Фосс А.Э. Сущность математики [Текст] / А.Э. Фосс. Пер. с нем. Изд. 3-е. – М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2009.—120 с. (С. 17).
2. Там же, С. 15.
3. Пойа Д. Математика и правдоподобные рассуждения [Текст] Д. Пойа. Пер. с англ. И.А. Вайнштейна, под ред. С.А. Яновской. Изд. 2-е, испр. – М.: Наука, 1975. – 464 с. (С. 14).
4. Там же, С. 15.
5. Там же, С. 15.
6. Вейль Г. О философии математики: [Текст] Г. Вейль Пер. с нем. / Предисл. С.А.Яновской. Вступ. ст. А.П.Юшкевича. Изд.2-е, стереотипное. — М.: КомКнига, 2005. — 128 с. (С. 56).
7. Буторина Н. В. Наименования наук и их производные в диахронии и синхронии. (на материале романских, германских и русского языков). Специальность 10.02.19 – теория языка. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата филологических наук. Ижевск, 2009. – 26 с.

8. Вернадский В.И. Химическое строение биосферы Земли и ее окружения. [Текст] В.И. Вернадский. – М.: Наука, 2001. – 376 с.

9. Международный кодекс ботанической номенклатуры (Сент-Луисский Кодекс), принятый 16-м Международным ботаническим конгрессом, Сент-Луис, Миссури, июль-август, 1999 г. Перевод с англ. СПб.: Издательство СПХФА, 2001 – 210 с.; Международный кодекс зоологической номенклатуры. Издание 4-е. Принят Международным союзом биологических наук: Перевод с англ. И франц. Второе, исправленное издание русского перевода. – М.: Т-во научных изданий КМК, 2004. – 223 с.

© М.А. Креймер, 2011

УДК 630.181

Е.В. Миляева

Учреждение Российской академии наук Институт почвоведения и агрохимии
Сибирского отделения РАН, Новосибирск
СГГА, Новосибирск

ЛОКАЛЬНО-КАТАСТРОФИЧЕСКИЕ СУКЦЕССИИ БОЛОТНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ В ЗОНАХ ТЕХНОГЕННОГО НАРУШЕНИЯ НА ТЕРРИТОРИИ ТАЕЖНОЙ ЗОНЫ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Проведенные исследования сукцессий растительности, вызванных строительством дорожного полотна поперек стока болотных вод, показали, что за двадцать лет функционирования дороги меняется фациальная структура болотных экосистем, количество микрокомбинаций между видами болотной экологии возрастает, общее количество видов практически не меняется.

E.V. Milyaeva

Institute of Soil Science and Agrochemistry, SB RAS
18 Sovetskaya ul., Novosibirsk, 630099, Russia
Siberian State Academy of Geodesy (SSGA)
10 Plakhotnogo Ul., Novosibirsk, 630108, Russian Federation

LOCAL CATASTROPHIC MIRE VEGETATION FLUCTUATIONS IN TECHNOGENIC DISTURBANCE ZONES OF WEST SIBERIAN TAIGA TERRITORIES

The research of vegetation fluctuations caused by the construction of the roadway across the swamp waters run-off revealed that for the twenty years of the road functioning the structure of the mire ecosystems has changed, the number of mire vegetation species microcombinations has grown, with the total number of species being practically invariable.

В настоящее время происходит интенсивная потеря биологического и ландшафтного разнообразия, вызванная антропогенезом.

Нефтегазодобывающая промышленность в таежной зоне Западной Сибири является основным агентом воздействия на природные экосистемы. Основная нагрузка на ландшафт осуществляется за счет строительства и эксплуатации коридоров коммуникаций, дорог, площадок кустового бурения и разведочных скважин, ДНС и других технологических сооружений, карьеров, штабелей грунта. Наиболее ранимы при антропогенном воздействии болотные комплексы и заболоченные земли.

Целью данного сообщения является анализ временных изменений в растительности болотных экосистем, связанных с прямым и опосредованным антропогенным воздействием.

Растительность является источником разнообразных биоресурсов, как важный компонент природных геосистем, функционально контролирующей в них развитие и интенсивность многих процессов, а также как точный индикатор состояния окружающей среды, подвергающейся воздействию различных антропогенных факторов.

Возникающие изменения в структуре и функционировании растительных сообществ изучаются нами для оценки состояния экосистем, их сукцессионной динамики, появления техногенных модификаций растительности на нарушенных землях.

Объектом исследования были придорожные болотные массивы средней тайги Западной Сибири с нарушенной гидрологической составляющей. Рассматриваемый регион расположен в пределах таежного ботанико-географического района. По районированию Е.А. Романовой [1], он относится к зоне выпуклых олиготрофных сфагновых болот, занимающих значительную часть территории Обь-Иртышского междуречья.

Для выявления сукцессионных изменений в растительности грядово-мочажинных болот при эксплуатации дорожного полотна были выбраны три участка, представляющие собой трансекты, проложенные через дорожное полотно. Они представляют разные стадии развития растительности олиготрофного болота и различаются по условиям обводнения, что позволяет сделать некоторую привязку основных характеристик растительного покрова (состав и структура) к соответствующим амплитудам уровней болотных вод. Структура растительного покрова болот изучалась на ценотическом уровне. Выделен ряд повторяющихся структурных элементов-микроэкосистем, образовавшихся в результате неравноценности местообитаний в условиях микро- и нанорельефа. Микроэкосистемы выступают элементарными единицами растительного покрова положительных (кочки, гряды) и отрицательных (западины, мочажины) форм микрорельефа болота, а сочетание этих форм микрорельефа характеризует комплексное строение олиготрофных болотных участков – грядово-мочажинный, западинный и кочкарно-мочажинный комплексы. Микроэкосистемы представляет собой микроассоциации однородные по видовому составу всех ярусов.

Первая площадка располагается на территории природного парка «Кондинские озера», который был принят за эталонный (координаты 60°51'16,6" с.ш., 63°30'14,2" в.д.). Она расположена в западном комплексе с сосново-кустарничково-пушицево-сфагновыми сообществами – рям. Рям – болотная экосистема с хорошо развитым древесным ярусом. Он размещается в окраинной части Кондинского болотного массива и образован при постепенном заболачивании и вымирании соснового леса на сфагновом покрове под влиянием стока болотных вод. Уровень болотных вод (УБВ) – 10 см. Древесный ярус образует *Pinus sylvestris*, сомкнутость крон 0,3, высота 2-4 м, V класс бонитета. Травяно-кустарничковый ярус (*Andromeda polifolia*, *Rubus chamaemorus*,

Oxycoccus microcarpus, *Vaccinium uliginosum*, *Ledum palustre*, *Chamaedaphne calyculata*) хорошо развит на кочках, слабее в западинах (обильна *Eriophorum vaginatum*). Сфагновый покров сплошной, на кочках образован *Sphagnum fuscum* с примесью *Sphagnum magellanicum*, в западинах господствует *Sphagnum balticum*, иногда *Sphagnum obtusum*, *Sphagnum fallax*. В примеси к сфагновым мхам встречается печеночник *Mylia anomala*, характерно отсутствие лишайников и зеленых мхов.

Вторая площадка (координаты 60056¹/29,8¹¹ с.ш., 63044¹/14,5¹¹ в.д.) располагается на осушаемой части болотного комплекса. Он включает три элемента – типичные кочки, они занимают 40 % площади, высота их колеблется в пределах от 30 до 55 см и от 0,3 до 2 м в поперечнике; мочажины узкой вытянутой формы от 0,2 до 0,5 м шириной и 0,5- 0, 7 м длиной (занимают 50 %); притопленные гряды (10 %) – западины связывают кочки и мочажины. Всем сообществам комплекса свойствен полидоминантный моховой покров, что свидетельствует об интенсивных динамических процессах, протекающих в осушаемой части комплекса. На этом участке болота происходит увеличение площади, занимаемой кочками за счет поднятия западинок-мостиков соединяющих кочки между собой. Увеличивается количество подроста *Pinus silvestris* и *Betula verrucosa*, которые поселяются на кочках.

На третьей площадке (координаты 60056¹/10,6¹¹ с.ш., 63043¹/36,1¹¹ в.д.), находящейся в условиях наиболее сильного обводнения грядово-мочажинный комплекс пушицево-сфагновых сообществ на грядах, сфагновых в мочажинах. Болотные воды находятся на уровне головок мочажинных мхов. Микрорельеф участка представлен сочетанием притопленных вытянутых смыкающихся гряд длиной 1–5 м и высотой до 30 см и крупных обводненных мочажин шириной 5 –10 м и длиной от 7 м и более. Соотношение гряд и мочажин (в %) 10 к 90. В мочажинах травянистые растения (*Scheuchzeria palustris*, *Carex limosa*, *Eriophorum vaginatum*) образуют разреженный ярус, из кустарничков распространена клюква (*Oxycoccus microcarpus*), на притопленных грядах – *Chamaedaphne calyculata*. Моховой покров образован *Sphagnum balticum*, на бугорках иногда обилен *Sphagnum magellanicum*. На экспериментальных площадках было выделено 35 микроэкосистем.

За двадцать лет функционирования дороги произошли следующие изменения: при увеличении уровня болотных вод на участке три изменилась фациальная структура ассоциации. Площадь гряд с признаками подтопления не изменилась, понизилась высота их до 10–15 см. Отмечается преобладание процессов денудации гряды и расширения площади мочажины. В воде появляется пузырчатка (*Utricularia vulgaris*).

На участке, испытывающим дополнительный дренаж, увеличивается количество кочек, выделяется 43 микроассоциации растительности. Для участка характерен процесс сокращения площади мочажин. Высота кочек возрастает до 70 см. Зарастающие мочажины продольной вытянутой формы – от 0,5 до 1,5 м. Соотношение кочек и мочажин 80 к 20 %, при этом 30 % площади заняты древесным подростом. О понижении уровня грунтовых вод говорит наличие березы бородавчатой, которая в настоящее время занимает около 5% покрытия в

древесном ярусе. Кустарничковый ярус сменил доминанты – вместо кассандры доминирует карликовая береза (*Betula nana*), андромеда (*Andromeda polifolia*), подрост березы бородавчатой представлен в значительном количестве (8–10 особей на м²) в значительном количестве разрослись клюква мелкоплодная (*Oxycoccus microcarpus*) и клюква болотная (*Oxycoccus palustris*) (рис.1).

Реакция болотных экосистем на техногенное воздействие выразилась в изменении проективного покрытия популяций отдельных видов, уменьшение обводненности с одной стороны и увеличение с другой стороны трансекта вызвало изменение количества микроассоциаций, увеличение микрокомплексности с одной стороны и увеличение с другой количественных характеристик видового разнообразия и изменения продуктивности отдельных видов.

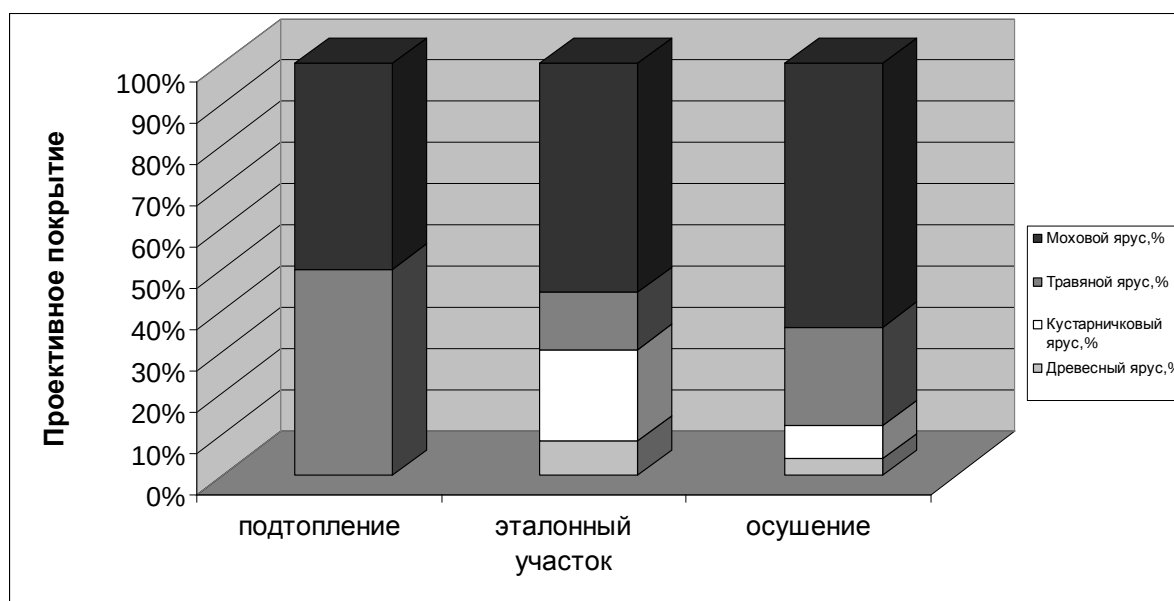


Рис. 1. Распределение растительности по трансекту

ВЫВОДЫ

На подтопленном участке древесный ярус выпал за счет повышения уровня болотных вод (рис. 1).

Потери площади проективного покрытия кустарничкового яруса составили на подтопленном участке 20%, на дренирующемся участке происходит смена в видовом составе кустарничкового яруса – выпадают *Ledum palustre*, *Chamaedaphne calyculata*, на свободное место заселяется *Betula nana*.

При подсчете коэффициента общности Жаккара между эталонным участком и нарушенными экосистемами было установлено, что общими для трех площадок являются два вида – *Drosera rotundifolia*, *Andromeda polifolia*; для эталонного и дренируемого – 6 видов (1 дерево, 1 кустарничек, два вида трав и два вида мхов), коэффициент общности получился 19 %; для подтопленного и эталонного так же шесть видов (два кустарничка, одно травянистое растение и три вида мхов), коэффициент общности составил 22 %. Следовательно, количество микрокомбинаций между видами болотной экологии возрастает при

антропогенных нарушениях, вызывающих смену гидрологического режима, а общее количество видов практически не меняется.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Романова Е. А. Районирование болотных ландшафтов зоны выпуклых олиготрофных (сфагновых) болот // Болота Западной Сибири, их строение и гидрологический режим. – Л.: Наука, 1976.

©Е.В. Миляева, 2011

УДК 528.9:598.2

В.А. Юдкин

ИСиЭЖ СО РАН, СГГА, Новосибирск

СПОСОБЫ КАРТОГРАФИЧЕСКОГО ОТОБРАЖЕНИЯ ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЖИВОТНЫХ

В докладе обсуждаются проблемы отображения пространственной неоднородности распределения животных. Предложен способ крупномасштабного картографирования на основе исходной грид-карты, тогда как для мелкомасштабных карт требуется комплекс способов. Репрезентативность плотностных показателей характеризуется рассчитанными для выборочных данных статистическими параметрами.

V. A. Yudkin

Institute of Systematic and Ecology of Animals Siberian Branch Russian Academy of Sciences, Siberian State Academy of Geodesy, Novosibirsk

THE METHODS OF MAPPING OF ANIMAL SPATIAL DISTRIBUTION

In report are considered problems of representation of animal spatial distribution. The grid-method of representation of distribution on large-scale maps was suggested, while for the small-scale maps the battery of methods was needed. The representativeness of density indexes was characterized by statistical parameters, which was calculated on empirical sampled data.

Количественная характеристика пространственного распределения зоологического вида - это пространственная неоднородность его плотности. Картографирование распределения животных сопряжено с рядом методических трудностей, поскольку животные являются весьма подвижными объектами, на каждой части пространства вероятность появления особи различная.

Предлагались различные способы отображения неоднородности распределения отдельных видов, но в подавляющем большинстве своем они не позволили достичь цели. Самая большая проблемка при этом – на сколько адекватно полученные карты отражают реальность. Степень адекватности, как правило, не проверяется авторами и не может быть оперативно проверена пользователями.

Логически непротиворечивый способ картографического отображения распределения вида возможен при картографировании в крупном масштабе. При этом неоднородность распределения того или иного вида можно охарактеризовать классическим для таких явлений способом – предварительно разделив все пространство на наименьшие пространственные единицы рассмотрения (Харвей, 1974). Для каждой наименьшей единицы дается единая

характеристика плотности вида или его численности в ней. Основной особенностью всех зоологических карт является то, что численные характеристики пространственных выделов приходится моделировать (Чельцов-Бебутов, 1976; Тупикова, 1969; Тупикова, Комарова, 1979), поскольку эмпирическими данными в лучшем случае обеспечено не более 0,1% площади. Известны лишь единичные малые участки (площадью не более 230 км²) для которых такая обеспеченность составляет около 10%. Модельные количественные характеристики являются производными эмпирических данных, а репрезентативность модельных показателей характеризуется на основе статистических параметров, рассчитанных только на эмпирических данных. Легенда этой карты представима в виде шкалы. Интервалы шкалы выбираются таким образом, что бы они не были меньше доверительных интервалов. Этот подход отработан для практических целей, а его сущность и результаты реализации неоднократно публиковались (Юдкин, 2004, 2007, 2009).

Полученные крупномасштабные карты иллюстрируют чрезвычайную сложность и мозаичность распределения. Поэтому простая генерализация для построения карт более мелкого масштаба сталкивается с трудностями выделения каких-либо площадей с определенным уровнем плотности. Вторая, более существенная проблема для генерализации, – это малочисленность крупномасштабных карт, основанных на грид-структуре, поскольку создание подобных карт чрезвычайно трудоемкое и затратное.

В настоящее время более реальным может быть моделирование неоднородности распределения животных непосредственно в среднем или мелком масштабе. Такое моделирование возможно проводить на основе выборочных эмпирических данных, концепции экологической ниши и с использованием материалов дистанционного зондирования земли. К настоящему времени имеются исследования на обширном количественном материале, в результате которых созданы формализованные представления о параметрах экологической ниши, их маркерах и созданы математические модели, описывающие зависимость плотности птиц от совокупного проявления факторов, формирующих параметры ниши (Юдкин, 2000, 2002, 2009).

Этот подход реализован для построения карт распределения птиц на территории Западно-Сибирской равнины (оптимальный масштаб 1:10 000 000). Для математико-картографического моделирования в качестве выборочных эмпирических данных использованы результаты учетов птиц, проведенных в 1020 территориальных выделах в разные годы в разных районах Равнины. Пространственная информация о соответствии условий экологической нише получена при анализе космических снимков. В частности информация о двух из наиболее значимых факторов – увлажненности и обводнённости – получена со снимков разрешения 250 м, сделанных в июле по каналу 0,7–0,9 мкм (Terra-Modis). Данные о лесопокрытой площади, о характере сочетания участков, занятых древостоями, с открытыми пространствами, а также о значительных площадях с обширными тростниковыми займищами и зарослями кустарников, получены с космических снимков такого же разрешения, но сделанных в ноябре и декабре. Более детальный анализ отдельных участков Западно-Сибирской

равнины выполнен по снимкам Landsat разрешением 10-15 м, снятым в те же фенологические периоды. Данные о проявлении широтно-климатического фактора заимствованы из Климатического атласа СССР [1966].

Учитывая чрезвычайную сложность явления – неоднородности распределения вида – для его пространственной характеристики на карте отображаются 3 параметра: тип распределения, актуальная плотность вида и его плотностный потенциал. Для карты используются представления о распределении трех типов: сплошное, пятнистое и спорадичное (Пианка, 1981). Под сплошным понимается распределение, при котором вид обнаружится более, чем на трети участков, площадью 5 км^2 , при условии случайного выбора таких участков в пределах изображенного контура. Пятнистое распределение предполагает закономерное чередование таких по величине участков, заселенных видом, с 5-10 участками, где вид не обнаружится (также при случайном выборе таких участков в пределах обозначенных контуров). Спорадичное распределение характеризуется тем, что на подавляющей части площади вид, как правило, не встречается, но вероятность, хоть и незначительная, встретить отдельных особей или локальные группировки все же существует.

Первые два типа отображаются способом картограммы. Первый из этих типов обозначен «теплыми» цветами спектра, второй – «холодными». Приведенные для них плотностные характеристики, которые представлены в виде доверительных интервалов при 95% уровне значимости, являются результатом расчета по всем имеющимся эмпирическим данным, подпадающим под соответствующие типы распределения. Доверительный интервал в данном случае является и статистической характеристикой репрезентативности модельных значений плотности вида. Третий тип – спорадичное распределение, отображен способом качественного фона. Ему удобнее задавать белый цвет.

Основные пространственные тенденции плотностного потенциала вида обозначены способом изолиний. Числа, изображенные на линиях, означают возможность максимального обилия на самых благоприятных участках (независимо от типа распределения). Все количественные характеристики на картах приводятся из расчета на условный квадрат площадью 5 км^2 .

Легенда представима в виде трех шкал. Первая, идеализированная, дается для характеристики плотностного потенциала. Две другие, для характеристики плотности при сплошном и пятнистом типах распределения. Интервалы этих двух шкал основаны на расчетах доверительных интервалов эмпирических данных, полученных на пространствах, подпадающих под характеристики данного типа распределения.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Пианка Э. Эволюционная экология: Пер. с англ./Перевод Гилярова А.М., Матвеева В.Ф. [Текст] / Э. Пианка; – М.: Мир, 1981. – 400 с.
2. Тупикова Н.В. Зоологическое картографирование [Текст] / Н.В. Тупикова. М.: Изд-во МГУ, 1969. – 249 с.

3. Тупикова Н.В., Комарова Л.В. Принципы и методы зоологического картографирования [Текст] / Н. В. Тупикова. М.: Изд-во МГУ, 1979. – 190 с.
4. Харвей Д. Научное объяснение в географии [Текст] / Д. Харвей. — М.: Прогресс, 1974. — 502 с.
5. Чельцов-Бебутов А.М. Зоогеографическое картографирование: основные принципы и положения [Текст] / А. М. Чельцов-Бебутов // Вестник МГУ. Сер. География. – 1976. – № 2. – С. 50-56.
6. Юдкин В.А. Некоторые особенности картографирования биологических объектов при создании мониторинговых ГИС [Текст] / В. А. Юдкин // Интеркарто/ИнтерГИС-10: устойчивое развитие территорий: геоинформационное обеспечение и практический опыт. Материалы Международной конференции, Владивосток, Чаньчунь (КНР), 12-19 июля 2004 г. – Владивосток-Чаньчунь, 2004. -570-574 с.
7. Юдкин В.А. Опыт математико-картографического моделирования распределения птиц [Текст] / В. А. Юдкин // Вычислительные технологии. Том 12, Специальный выпуск 1, 2007, с. 153 – 167.
8. Юдкин В.А. Экологические аспекты географии птиц Северной Евразии [Текст] / В.А. Юдкин – Новосибирск: Наука, 2009. – 408 с., [1,8] л. вкл.

© В.А. Юдкин, 2011

УДК 551

Н.И. Михайлова

ВКГУ им. С. Аманжолова, Усть-Каменогорск, Казахстан

А.Н. Логиновская

ВКГТУ им. Д. Серикбаева, Усть-Каменогорск, Казахстан

ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ИСТОРИЯ И СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ГИДРОЛОГИЧЕСКОЙ СЕТИ ЛЕВОБЕРЕЖЬЯ ИРТЫША

Рассматриваются вопросы геологической истории, происхождения и возраста левобережной сети Иртыша. Дана характеристика гидрологического режима и многолетней изменчивости стока левых притоков в бассейне верхнего Иртыша.

N.I. Mihailova

East Kazakhstan State University after S. Amanzolov,
34 30-Gv. Divisii st., Ust-Kamenogorsk c., 070007 Republic of Kazakhstan

A.N. Loginovskaya

East Kazakhstan State Technical University after D. Serikbayev,
69 Protozanov st., Ust-Kamenogorsk c., 070004 Republic of Kazakhstan

GEOLOGICAL HISTORY AND MODERN CONDITION OF GIDROLOGICAL NET OF LEFT BANK IRTYSH

It is looked the questions of geological history, age of left bank net of Irtysh. It was given the characteristic of gidrological regimes changes of mix waters of left tributary in the basin high Irtysh.

Республика Казахстан относится к числу вододефицитных. Система Зайсан-Иртыш является крупнейшей речной системой Республики Казахстан, поэтому понятен к ней интерес специалистов разных направлений. К сожалению, река оказалась в настоящее время трансграничной, со всеми вытекающими последствиями. Уже сейчас, по данным гидропоста в пос. Буран, безвозвратный отъем воды Китаем составляет два миллиона кубометров в год. Возможно, это обстоятельство послужило причиной снижения уровня воды в Зайсанской части Бухтарминского водохранилища на три метра. Что ждет систему Зайсан – Иртыш через 100-500 и далее лет? Чтобы прогнозировать будущее системы надо знать закономерности ее развития в прошлом. И на этом основании разрабатывать программы природопользования на будущее.

За более чем столетнюю историю изучения гидрографической сети Юго-Западного Алтая были решены основные проблемы. Было доказано, что структурный план речных систем консервативен, то есть не изменился по крайней мере с олигоцена и до наших дней. В работах Чумакова И.С.,

Селиверстова Ю.П., Ерофеева В.С. и др. приводится обширный доказательный материал [1, 3, 4, 8, 10]. До сих пор остаются дискуссионными вопросы возраста и происхождения речных систем Юго-Западного Алтая.

История левобережных притоков тесно связана с происхождением и возрастом р. Иртыш. В раннем и начале позднего палеозоя между Сибирским и Казахским материками по представлениям Зоненшайна Л.Б. располагаются Иртыш-Заисанский, Джунгарский и др. океанические бассейны [5]. В них накапливаются мощные вулканогенно-осадочные толщи, будущая земная твердь Алтая. К концу намюра от океанических бассейнов сохраняется на какое-то время остаточный реликтовый морской бассейн. Его положение маркируется распространениями морских отложений в полосе от с. Белая Церковь через р. Кокпеты, р. Буконь, сопку Чекельмес в Заисанской впадине и Кендерлыкскую структуру. Эти отложения перекрываются толщей песчаников и алевролитов с конгломератами, местами угленосными растительными остатками.

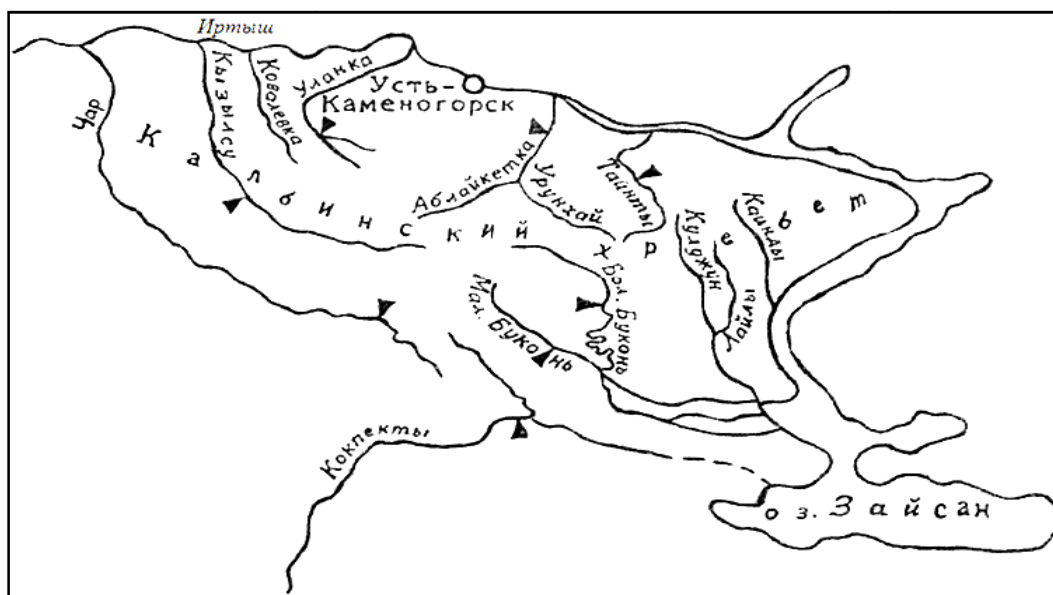


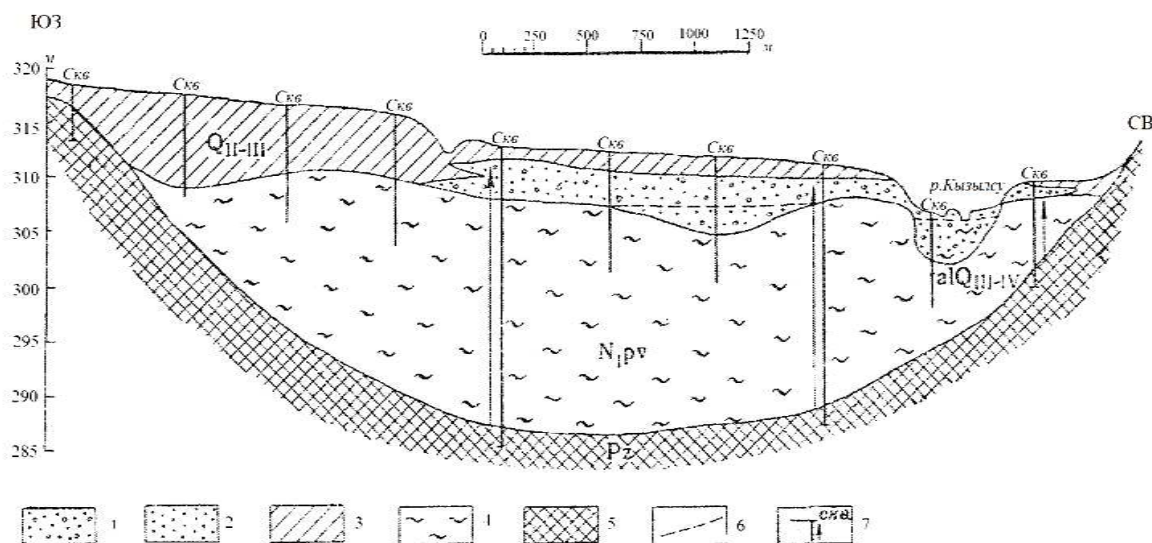
Рис. 1. Орогидрографическая схема территории водосборного бассейна левобережных притоков Иртыша

На остальной территории возникла земная кора Алтая в виде суши. От палеоокеанов остается шовная зона. Возможно это современная Иртышская зона смятия. Во второй половине каменноугольного периода это понижение в рельефе, названное Н.Б. Кассиным Иртышским понижением, так же было приемником стока [6]. Эта зона картируется небольшими месторождениями углей и углепроявлений от р. Алей до р. Малоубинка. В основании угленосных отложений залегают конгломераты. Возможно, рельеф был достаточно высоким и расчлененным. Значительная часть той океанской коры скорее всего, была переработана в зонах субдукции.

Судя по угленосности влажность была достаточной, а это предполагает наличие речного стока во внутренние области стока. За поздний карбон и пермь герцинский рельеф и реки были трансформированы эрозией и денудацией.

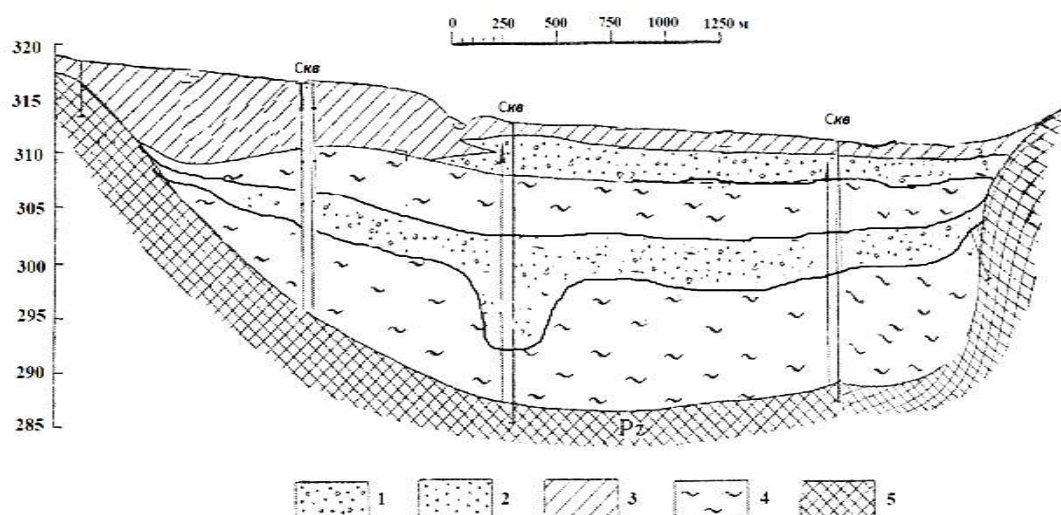
В триасе Саур-Тарбагатай испытывает быстрое поднятие, которое распространяется и на блок Калбы. Формируется новый мезозойский рельеф и мезозойские реки. По мнению Н.Б. Кассина одновременно начинается формирование речная сеть будущего Калбинского нагорья, по-видимому, Иртышское понижение остается базисом стока.

О возможной древности речных долин Калбы можно предполагать по следующим фактам. Долины хорошо разработаны, а речные водотоки небольшие. Речные долины имеют сложную конфигурацию, множество мелких притоков, участки перехватов русел. На рис. 2 и 3 приведены гидрогеологические разрезы через долины рек Кызылсу и Уланки.



1 – гравийно галечные отложения участками заглинизированные; 2 – песок; 3 – суглинок с обломками коренных пород; 4 – глина с обломками коренных пород;
5 – палеозойские породы; 6 – уровень подземных вод; 7 – пьезометрические уровни по скважинам

Рис. 2. Гидрогеологический разрез долины реки Кызылсу в створе с.Чалобай (составил В.И. Белянин)



1 – гравийно галечные отложения участками заглинизированные; 2 – песок; 3 – суглинок с обломками коренных пород; 4 – глина с обломками коренных пород; 5 – палеозойские породы

Рис. 3. Гидрогеологический разрез через долину реки Уланки в створе дачного поселка

По мнению Н.Б. Кассина возраст красно-бурых глин заполняющих как долины рек, так и ложбины стока открытых в сторону долины Иртыша имеют возраст от юрского до мелового времени.

Постепенно возникающая гипсометрическая разность между описываемой территорией и расположенными севернее блоками будущей Западно-Сибирской низменности начала обеспечивать общий сток на север по Иртышскому понижению. А.В. Гольберт считает, что в триасе и ранней-средней юре в пределах седиментационной области Западно-Сибирской плиты в это время существовал еще довольно контрастный эрозионно-тектонический рельеф, а Урал и Алтай-Саянская складчатая область представляли собой, по-видимому, горные сооружения с абсолютными отметками до 1000-2000 м. Сибирская платформа и Казахская складчатая страна, видимо, были высокими, холмистыми плоскогорьями [9]. Только в поздней юре, когда родилось Западно-Сибирское море, а в конце мела Кулундинский прогиб сформировались окончательно условия для стока вод по Иртышскому понижению. По-видимому, так родилась долина Иртыша, сам Иртыш. По мере роста Алтайского свода за счет попятной эрозии сформировались все его притоки.

Реки Тайнты, Аблайкетка, Уланка, Кызылсу формируют свой сток на северных склонах Калбинского нагорья. На южном склоне Калбинского хребта берет начало р. Кызылсу, также впадающая в Иртыш слева, и речки Кулуджун, Каинды, Большая и Малая Буконь, стекающие в Зайсанскую впадину. Река Чар, хотя и течет большую часть своего пути в северном направлении, но своими верховьями располагается на южных склонах Калбинского нагорья.

Водный режим реки, или закономерное изменение во времени характеристик водности, во многом определяется величиной и соотношением

источников питания рек. Нами для определения источников питания рек Калбинского нагорья принят метод К.П. Воскресенского. Для определения источников питания рек исследуемой территории было построено в общей сложности 32 гидрографа для р. Большая Буконь (с. Джумба), р. Малая Буконь (с. Малая Буконь), р. Аблайкетка (с. Самсоновка), р. Кокпекты (с. Кокпекты), р. Чар (с. Николаевка), р. Тайнты (с. Огнёвка), р. Уланка (с. Уланское), р. Шигилек (с. Шигилек) за средние, максимальные и минимальные по водности годы. Анализ результатов показывает, что для рек данной территории главным источником питания являются снеговое питание. Доля снеговой питания в среднем составляет 52,8 – 78,8 %. На втором месте по значимости стоит грунтовое питание, его доля составляет 15,1 – 33,8 % - соответственно. Доля дождевого питания составляет 6,1 – 13,4 %.

В результате анализа можно сделать вывод, что внутригодовое распределение стока рек Калбинского нагорья характеризуется растянутым весенне-летним половодьем и паводками в тёплое время года, когда сток составляет 83,5 % (р. Большая Буконь – с. Джумба), 82,8 % (р. Кокпекты – с. Кокпекты), 74,7 % (р. Уланка – с. Уланское), 67,2 % (р. Аблайкетка – с. Самсоновка), 74,5 % (р. Тайнты – с. Огнёвка), 80,3 % (р. Шигилек – с. Шигилек), 85,1 % (р. Кызылсу – с. Остиковка), 82 % (р. Чар – с. Николаевка), 88,9 % (р. Малая Буконь – с. Малая Буконь), 71,2 % (р. Сибинка – с. Алгабас).

Наблюдается сравнительно высокая осенняя межень, когда сток составляет 10,6 % (р. Большая Буконь – с. Джумба), 11 % (р. Кокпекты – с. Кокпекты), 10,4 % (р. Уланка – с. Уланское), 17,3 % (р. Аблайкетка – с. Самсоновка), 15,7 % (р. Тайнты – с. Огнёвка), 9 % (р. Шигилек – с. Шигилек), 11,8 % (р. Кызылсу – с. Остиковка), 11,8 % (р. Чар – с. Николаевка), 6,1 % (р. Малая Буконь – с. Малая Буконь), 12,6 % (р. Сибинка – с. Алгабас).

Зимний сток изменяется от 5,9 % (р. Большая Буконь – с. Джумба), 6,2 % (р. Кокпекты – с. Кокпекты), 14,9 % (р. Уланка – с. Уланское), 15,5 % (р. Аблайкетка – с. Самсоновка), 9,8 % (р. Тайнты – с. Огнёвка), 10,7 % (р. Шигилек – с. Шигилек), 3,1 % (р. Кызылсу – с. Остиковка), 6,2 % (р. Чар – с. Николаевка), 5 % (р. Малая Буконь – с. Малая Буконь), 16,5 % (р. Сибинка – с. Алгабас). Начало половодья приходится на начало апреля и марта. Продолжительность половодья составляет в среднем от 106 - 119 дней. Водность рек в межень различна: средние модули меженного стока изменяются: 10,2 л/(с·км²) р. Б.Буконь - с.Джумба, л/(с·км²) р. Кокпекты - с. Кокпекты, 1,80 л/(с·км²) р. Уланка - с.Уланское, 2,86 л/(с·км²) р. Аблайкетка - с. Самсоновка, л/(с·км²) р. Тайнты - с. Огнёвка, 6,90 л/(с·км²) р. Шигелек - с. Шигелек, л/(с·км²) р. Кызылсу - с. Остиковка, 2,48 л/(с·км²) р. Чар -с. Николаевка.

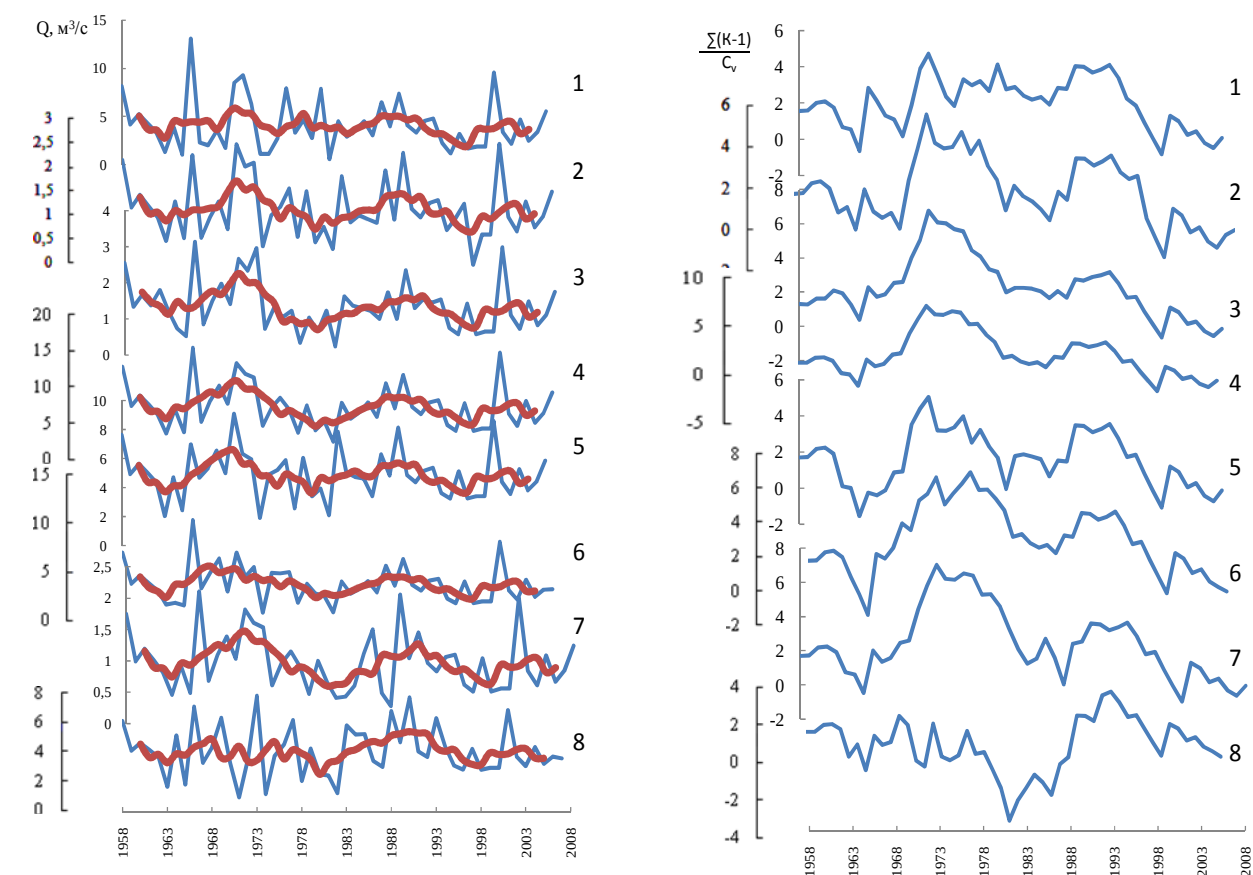
Характеристики годового стока левобережных притоков верхнего Иртыша за многолетний период приведены в табл. 1.

Таблица 1. Характеристики годового стока левобережных притоков верхнего Иртыша за многолетний период [2]

Река-Пункт	Расход воды, м ³ /с	Модуль стока, л/(с км ²)	Слой стока, мм	Коэффициент вариации
р. Б. Буконь - с. Джумба	6,95	10,2	321	0,39
р. Тайнты - с. Огневка	5,44	-	-	0,33
р. Уланка - с. Уланское	1,80	1,80	57	0,46
р. Сибинка - с. Алгабас	2,47	-	-	0,99
р. Аблайкетка – с. Самсоновка	4,58	2,86	90	0,39
р. Шигилек - с. Шигилек	1,52	5,90	1,86	0,45
р. Кокпекты - с. Кокпекты	3,29	-	-	0,62
р. Кызылсу - с. Остиковка	1,68	-	-	0,59
р. Чар - с. Николаевка	4,52	2,48	78,0	0,40
р. М. Буконь - с. М. Буконь	1,19	-	-	0,68

Анализ показывает, что водность реки Б. Буконь у с. Джумба составляет 10,2 л/(с·км²), а реки Уланка у с. Уланское 1,80 л/(с·км²), р. Аблайкетка у с. Самсоновка 2,86 л/(с·км²), р. Шигилек у с. Шигилек 5,90 л/(с·км²), р. Чар у с. Николаевка 2,48 л/(с·км²) [2].

Хронологические графики и разностные интегральные кривые годового стока левобережных притоков Иртыша представлены на рис. 4. Анализ показывает, что многолетним колебаниям стока р. Большая Буконь свойственна отчетливо выраженная цикличность. В ходе годового стока отчетливо проявляется 2-3-х и 4-5-летняя цикличность, внутривековые циклы длительностью 8 и более лет.



— годовые величины
 — сглаживание по скользящим пятилетиям

- 1 р. Кокпекты – с. Кокпекты
- 2 р. Шигилек – с. Шигилек
- 3 р. Малая Буконь – с. Малая Буконь
- 4 р. Большая Буконь – с. Джумба

- 5 р. Тайнты – с. Огневка
- 6 р. Аблайкетка – с. Самсоновка
- 7 р. Уланка – с. Уланское
- 8 р. Чар – с. Николаевка

Рис. 4. Многолетние колебания и разностные интегральные кривые годового стока левобережных притоков Иртыша

В ходе стока р. Большая Буконь за 1958-2007 гг. можно выделить шесть полных внутривековых циклов: 1958-1963, 1964-1971, 1972-1982, 1983-1990, 1991-1999, 2000-2007 гг. с продолжительностью 6, 8, 11, 8, 9 и 8 лет соответственно.

Таким образом, средняя продолжительность внутривекового цикла для р. Большая Буконь за исследуемый период составила 8,3 лет. Средние цикловые расходы составили 7,93; 9,03; 6,86; 8,08; 6,25 и 7,54 м³/с соответственно. Последний цикл оказался приближенный к среднему по водности, а предшествующий – самым маловодным из всего ряда наблюдений. Средний многолетний расход р. Большой Буконь в замыкающем створе за период наблюдений равен 7,53 м³/с.

Наиболее высокие годовые расходы р. Большая Буконь за анализируемый период наблюдались в 1958, 1966, 1971, 1990 и в 2001 гг. (13; 15,6; 13,5; 11,9 и 14,9 м³/с соответственно). Годами повышенной водности являются также 1960, 1988, 1991, 1994 и 2007 гг. Можно считать, что исследуемый период относится к нисходящей ветви предыдущего векового цикла водности 1991-1999 гг. и к восходящей ветви цикла водности, начало которого приходится на интервал 2000-2007 гг.

В ходе стока р. Большая Буконь за 1958-2007 гг. можно выделить шесть полных внутривековых циклов: 1958-1963, 1964-1971, 1972-1982, 1983-1990, 1991-1999, 2000-2007 гг. с продолжительностью 6, 8, 11, 8, 9 и 8 лет соответственно. Средняя продолжительность внутривекового цикла для р. Большая Буконь за исследуемый период составила 8,3 лет. Средние цикловые расходы составили 7,93; 9,03; 6,86; 8,08; 6,25 и 7,54 м³/с соответственно. Средний многолетний расход р. Большой Буконь в замыкающем створе за период наблюдений равен 7,53 м³/с. Наиболее высокие годовые расходы р. Большая Буконь за анализируемый период наблюдались в 1958, 1966, 1971, 1990 и в 2001 гг. (13; 15,6; 13,5; 11,9 и 14,9 м³/с соответственно). Годами повышенной водности являются также 1960, 1988, 1991, 1994 и 2007 гг. Можно считать, что исследуемый период относится к нисходящей ветви предыдущего векового цикла водности 1991-1999 гг. и к восходящей ветви цикла водности, начало которого приходится на интервал 2000-2007 гг.

Колебания стока р. Тайнты – с. Огневка в общих чертах близки колебаниям стока р. Большой Букони у с. Джумба. В ходе стока р. Тайнты можно выделить также шесть циклов, за период 1958-2007 гг.: 1958-1963, 1964-1971, 1972-1982, 1983-1990, 1991-2000, 2001-2007 гг. с продолжительностью 6, 8, 11, 8, 10 и 7 лет соответственно.

Средняя продолжительность циклов составила 8,3 лет. Среднецикловые расходы равны 5,95; 5,61; 4,4; 5,63; 4,18 и 5,14 м³/с соответственно. Наиболее высокие годовые расходы р. Тайнты за анализируемый период наблюдались в 1958, 1966, 1971, 1983, 1990 и в 2001 гг. (7,66; 7,01; 9,12; 7,89; 8,15 и 14,9 м³/с соответственно). Средний многолетний расход р. Тайнты у с. Огнёвка за период наблюдений составил 4,92 м³/с.

В ходе стока р. Кокпекты – с. Кокпекты можно выделить 6 циклов 1958-1962, 1963-1972, 1973-1982, 1983-1990, 1991-1998, 1999-2007 продолжительностью циклов составила 8,3 лет. Наиболее низкие годовые расходы р. Тайнты за анализируемый период наблюдались в 1965, 1974, 1975, 1982 и 1996 гг. (1,06; 1,11; 1,11; 0,57 и 1,2 м³/с соответственно). Средний многолетний расход р. Кокпекты составил 4,13 м³/с.

В ходе стоке р. Кызылсу 1958-2007 гг. можно выделить 6 циклов, 1958-1962; 1963-1974; 1975-1982; 1983-1987; 1999-1996, 1997-2007 гг. с продолжительностью 5, 11, 8, 5, 9 и 11 лет соответственно. Средняя продолжительность циклов составила 8,2 лет. Средний многолетний расход р. Кызылсу у с. Остиковка за период наблюдения составил 1,74 м³/с.

Выявленные закономерности многолетнего хода годового стока рек в целом характерны для всех рассматриваемых левобережных притоков Иртыша с

учетом их различий в высотном положении, экспозиции и других местных особенностей.

Палеогеографический анализ поведения гидротермических особенностей и изменения геосистем показывает, что направленная аридизация и похолодание, начавшееся в позднем эоцене, будет направленно продолжаться и дальше. За последние 7 млн. лет среднегодовые температуры понизились с $+20^{\circ}\text{C}$ до $+2^{\circ}\text{C}$, количество осадков на равнинах понизилось с 1500 мм до 220 мм, а в горах несколько увеличилось до 1500-2000 мм [7]. За этот промежуток времени прошло остепнение, уменьшение водности рек, исчезновение некрупных рек, особенно левобережных, медленные, постепенные изменения компонентов геосистем приведут к их смене через 100-1000 лет уменьшению водности рек, к еще большему остепнению. Радикальные изменения в состоянии геосистем внес сам человек за последние 400 лет, осваивая природные ресурсы левобережья. Лес вырубался для строительства, на топливо, освобождались площади под посевы. Поэтому можно предположить, что малые левобережные реки не будут достигать Иртыша и со временем отомрут.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бувалкин А.К. Юрские отложения Восточного Казахстана. Алма-Ата, Наука, 1978.
2. Гидрологические ежегодники рек бассейна Оби и Иртыша, 1954-2008 гг. (материалы фонда ВК ЦГМ).
3. Геология СССР. Восточный Казахстан, т. 41, ч. 1, под. ред. Нехорошева В.П. – М.: Недра, 1967.
4. Ерофеев В.С. Геологическая история южной периферии Алтая в палеогене и неогене. – Алма-Ата, Наука, 1969.
5. Зоненшайн Л.П., Кузьмин М.И., Моралев В.М. Глобальная тектоника, магматизм и металлогения. – М.: Недра, 1976.
6. Кассин Н.Г. Материалы по палеогеографии Казахстана. – Алма-Ата, 1947.
7. Михайлова Н.И. Ретрогностический анализ и прогноз развития геосистем Юго-Западного Алтая. Мат. междунар. научно-практ. конф. «Глобализация: противоречия, проблемы и перспективы», ч. IV- Усть-Каменогорск, 2004.
8. Селиверстов Ю.П. Основные этапы формирования рельефа Алтая. В кн. «Материалы по геологии и полезным ископаемым Алтая и Казахстана». Нов. сер. - вып.33.-Л., 1960.
9. Гольберт А.В. Основы региональной палеоклиматологии. М.: Недра, 1987.
10. Чумаков И.С. Кайнозой Рудного Алтая. – М.: Наука, 1965.

УДК 502.7

Н.П. Миронычева-Токарева

Учреждение Российской академии наук Институт почвоведения и агрохимии
Сибирского отделения РАН, Новосибирск
СГГА, Новосибирск

ВЛИЯНИЕ ПАСТБИЩНОЙ НАГРУЗКИ НА ДИНАМИКУ РАСТИТЕЛЬНОСТИ СТЕПНЫХ ЭКОСИСТЕМ БАРАБЫ

В статье рассматривается изменение видового состава растительности степных экосистем Барабинской лесостепи, находящихся под пастбищной нагрузкой. Установлено, что большая часть степных сообществ находится на II и III стадиях деградации. Чрезмерная нагрузка на травостой приводит к необратимому нарушению структуры сообществ, снижению видовой насыщенности, вызывает прогрессирующее ухудшение видового состава, уменьшение фитомассы, разрастание сорных видов.

N.P. Mironycheva-Tokareva

Institute of Soil Science and Agrochemistry, SB RAS
18 Sovetskaya ul., Novosibirsk, 630099, Russia
Siberian State Academy of Geodesy (SSGA)
10 Plakhotnogo Ul., Novosibirsk, 630108, Russian Federation

INFLUENCE OF THE LOADPASTURE IN THE VEGETATION OF BARABA STEPPE ECOSYSTEMS

The paper presents data on change of vegetation structure in the Baraba stepp ecosystems, that is under the loadpasture. It is shown that the largest share of stepp ecosystems is at II and III stages of degradation. The heavy grazing on grass cover leads to the irreversible change of structure of vegetation community, decreasing of species amount and phytomass, stimulating growth of weed species.

Важнейшей мерой для прекращения процессов как деградации земель, так и падения биоразнообразия в степной зоне, является изменение структуры сельскохозяйственных угодий, основанное на переводе нерентабельной части пашни в степные продуктивные пастбища и сенокосы и восстановление на этих участках степных экосистем.

Опыт проведения землеустройства, основанного на современных эколого-ландшафтных принципах, в России практически отсутствует. Необходимо апробирование экологизации землеустройства в модельных районах, включая учет экологических функций земельного участка и расчет оптимального распределения типов угодий. Требуется разработка методической базы по

экологизации землеустройства и восстановлению степей, ее широкое внедрение и рациональное использование.

Основной целью исследования степных пастбищ Барабы являлась оценка степени трансформации растительного покрова, вызванного нерегулируемым выпасом на степных участках. Подготовка материалов для создания базы данных для создания экологических карт различного масштаба включала в себя рекогносцировочные исследования на границах Здвинского, Краснозерского и Баганского районов Новосибирской области.

Для рельефа Барабинской лесостепи характерны плоские увалы, разделенные широкими ложбинами, слабо развитая сеть речных долин, озерные котловины. Степные экосистемы подвержены с запада и юго-запада влиянию казахстанских ветров, которые выветривают почву.

Речная сеть представлена бессточными реками Карасук, Баган, Бурла. Грунтовые воды (включая верховодки) располагаются на небольшой глубине. Режим их в основном зависит от режима атмосферных осадков.

Климат континентальный, отличается жарким засушливым летом и холодной малоснежной зимой. Средняя температура января от -17°C до -19°C , июля $19-22^{\circ}\text{C}$. Годовое количество осадков 250—350 мм. Зимой снежный покров нередко разрушается сильными степными ветрами.

В период максимального развития травостоя проводилось геоботаническое обследование естественных сенокосов и пастбищ и определение биологической продуктивности выделенных ключевых участков.

Зональными почвами на гривах и относительно хорошо дренированных приподнятых участках равнины являются обыкновенные чернозёмы суглинистые и супесчаные. На склонах грив распространены солонцеватые почвы, глубоко - и среднестолбчатые солонцы в комплексе с высокими, а в понижениях - солоди. В межгривных понижениях преобладают комплексы солончаковых почв с солонцами (корковыми и высокими) и солончаками, болотные почвы и заболоченные солоди. В озёрных котловинах, в пойме и на низких террасах развиты почвы галогидроморфного ряда: болотные, лугово-болотные солончаковые, луговые и поровые солончаки; на высоких террасах средне- и высокостолбчатые лугово-степные солонцы.

В растительном покрове на чернозёмах обыкновенных доминировали богаторазнотравно-ковыльные, разнотравно-типчаково-ковыльные степи, в настоящее время полностью распаханые. Последние крупные участки таких степей распаханы в 50-60-е годы прошлого столетия. Зональную принадлежность распаханых степей можно восстановить лишь по узким полоскам степной растительности между пашней и окраинами колков.

Солонцеватые разнотравно-ковыльно-типчаковые степи, приуроченные к склонам грив, повышенным равнинам и высоким террасам, так же на больших площадях распаханы, а сохранившиеся участки вблизи поселков сильно изменены выпасом и представляют все стадии антропогенной нарушенности - различные пастбищные модификации этих степей.

В районе исследований выпас производится без соблюдения системы использования пастбищ и регуляции численности скота на них. В результате на

большей части степных пастбищ состояние растительного покрова находится на II и III стадиях дигрессии. Пасквальная дигрессия разнотравно-типчаково-тырсовых солонцеватых степей, вызванная постоянным выпасом, несколько отличается от типичной, выявленной для ковыльных степей европейской части, в виду галофильности западносибирских степей. Приведем особенности различных ее стадий (табл. 1).

Таблица 1. Изменение параметров кормовых угодий при их трансформации на разных стадиях пастбищной дигрессии

Степи						
	Исходные	Трансформированные				
Параметры	Зональное сообщество	0 недеград.	I слабодегр. дир	II среднедеград.	III сильно деград.	IV сбой
Общее проективное покрытие	75-95	75-90	70-80	60-70	40-50	20-30
Средняя высота травостоя	0-40	35-45	20-25	20-25	10-15	5-10
Горизонтальная структура % (распределение)	однородная	однородная	Пятнистая 15-20%	пятнистая 20-25%	25-40% почвы оголено	40-60% почвы оголено
Видовая насыщенность на 100 кв.м.	40-45	35-45	20-30	15-20	10-12	5-8
Запас надземной фитомассы ц/га	7-12	5-7	2-6	2-6	2-3	>1
Урожайность ц/га сухой массы	5-10	3-5	-3	1-3	0,5-1	>0,5
Культурно-техническое состояние пастбищ, в баллах	0	0	1-2	2-3	3-4	5
Пастбищная нагрузка ус.гол./га	0,5 - 1	2-3	3-4	5-7	6-10	12-20

Для зональных степных сообществ и их эдафических вариантов характерно доминирование дерновинных злаков – ковыля тырсы, ковыля перистого и ковыля красивейшего, а так же овсеца Шелля. Первая стадия деградации степных сообществ выразилась прежде всего в уменьшении роли ковылей - перистый ковыль сократил свое обилие до единичных экземпляров, а ковыль красивейший выпал из состава травостоя почти полностью. Большую встречаемость сохранил ковыль тырса, распространенный в различных растительных сообществах степи с разным обилием.

Доминирующими видами в сообществах становятся мелкодерновинные злаки - типчак и тонконог гребенчатый. Разнотравье представлено большим количеством (40-50) видов растений разной экологии (ксерофиты,

ксеромезофиты галоксерофиты). Участие бобовых растений небольшое (8-10 видов) и распространены они единичными экземплярами. Сообщества, взятые в качестве контроля представлены фрагментами разнотравно-ковыльно-типчаковых степей, сформировавшихся в условиях кочевого скотоводства при умеренном нерегулируемом выпасе. Участки таких степей имеют малую площадь и расположены по окраинам пашен. Выпас на них производится чаще всего ранней весной (до посева зерновых) и осенью после уборки. Урожайность травяного покрова 8-12 ц/га.

При увеличении пастбищной нагрузки в степных сообществах с господством ковылей отмечается разрастание полукустарничковых полыней при доминирующей роли типчака. Флористический состав снижается до 25-15 видов, из которых 6-8 видов - синантропные растения, большая часть из которых с галофильной экологией. Появление их связано с возрастанием засоленности почвы, вызванным ее уплотнением при постоянной пастьбе. С увеличением засоления травяной покров изреживается, проективное покрытие снижается до 50-60%. Упрощается вертикальная структура травостоя - высота основного яруса, образованного типчаком, снижается до 25-35 см; урожайность таких участков - 5-7 ц/га. Полынно-типчаковые сообщества этой стадии являются основным компонентом солонцеватой степи.

Постоянный усиленный выпас способствует дальнейшему уплотнению почвы и увеличению засоления. Формируются флористически обедненные типчаково-полынные сообщества с доминированием одного или двух синантропных видов. Видовой состав сообществ снижается до 10-15 видов. В местах сбоя разрастаются однолетники - лебеда татарская или рогач песчаный. Резко снижается урожайность (2-3 ц/га), проективное покрытие растениями уменьшается до 30-40%. На этой стадии деградации находится большинство степных пастбищ, чему также способствуют прошедшие засушливые годы.

В последней стадии пастбищной деградации - при чрезмерном выпасе, что наблюдается в окрестностях населенных пунктов, в местах водопоя, степной травостой сменяется господством одно- или двулетников с небольшим участием плохо поедаемых многолетников. Для этой стадии наиболее характерны выгоны с господством летне-осенних однолетников – лебеды татарской и спорыша птичьего.

В связи с деградацией травостоя на склонах, особенно в сухие годы, наблюдается ветровая эрозия. Нарушается структура почвы: верхние горизонты распыляются, нижние, наоборот, - сильно уплотняются. Растения в сообществах угнетены, в их популяциях преобладают сенильные (с отмершей серединой) и ювенильные особи.

Таким образом установлено, что большая часть степных сообществ находится на II и III стадиях деградации. Чрезмерная нагрузка на травостой при отсутствии ухода и пастбищеоборота приводит к необратимому нарушению структуры сообществ, снижению видовой насыщенности, вызывает прогрессирующее ухудшение видового состава, уменьшение фитомассы, разрастание сорных видов. На последней стадии деградации происходит

выедание и вытаптывание трав до основания, травостой теряет способность восстанавливаться и превращается в сбой.

При обследовании ключевых территорий были выявлены пастбища с различной степенью деградации. 30% пастбищ представляют собой монодоминантные растительные сообщества, характеризующие IV степень деградации. Продуктивность их 0,2 ц/га и растительность представлена солянками и полынью.

Видовое разнообразие на пастбищах в среднем составило 27 на 100 м² на пастбищах с III степенью деградации. Средняя продуктивность пастбищ - 2-3 ц/га при средней нагрузке 18 голов крупного рогатого скота на 1 га.

Эксплуатация пастбищ производится бессистемно, начиная с ранней весны до поздней осени на одних и тех же участках. Вследствие этого травостой поедается и вытаптывается почти нацело, появляются оголенные участки земли, на которых иногда поселяются водоросли и лишайники, но чаще и они отсутствуют.

Под влиянием интенсивного выпаса происходит значительное иссушение почвы и ксерофитизация травостоя. На выпасаемых участках резко меняется влажность почвы. В связи с этим на выпасаемых участках происходит изменение не только сезонного развития травостоя, но наблюдается и сильное обеднение флористического состава, упрощение структуры травостоя. Снижение проективного покрытия. Происходит «опустынивание» степей, и степные участки наиболее интенсивно используемые для прогона и выпаса, превращаются в пустынно-степные с господством плохо поедаемых растений.

Основной причиной ксерофитизации травостоя является значительное иссушение почвы под влиянием постоянного утаптывания ее, с чем связано увеличение капиллярности и выбивания мертвого травяного покрова, защищающего поверхность почвы от иссушения. Неумеренный выпас превращает хорошие пастбища в сбой, непригодный для какого-либо использования. Наряду с этим недостаточно полно используются удаленные высокопродуктивные участки пастбищ. На отгонных пастбищах отсутствие необходимого режима в пастбищном использовании также приводит к быстрой деградации травостоя.

© Н.П. Миронычева-Токарева, 2011

УДК 631.445.5: 631.485

Е.Н. Смоленцева

ИПА СО РАН, Новосибирск

МЕХАНИЗМЫ ДЕГРАДАЦИИ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА В ИНТРАЗОНАЛЬНЫХ ГЕОСИСТЕМАХ КУЛУНДИНСКОЙ РАВНИНЫ

Изучены изменения почвенного покрова в интразональных природно-территориальных комплексах (ПТК) Кулундинской равнины Западной Сибири под влиянием климатических флуктуаций и антропогенных нагрузок. Выявлены два основных механизма деградации почвенного покрова: абразионный педогенез и галогидрогенная трансформация, а также взаимосвязь между ними. Установлены отдельные звенья абразионно-эволюционного направления педогенеза на этой территории. Изучены основные типы элементарных почвенных ареалов и почвенных комбинаций галоморфных почв и их взаимосвязь с механизмами деградации почвенного покрова интразональных ПТК.

E.N. Smolentseva

Russian Academy of Sciences, Siberian Branch, Institute of Soil Science and

Agrochemistry,

Novosibirsk, Russian Federation

DEGRADATION MECHANISMS OF SOIL COVER IN THE INTRAZONAL ECOSYSTEMS

Changes of a soil cover in intrazonal geosystems Kulundinsky plain of Western Siberia under the influence of climatic fluctuations and anthropogenous loadings are studied. Two basic mechanisms of a soil cover degradation are revealed: the abrasion pedogenesis and halohydrogenous transformation, and also interrelation between them.

Для оптимизации процессов природопользования и уменьшения негативного влияния антропогенных нагрузок на почвенный покров (ПП) в степном биоме Западной Сибири на его территории проводилось изучение механизмов деградации почв. Так ранее было установлено, что несмотря на недостаточное климатическое увлажнение и слаборасчленённый рельеф, в интразональных природно-территориальных комплексах (ПТК) с естественной растительностью развивается водная эрозия [1]. С целью изучения влияния водной эрозии на ПП нами были обследованы интразональные ПТК Кулундинской равнины, приуроченные к озёрным котловинам. Для диагностики и характеристики почв использовалась новая классификация почв России [2].

Согласно проведённым исследованиям, почвенный покров интразональных ПТК представлен различными типами солонцов, галоморфными почвами (солончаками), засоленными гумусово - и перегнойно-квасиглеевыми почвами, реже чернозёмами квазиглееватыми и каштановыми квазиглееватыми и засоленными. Наиболее распространёнными почвами являются солонцы. В северной и северо-восточной частях равнины – это солонцы тёмногумусовые и тёмные. В более аридных условиях развиваются солонцы светлогумусовые и светлые. Все солонцы характеризуются коротким профилем, средняя мощность которого составляет для тёмных и тёмногумусовых солонцов 55 см, для светлых и светлогумусовых – 38 см. Содержание органического углерода в этих горизонтах невысокое, а в светлогумусовом – очень низкое (2,5% и 0,5% соответственно). Аккумулятивно-карбонатный горизонт выделяется по содержанию CaCO_3 . Все солонцы засолены, иногда с поверхности, но чаще всего в срединном горизонте. Степень засоления варьирует от слабой до сильной. Преобладают соли натрия, часто присутствуют в значительных количествах и соли магния. Во всех солонцах присутствует сода (Na_2CO_3).

Проведённые ландшафтные исследования на ключевых участках показали, что изменения компонентного состава ПП интразональных ПТК обусловлены двумя группами причин: климатическими и антропогенными. Так, согласно А.В. Шнитникову [3], последние 100-120 лет происходит общее потепление климата, сопровождающиеся обсыханием озёр. После частичного или полного высыхания озера образуются солончаки соровые (сульфидные) или квазиглеевые. Они представляет собой озёрные отложения, засоленные в результате осаждения солей из воды и дальнейшей их гидрогенной аккумуляции из грунтовых вод за счёт выпотного режима. Например, в результате мониторинга на основе ДДЗЗ установлено, что за семилетний период (2001 – 2008), соответствующий аридной климатической фазе, площадь солончаков на одном из эталонных полигонов увеличилась на 16,7 кв.км, что составляет 35,4% от их общей площади.

Таким образом, климатически обусловленный механизм деградации ПП интразональных ПТК – это увеличение доли солончаков в составе ПП за счёт высыхания озёр при аридизации климата, поскольку солончаки являются низкопродуктивными почвами и не используются в сельскохозяйственном производстве.

На ландшафтные процессы, вызванные естественными климатическими флуктуациями, накладываются процессы антропогенной трансформации. Они связаны с пастбищной нагрузкой, в результате которой также происходит деградация почвенно-растительного покрова. Во-первых, это механические нарушения, возникающие в результате выпаса в сырых и влажных местообитаниях (приозёрные и приболотные микропояса). Их можно охарактеризовать как зоогенные нарушения. Они приводят к разрушению верхнего почвенного горизонта или его перемешиванию с нижележащими горизонтами. Вследствие этого формируются турбированные подтипы различных почв, чаще всего солонцов, которые являются преобладающим компонентом ПП. При подобных нарушениях изменяются морфологические

признаки почв. Значительных изменений других свойств почв чаще всего не происходит.

Во-вторых, это нарушения связанные с проявлением водной эрозии. Эрозионные процессы особенно интенсивны в пределах ПТК, литогенная основа которых имеет супесчаный и песчаный гранулометрический состав. Проведённые исследования показали, что нарушенные водной эрозией почвы Кулунды относятся к отделу абразёмов. Свойства абразёмов зависят от свойств эродированных почв, из которых они образуются. Так, например, абразёмы солонцовые, сохраняют высокое содержание натрия (30-40 % от суммы катионов) в составе почвенно-поглощающего комплекса (табл. 1). При интенсивном развитии водной эрозии, профили почв разрушаются полностью до почвообразующей породы. В результате возникают «очаги» обновлённого субстрата, на котором происходит первичное почвообразование. Однако оно развивается по деградационному типу, так как сопровождается интенсивным гидрогенным засолением верхней толщи (10-20 см) субстрата. Это препятствует формированию нормального растительного покрова, а соответственно тормозит и регрессионные процессы почвообразования.

Солончаки слаборазвитые, образующиеся на обновлённом в результате эрозии субстрате, характеризуются высоким (более 1%) содержанием водорастворимых солей во всех горизонтах профиля. На поверхности солончаков образуется солевая корка, содержание токсичных солей в которой более 1%. В составе солевой корки обнаружены большие количества солей натрия. Преобладает хлорид натрия, есть также сульфат и сода. Реакция среды (по pH водной суспензии) сильно щелочная (табл. 1).

Таблица 1. Основные свойства нарушенных почв интразональных ПТК

Горизонт	pH (H2O)	Поглощенные катионы мг-экв на 100 г почвы				Сорг., %	CaCO ₃ , %	Физ. гл., %	Сумма солей, %
		Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	Σ				
Разрез 515. Солонец тёмный засолённый турбированный									
ASNs,tu	9,6	1,0	1,4	14,0	16,4	0,77	2,7	39,7	0,48
BSNs	10,2	0,1	0,9	19,3	20,3	0,21	1,7	41,6	0,62
Qs	10,1	0,1	1,3	10,2	11,6	0,10	0,8	32,0	0,65
Разрез 550. Гумусово-квазиглеевая засолённая абрадируванная									
AUs,pb	8,4	7,6	4,9	0,6	13,1	1,09	7,3	33,9	0,24
Q	8,4	5,5	2,5	0,2	8,2	0,41	3,0	30,7	0,11
Разрез 16. Абразём солонцовый тёмный засолённый									
ASNs	9,9	0,1	0,9	15,7	16,7	0,37	4,8	30,4	0,73
S[BSN]	10,4	0,1	0,7	20,3	21,1	0,09	7,5	39,0	1,01
Разрез 10-12. Солончак вторичный (по гумусово-квазиглеевой почве)									
S [AJ]	8,3	7,6	4,9	0,6	13,1	2,31	16,83	10,1	3,62
S[Bq]	8,9	5,5	2,5	0,2	8,2	0,53	5,25	12,8	2,65
CQ	8,7	8,5	3,7	0,2	12,4	0,20	6,12	11,4	1,55

Разрез 501. Солончак вторичный									
Корка	10,1	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	27,8	15,77
S[ASN]	9,9	0,1	0,8	3,2	4,1	0,36	10,7	35,5	2,45
BCAs	9,6	0,2	3,0	2,8	6,0	0,23	19,3	48,6	0,68
CQs	9,5	0,5	2,2	2,1	4,8	0,10	18,4	36,7	0,50

Таким образом, часть солончаков является конечной стадией деградации почвенного покрова интразональных ПТК степного биома ЗС. Увеличение доли солончаков в составе ПП интразональных комплексов происходит как за счёт высыхания озёр при аридизации климата, так и в результате антропогенно обусловленных деградационных процессов. А дальнейшая деградация ПП заключается в том, что как зоогенные, так и абразионные нарушения растительного покрова и горизонтов почв всегда сопровождаются гидрогенной аккумуляции в верхнем горизонте почв водорастворимых солей из грунтовых вод за счёт выпотного режима. Следовательно, можно утверждать, что абразионные процессы активизируют галогидрогенную трансформацию почвенного покрова Кулундинской равнины.

На основании полученных результатов разработаны схемы трансформации почв и эволюционно-деградационные почвенные ряды. Под влиянием естественных климатических изменений (при аридизации) в ПТК озёрных котловин Кулундинской равнины происходят следующие превращения: озеро (вода) → донные отложения (суша) → солончаки сульфидные (соровые) → солончаки квазиглеевые. Под влиянием антропогенных нагрузок, в частности нерегулируемого выпаса, почвы деградируют так (на примере солонцов): солонцы → солонцы турбированные → абразёмы солонцовые → солончаки слаборазвитые.

Изучены также изменения структуры ПП, которые обусловлены пространственными особенностями галоморфных почв. Были диагностированы основные типы элементарных почвенных ареалов (ЭПА) и почвенных комбинаций (ПК) слабонарушенных ПТК и антропогенно трансформированных. В результате полевых исследований установлено, что геометрия ЭПА и ПК напрямую зависит от механизма их образования. Галоморфные почвы уверенно распознаются на космических снимках различного пространственного разрешения. Солончаки, возникающие в результате высыхания озёр, образуют два типа структур: кольцевые и массивные ЭПА и ПК. Кольцевые – это микропояса солончаков, обрамляющих озёра. Массивные возникают на месте высохших озёр. В результате абразионного педогенеза и последующей галогидрогенной трансформации геометрия ЭПА галоморфных почв и образуемых ими ПК существенно меняется. Преобладающими становятся линейные типы структур. Они образуются по эрозионным промоинам и струйчатым размывам. Линейные формы очень типичны и хорошо распознаются на космических снимках.

Таким образом, изучение почвенного покрова интразональных ПТК Кулундинской равнины позволило выявить некоторые механизмы его изменения под влиянием климатических флуктуаций и антропогенных

нагрузок, а также взаимосвязь между этими механизмами. Установлено, что в настоящее время распространённым процессом, связанным с климатическими изменениями, является увеличение доли солончаков в составе ПП за счёт высыхания озёр, широко распространённых на территории равнины.

Под влиянием антропогенных нагрузок в почвенном покрове интразональных ПТК происходят следующие деградационные процессы. Начальной стадией деградации здесь являются зоогенные нарушения, в результате чего образуются турбированные почвы. Вторая стадия – это абразионный педогенез, в результате которого возникают различные подтипы абразёмов. Конечной стадией абразионного педогенеза в этих условиях является выход на поверхность субстрата, незатронутого почвообразованием. И точечные нарушения почвенного покрова, и абразионный педогенез сопровождаются гидрогенным засолением остаточного почвенного профиля или обновлённого субстрата. В силу интенсивного гидрогенного засоления слабозасолённые почвы превращаются в сильно засоленные, а затем – в солончаки. Таким образом, абразионный педогенез завершается галогидрогенной трансформацией почв, а абразионные процессы активизируют галогидрогенную трансформацию ПП интразональных ПТК Кулундинской равнины. В результате этих процессов площадь солончаков дополнительно увеличивается. Таким образом, увеличение доли солончаков в составе ПП интразональных комплексов происходит как за счёт высыхания озёр при аридизации климата, так и в результате антропогенно обусловленных деградационных процессов.

Полученные результаты позволяют дополнить систему индикации изменений свойств почв и на их основе проводить мониторинг и оценку динамических и эволюционных трансформаций почвенного покрова в степном биоме Западной Сибири в условиях антропогенных нагрузок и климатических флуктуаций.

Работа проводилась при финансовой поддержке проекта № 14 «Разработка системы комплексной индикации процессов опустынивания для оценки современного состояния экосистем Сибири и Центральной Азии, создание на ее основе прогнозных моделей и системы мониторинга» подпрограммы «Проблемы опустынивания» программы РАН № 16.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Е.Н. Смоленцева, Б.Х. Майер. Почвенные и гидрологические индикаторы опустынивания // Ноосферные изменения в почвенном покрове / Мат-лы Международной научно-практической конференции. – Владивосток: Изд-во Дальневост-го ун-та, 2007. – С. 301-305.
2. Классификация и диагностика почв России / Л.Л. Шишов и др. – Смоленск: Изд-во Ойкумена, 2004. – 342 с.
3. Шнитников А.В. Внутривековые колебания уровня степных озёр Западной Сибири и Северного Казахстана и их зависимость от климата / Тр. лаб. озёроведения АН С ССР, т.1, 1950. – 185 с.

© Е.Н. Смоленцева, 2011