

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

ГЕО-СИБИРЬ-2010

Т. 4

Дистанционные методы зондирования земли и фотограмметрия, мониторинг
окружающей среды, геоэкология

ч. 2

Сборник материалов
VI Международного научного конгресса

Новосибирск
СГГА
2010

Ответственные за выпуск:

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

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

Кандидат технических наук, директор Института дистанционного
зондирования и природопользования СГГА, Новосибирск
Ю.В. Дементьев

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

С26 ГЕО-Сибирь-2010. Т. 4. Дистанционные методы зондирования
Земли и фотограмметрия, мониторинг окружающей среды, геоэкология. Ч. 2 :
сб. матер. VI Междунар. научн. конгресса «ГЕО-Сибирь-2010», 19–29 апреля
2010 г., Новосибирск. – Новосибирск: СГГА, 2010. – 176 с.

ISBN 978-5-87693-384-3 (т. 4, ч. 2)

ISBN 978-5-87693-371-3

В сборнике опубликованы материалы VI Международного научного
конгресса «ГЕО-Сибирь-2010» 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 978-5-87693-384-3 (т. 4, ч. 2)
ISBN 978-5-87693-371-3

© ГОУ ВПО «Сибирская государственная
геодезическая академия», 2010

СОДЕРЖАНИЕ

Лямина В.А., Глушкова Н.В., Смоленцева Е.Н., Зольников И.Д. Использование методов ГИС и ДЗ для мониторинга площади озер и солончаков на территории юга Западной Сибири	7
Глушкова Н.В., Зольников И.Д., Лямина В.А., Макунина Н.И. Построение карты-схемы лесных массивов ЦСБС по относительному содержанию хвойных и лиственных пород деревьев	12
Огородников В.А., Деренок К.В. Численные стохастические модели совместных негауссовских рядов метеоэлементов с учетом периодической зависимости параметров распределений от времени .	17
Сидорова В.С. Иерархический кластерный алгоритм для анализа изображения лесных ландшафтов	22
Юдин М.С. Моделирование влияния орографии на движение атмосферных фронтов.....	27
Ярославцева Т.В., Рапута В.Ф. Численная реконструкция полей выпадений вулканического пепла	31
Ефимов С.А. Способ повышения качества сейсмограммы при исследовании структуры земли вибросейсмическими методами.....	37
Фоменко А.А. Исследование изменений климата Сибири на базе региональной климатической модели с высоким пространственным разрешением	43
Голубева Е.Н., Юсупова Д.Ф. Численное моделирование циркуляции Атлантических вод в Северном Ледовитом океане	45
Боровко И.В. Влияние динамики стратосферного полярного вихря на стратификацию тропосферы в средних широтах	47
Дубовик Д.С., Якутин М.В. Методы дистанционного зондирования в геоэкологическом мониторинге пастбищ тувинской котловины	49
Королук А.Ю. Оценка деградации растительного покрова степных и лесостепных ландшафтов по космическим снимкам	55
Кленов Б.М. Континентальность климата как геоэкологический фактор гумусообразования в почвах северной евразии	60
Иванова Г.А., Кукавская Е.А., Жила С.В. Воздействие пожаров на параметры баланса углерода и компоненты экосистемы в светлохвойных лесах Средней Сибири.....	64
Головко В.В., Куценогий К.П., Истомин В.Л. Определение скорости седиментации одиночных пыльцевых зерен и агломератов растений – доминант лесных экосистем Западной Сибири	70
Воронина Л.В. Экологический аспект опасных погодных явлений	75
Вишнякова Е.К., Миронычева –Токарева Н.П. Потери углерода травяной составляющей при разложении растительного вещества в болотных комплексах Васюганского болота.....	80
Анопченко Л.Ю. Использование методов дистанционного зондирования в мониторинге береговых линий озер.....	86
Андреевский В.С., Якутин М.В. Почвенно-биологические характеристики	

в мониторинге молодых экосистем Северной Тайги.....	90
Якутин М.В., Шарикалов А.Г., Шепелев А.И. Биомасса почвенных микроорганизмов в мониторинге экосистем Северной Тайги, нарушенных в процессе газодобычи.....	96
Якутин М.В., Дубовик Д.С., Ильина Л.А. Показатели биологической активности в мониторинге сухих степей Юго-Восточного Забайкалья	102
Шкаруба А.М., Дитц Л.Ю., Путилин А.Ф., Чичулин А.В. Миграционные геохимические потоки как основа экологических исследований системы водосбор – водоем	108
Шарикалов А.Г., Якутин М.В. Принцип сравнения в геоэкологическом мониторинге территорий нефтяных месторождений Средней Тайги Западной Сибири.....	113
Трубина Л.К., Куценогий К.П.*, Селезнев Б.В., Панов Д.В. Сбор данных по цифровым изображениям при натурном моделировании лесных пожаров	119
Трубина Л.К., Задонских А.В. Некоторые аспекты формирования учебных электронных ресурсов для подготовки геоэкологов.....	123
Степанова В.А., Миронычева-Токарева Н.П. Распределение углерода в торфяной толще олиготрофного комплекса Средней Тайги Западной Сибири.....	128
Самсонов Ю.Н., Беленко О.А., Иванов В.А. Дымовая аэрозольная эмиссия при лесных пожарах в Центральной Сибири.....	133
Воронина Л.В., Руденских Е.Б. Экстремально холодные зимы как показатель экологического риска.....	139
Пичугина Н.Ю., Воронина Л.В. Оценка биоклиматических условий Новосибирской области.....	144
Невидимова О.Г., Янкович Е.П. Влияние изменения гидротермического режима территории на риски водопользования	149
Молородов Ю.И. Ширшов П.Е. Информационно-вычислительная среда для хранения и обработки временных рядов данных наблюдений	155
Малахова Н.А., Миронычева-Токарева Н.П. Участие водорослей в рекультивации отвалов	162
Кужельная П.В. Геоэкологическая характеристика малых рек Новосибирска	167
Креймер М.А. Антропоный принцип в создании информационной системы обеспечения градостроительной деятельности	171
Косых Н.П., Перегон А.М. Ландшафтная структура болот и их продуктивность	175
Коронатова Н.Г., Миляева Е.В. Влияние растительности на физические свойства молодых почв выработанных карьеров.....	185
Миляева Е.В., Миронычева-Токарева Н.П. Фитоиндикация гидроморфологических изменений, вызванных нарушением стока болотных вод.....	190

CONTENTS

Lyamina V.A., Glushkova N.V., Smolentceva E.N., Zolnikov I.D. Use of methods of GIS and RS for monitoring of change of lakes and solonchaks areas on the territory of Western Siberia south	7
Glushkova N.V., Zolnikov I.D., Lyamina V.A., Makunina N.I. Construction of map-scheme of forest stands of CSBG by relative content of coniferous and deciduous trees	12
Ogorodnikov V.A., Derenok K.V. Numerical stochastic models of joint non-stationary and non-gaussian time series of weather elements in view of periodic dependence of distributions parameters on time	17
Sidorova V.S. Hierarchical algorithm for clusterig forest aeroimage	22
Yudin M.S. Simulation of orography effects on atmospheric front propagation	27
Jaroslavtseva T.V., Raputa V.F. Numerical reconstruction of fields loss of volcanic ashes.....	31
Efimov S.A. Way of improvement of quality seismogram at research of structure of the ground vibroseismic methods	37
Fomenko A.A. The study of changes of the Siberian climate on the basis of regional climatic model with the high spatial resolution	43
Golubeva E.N., Yusupova D.F. Numerical modeling of the Atlantic water circulation in the Arctic ocean	45
Borovko I.V. The influence of the stratosphere polar vortex dynamics upon the low troposphere thermal stratification	47
Dubovik D.S., Yakutin M.V. Remote sensing methods in geocology monitoring of pastures in tuvin depression.....	49
Korolyuk A.Yu. Vegetation degradation assessment of steppe and forest-steppe landscapes using remote sensing data.....	55
Klenov B.M. Continentality of climate as a geocological factor of humus formation in soils of northern eurasia	60
Ivanova G.A., Kukavskaya E.A., Zhila S.V. Fire impact on carbon balance parameters and ecosystem components of light-coniferous forests of Central Siberia.....	64
Golovko V.V., Koutsenogii K.P., Istomin V.L. Determination of the rate of sedimentation of single pollen seeds and plant agglomerates – the dominant of the woody ecosystems of West Siberia.....	70
Voronina L.V. Ecological aspect of dangerous weather phenomena	75
Vishnyakova E.K., Mironycheva-Tokareva N.P. The carbon losses of herb species during decomposition of plant materials on Vasyugan bog complexes.....	80
Anopchenko L.Yu. Remote sensing techniques application for monitoring of lakes shorelines	86
Andrievsky V.S., Yakutin M.V. The soil-biological characteristics in monitoring of Northern Taiga young ecosystems	90
Yakutin M.V., Sharikalov A.G., Shepelev A.I. Biomass of soil microorganisms in monitoring of Northern Taiga ecosystems disturbed during of gas	

recovery	96
Yakutin M.V., Dubovik D.S., Ilyina L.A. Parameters of a biological activity in monitoring of dry steppes of South-Eastern Transbaikal region	102
Shkaruba A.M., Dits L.Yu., Putilin A.F., Chichulin A.V. Migration geochemical flows as the basis for ecological research of flood basin – reservoir system	108
Sharikalov A.G., Yakutin M.V. Comparison principle in geoecological monitoring of the oil-fields territory of Mean Taiga of the Western Siberia	113
Trubina L.K., Koutsenogii K.P., Seleznyov B.V., Panov D.V. Digital image data collection for full-scale modeling of forest fires.....	119
Trubina L.K., Zadonskikh A.V. Some aspects of developing educational electronic resources for teaching geoecology	123
Stepanova V.A., Mironycheva-Tokareva N.P. Carbon reserve of oligotrophic bogs the Middle Taiga of Western Siberia	128
Samsonov Yu.N., Belenko O.A., Ivanov V.A. Smoke particulate emission from forest fires in Central Siberia	133
Voronina L.V., Rudenskikh Ye.B. Extremely cold winters as an index of environmental risk.....	139
Pichugina N.Yu., Voronina L.V. Novosibirsk region bioclimatic conditions estimation	144
Nevidimova O.G., Yankovich E.P. Influence of changing of hydrothermal conditions of the territory on water consumption risks	149
Molorodov Y.I. Shirshov P.E. Information and computing environment for storage and processing time series data of observations.....	156
Malachova N.A., Mironycheva-Tokareva N.P. Participation of algae in recultivation of coal mine spoil.....	162
Kuzelnia P.V. The geoecological characteristic of the small rivers of Novosibirsk	167
Kreymer M.A. Anthropic principle in designing urban development information system.....	171
Kosykh N.P., Peregon A.M. Landscape structure bog and their production	175
Косых Н.П., Вишнякова Е.К. Распределение питательных элементов на болотах с учетом их пространственной структуры	180
Kosykh N.P., Vishnyakova E.K. Distribution of nutrients in wetlands with their spatial structure	180
Koronatova N.G. Milyaeva E.V. Influence of vegetation on physical properties of developing soils in post-mined quarries	185
Milyayeva Ye.V., Mironycheva-Tokareva N.P. Phytoidication of hydromorphological changes due to the disturbance of stagnant waters flow	190

УДК 631.445.52, 528.855

*В.А. Лямина**, *Н.В. Глушкова**, *Е.Н. Смоленцева***, *И.Д. Зольников**

**ИГМ СО РАН, НГУ, Новосибирск*

*** ИПА СО РАН, Новосибирск*

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДОВ ГИС И ДЗ ДЛЯ МОНИТОРИНГА ПЛОЩАДИ ОЗЕР И СОЛОНЧАКОВ НА ТЕРРИТОРИИ ЮГА ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

В работе рассмотрено использование методов ГИС и ДЗ для мониторинга изменения площади озер и солончаков. В исследованиях использованы данные наземных полевых наблюдений и космические снимки среднего разрешения (Landsat, SPOT), охватывающие период времени с 1989 по 2008. Разработанная комплексная технология на основе применения ГИС и ДЗ позволила перейти от качественной к количественной оценке изменений ключевых параметров наземных экосистем. Полученные результаты показывают перспективность использования ДДЗЗ для мониторинга процессов, обусловленных динамикой увлажнения на юге Западной Сибири.

*V.A. Lyamina**, *N.V. Glushkova**, *E.N. Smolentceva***, *I.D. Zolnikov**

**IGM SB RAS, Novosibirsk*

***ISA SB RAS, Novosibirsk*

USE OF METHODS OF GIS AND RS FOR MONITORING OF CHANGE OF LAKES AND SOLONCHAKS AREAS ON THE TERRITORY OF WESTERN SIBERIA SOUTH

In this work the use of methods of GIS and RS for monitoring of change of lakes and solonchaks areas is considered. In the study the data of land observation and space images of middle resolution (Landsat, SPOT) of period 1989-2008 is used. The developed complex technology on the basis of GIS and RS allows to pass from qualitative to quantitative estimation of key parameters changes in ecosystems. The derived results shows the perspective of RS data using for monitoring the processes, caused by humidity dynamics on the Western Siberia south.

В южной части Западной Сибири широко распространены озёрные котловины. Каждая из них представляет собой замкнутое понижение, в центре которого находится одно или несколько озёр, расположенных цепочкой. Окружены котловины гривами и гривообразными повышениями, которые повсеместно распаханы. Относительные превышения между уровнем озёр и вершинами окружающих их повышений составляет 5–15 м.

К котловинам приурочены своеобразные геосистемы локального уровня – природно-территориальные комплексы (ПТК) озёрных котловин.

Пространственной особенностью их является микропоясная структура. Непосредственно к акватории озёр примыкает галоморфный микропояс – галофитные сообщества на солончаках. Акватории озёр и солончаки представляют собой пространственно сопряжённые ПТК, соотношение между которыми динамично изменяется в пространстве и во времени. Согласно литературным данным [1, 2], площадь акваторий озёр зависит от климатического увлажнения территории. Немногочисленные литературные данные свидетельствуют о значительных колебаниях уровня воды в озёрах в течение последних 100–200 лет, вплоть до полного их высыхания [3, 4]. На дне озёр, обнажающихся после испарения воды, происходит формирование солончаков. В результате площадь, занимаемая солончаками, увеличивается, и соответственно меняется соотношение между отдельными ПТК. Так как питаются озёра преимущественно за счёт стока поверхностных вод [2], то климатические условия увлажнения оказывают значительное влияние на уровень воды в озёрах и соотношение ПТК прилегающих к озёрам территорий. Поэтому пространственно-временная динамика ПТК озёрных котловин – важный объект для изучения влияния процесса аридизации на геосистемы локального уровня. Особенно отмечается в настоящее время существенный недостаток информации о количественных аспектах пространственно-временной динамики этих объектов на фоне современных изменений климатических условий. Изучение пространственного распределения ПТК проводят путём картографирования их на различных уровнях географического охвата. В настоящее время особое место принадлежит методам автоматизированного картографирования с помощью ГИС-технологий на основе данных дистанционного зондирования Земли (ДДЗЗ). Цель нашей работы – количественная оценка пространственно-временной динамики акваторий озёр и ареалов солончаков в южной части Западной Сибири на основе ДДЗЗ с использованием ГИС.

Исследования проводились на юге Западной Сибири в пределах Кулундинской равнины. Особенностью региона является широкое распространение озёр. На Кулундинской равнине их насчитывается около 3 000, преобладающее большинство — бессточные [2]. Отличительной гидрографической чертой является малая глубина озёрных котловин в целом и их подводной части. Начальный этап изучения структуры и динамики локальных ПТК озёрных котловин включал наземные наблюдения, проводимые в 2001–2008 годах на ключевом участке площадью около 200 га, расположенном в одной из котловин. В состав участка входит озеро и прилегающие к нему территории с естественным растительным покровом. Было проведено сопряжённое изучение почв и растительности методом закладки профилей и картографированием. Были выделены ПТК низшего уровня, проведено их описание с координатной привязкой точки описания по GPS. В дальнейшем эти точки использовались для выбора эталонных участков на космических снимках при их автоматической классификации. Проводились также сезонные (с начала мая по конец сентября) и годовые наблюдения за уровнем воды в озере методом

закладки реперов. На основании результатов наземных наблюдений была разработана схема изменений структуры ПТК в результате высыхания озера.

Далее проводилась количественная оценка проходящих изменений за пределами ключевого участка. Для экстраполяции результатов наземных наблюдений на прилегающие к ключевому участку территории и дальнейшего мониторинга локальных ПТК были использованы ДДЗЗ и геоинформационные технологии для их обработки и анализа. Основным методом изучения пространственно-временной динамики было картографирование эталонного полигона на основе ДДЗЗ с использованием геоинформационных систем (ГИС). Эталонный полигон представлял собой участок в границах сцен космических снимков, площадь которого составила 1 566 квадратных километров. Для оценки происходящих изменений проводилось сравнение местоположений и площадей акватории озёр и ареалов солончаков в разные годы и интервалы времени.

В работе использовалась серия разновременных снимков близких по сезону: Landsat TM (1 августа 1989г), Landsat ETM+ (3 сентября 2001 г.), SPOT-2 (28 августа 2008 г.). При выборе снимков учитывалось время съёмки, что связано с сезонными колебаниями уровня воды в озёра. Данные с датчика Landsat имеют шесть каналов в видимом диапазоне с пространственным разрешением 30 м и один канал в тепловом диапазоне (разрешение 120 м для TM и 60 м для ETM+ соответственно). Французский спутник серии SPOT-2 имеет 3 канала в видимом и ближнем ИК диапазонах с пространственным разрешением 20 м. Предварительная обработка космических снимков включала в себя радиометрическую и атмосферную коррекцию. Для снимков SPOT проводилась дополнительная привязка к данным Landsat. Обработка и классификация космических снимков проводилась в программном пакете ENVI, построение плотностных сеток и оверлейные операции с векторными объектами проводились в программном пакете ArcGIS.

Выделение ареалов солончаков и акваторий озёр и ареалов солончаков по снимкам Landsat (по 5 каналам) TM, ETM+ и SPOT (по 3 каналам) осуществлялось классификацией с обучением правилом максимального правдоподобия (Maximum Likelihood) по эталонным участкам со снимков. В качестве эталонов были выбраны участки солончаков, водных объектов, пашен, леса, естественной травянистой растительности (сенокосы и пастбища). Количество классов составляло соответственно 5. Полученные в результате обработки снимков классы солончаков и водных объектов конвертировались из растра в соответствующие векторные слои. По полученным векторам были построены плотностные сетки отдельно по солончакам и по водным объектам, что было необходимо для сравнения снимков с различным пространственным разрешением (Landsat – 28,5 м; SPOT – 20 м). Плотностные сетки строились с шагом 5 м и радиусом 50 м. Эти параметры были подобраны опытным путем, таким образом, чтобы результат наиболее контрастно отражал границы векторных объектов, полученных при классификации снимков, и при этом сглаживались объекты размером в один пиксель. Далее были рассчитаны разницы (дельты) плотностных сеток разных годов: 1) Landsat ETM+ 2001 –

Landsat TM 1989, 2) SPOT-2 2008 – Landsat ETM+ 2001, 3) SPOT-2 2008 – Landsat TM 1989.

Полученные дельты были реклассифицированы в сетки со значениями – 1, 0, 1. Пороговые значения для реклассификации получены путем анализа статистического и пространственного распределения плотностных характеристик. При этом значение 0 соответствует территории, на которой не произошло изменение обстановки за прошедший период времени; значение -1 соответствует территории, где картографируемые объекты (озера или солончаки) исчезли (например, озеро высохло или, например, солончаки были затоплены); значение 1 соответствует территории, где картографируемые объекты появились. Далее полученные сетки были преобразованы в векторный формат, позволяющий проводить оверлейные операции. Таким образом, на основании анализа по ДДЗЗ динамики ПТК была построена серия схем, позволяющая оценить также качественные изменения, происходящие с водными объектами и солончаками за различные периоды времени. Путем проведения серии оверлейных операций были выделены: 1) озёра, вновь заполнившиеся водой, 2) солончаки, появившиеся за счет деградации растительности, 3) солончаки, появившиеся в результате высыхания озер, 4) галофитные сообщества по солончакам, 5) зарастающие озера.

Первый временной интервал (1989–2001 гг.) характеризуется уменьшением площади солончаков на 1,6 % (от всей площади сцены) и увеличением площади озер на 0,43 %, при этом только одно крупное озеро высохло, и 12 озер появилось, и многие озера увеличили свою площадь. Второй временной интервал (2001 – 2008 гг.) характеризуется увеличением площади солончаков на 1,1 % и уменьшением площади озер на 0,56%, при этом появились 7 озер, и 4 озера высохло. Таким образом, в первом и во втором временных интервалах присутствует разнонаправленная динамика озер и солончаков. Разница между 1989 и 2008 годами характеризуется уменьшением площади солончаков на 0,5 % и уменьшением площади озер на 0,13 %. Полученные результаты свидетельствуют о сложных механизмах трансформации ПТК озёрных котловин в течение длительных (более 10 лет) интервалов времени.

Использование ДДЗЗ и анализ климатических изменений позволили выделить основные элементы динамики геосистем озёрных котловин ЗС при аридизации климата. Анализ климатических изменений, проведённый ИВЭП СО РАН по данным ряда метеостанций Кулундинской равнины показал, что на 1985 год пришелся минимум осадков. При этом общий климатический тренд за последние 50 лет свидетельствует об аридизации климата района. Так, на Кулундинской равнине происходит структурная перестройка между основными компонентами ПТК: почвами, водными объектами и растительностью. В засушливые периоды (2001–2008) на месте высохших озёр (водные объекты) образуются соровые солончаки (почвы). Также в этот период в озёрных котловинах происходит интенсивное гидрогенное засоление почв и деградации засоленных почв в солончаки, за счёт чего площадь солончаков дополнительно увеличивается. В растительном покрове происходит образование галофитных сообществ на месте солонцеватых степей. По мере нарастания атмосферного

увлажнения (1989–2001) происходит частичное заполнение высохших озёрных ванн, увеличение площадей водного зеркала озёр и уменьшение площади солончаков. Начало третьего тысячелетия (2001–2008) также характеризовалось относительно засушливыми условиями, что привело к увеличению площади солончаков и уменьшению акваторий озёр. Таким образом, за относительно короткий период (7–10 лет) динамика пространственных показателей для озёр и солончаков однонаправлена: происходит увеличение площади одних и пропорциональное уменьшение других. За более длительный период времени был обнаружен более сложный характер площадной динамики изучаемых объектов. Так, за двадцатилетний период (1989–2008) произошло уменьшение площадей, как озёр, так и солончаков. Анализ пространственно-временной динамики отдельных классов, выделенных при классификации снимка, показал, что площадь солончаков сокращается не только в результате затопления озёрными водами, но и частично за счёт зарастания галофитной растительностью, поэтому приращение площади открытых солончаковых пространств не фиксируется. Наоборот, при автоматической классификации растрового изображения космического снимка бывшие участки солончаков переходят в другой класс. Поэтому при анализе долговременных трендов, площадь озёр является более точным индикатором аридизации, нежели площадь солончаков. Проведённые исследования показали перспективность использования ДДЗЗ для мониторинга озёрных котловин в южной части Западной Сибири.

Работа выполнена при финансовой поддержке проекта № 14/16 программы президиума РАН

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Шнитников А. В. Озёра Западной Сибири и Северного Казахстана и многовековая изменчивость увлажнённости степей [Текст]: / А.В. Шнитников // Тр. лаб. озёроведения АН СССР, т. 5, 1957. – 112 с.
2. Абрамович Д.И. Воды Кулундинской степи. [Текст]: / Изд-во Сиб. отд. АН СССР. – Новосибирск: Изд-во Сиб. отд. АН СССР, 1960. – 214 с.
3. Уменьшение вод в Арало-Каспийской низменности в пределах Западной Сибири по картографическим исследованиям за 100 лет [Текст]: / Н.М. Ядринцев // Изв. РГО, т. XXII, вып.1, 1886. – С. 53-62.
4. Шнитников А.В. Внутривековые колебания уровня степных озёр Западной Сибири и Северного Казахстана и их зависимость от климата [Текст]: / А.В. Шнитников // Тр. лаб. озёроведения АН СССР, т. 1, 1950. – 185 с.

© В.А. Лямина, Н.В. Глушкова, Е.Н. Смоленцева, И.Д. Зольников, 2010

УДК 528.855, 581.526.42.

*Н.В.Глушкова *, И.Д. Зольников *, В.А. Лямина *, Н.И. Макунина ***

* ИГМ СО РАН, НГУ, Новосибирск

** ЦСБС СО РАН, Новосибирск

ПОСТРОЕНИЕ КАРТЫ-СХЕМЫ ЛЕСНЫХ МАССИВОВ ЦСБС ПО ОТНОСИТЕЛЬНОМУ СОДЕРЖАНИЮ ХВОЙНЫХ И ЛИСТВЕННЫХ ПОРОД ДЕРЕВЬЕВ

В работе рассмотрено использование методов ГИС и ДЗ для построения карты-схемы лесных массивов территории Центрального ботанического сада СО РАН по относительному содержанию хвойных и лиственных пород деревьев. В исследованиях использованы космические снимки высокого разрешения QuickBird летнего и осеннего сезонов съемки. Полученная карта-схема лесных массивов ЦСБС СО РАН позволила дать количественную оценку соотношения хвойных и лиственных деревьев.

*N.V. Glushkova, * I.D. Zolnikov, * V.A. Lyamina, * N.I. Makunina ***

* IGM SB RAS, Novosibirsk

** CSBG SB RAS, Novosibirsk

CONSTRUCTION OF MAP-SCHEME OF FOREST STANDS OF CSBG BY RELATIVE CONTENT OF CONIFEROUS AND DECIDUOUS TREES

In this work the use of GIS and RS methods for construction of map-scheme of forest stands of the central siberian botanic garden SB RAS territory by relative content of coniferous and deciduous trees is considered. In the study the space images of high resolution QuickBird of summer and autumn seasons is used. The resulted map-scheme of forest stands of CSBG SB RAS allowed to give the quantitative estimation of coniferous and deciduous trees ratio.

Наличие космических снимков высокого разрешения QuickBird позволило посредством классификации с обучением выделить на территории Центрального сибирского ботанического сада (ЦСБС) СО РАН лесные массивы и отчленить их от безлесных территорий. Поскольку пространственное разрешение спектральных каналов космоснимка QuickBird, разрешенных к использованию, составляет 2,5 м (размер пикселя цифрового изображения 2,5×2,5 м), то на изображении в пределах площадей, занятых лесами, отчетливо выделяются залежи, пашни, лиственный лес, хвойный лес, газоны, лесные посадки, дороги и тени. Объединив пашни, залежи, газоны, дороги и тени в один класс, и распределив лесные посадки между разными породами леса, мы получили три типа объектов: кроны хвойных деревьев, кроны лиственных деревьев и открытые пространства. Уверенное различение хвойных и

лиственных пород обеспечено октябрьским временем космической съемки, когда лиственные породы деревьев уже сбросили листву, а хвойные так и остались зелеными. Это позволило поставить задачу на оценку породного состава леса по процентному соотношению хвойных и лиственных пород. Кроме того, можно оценить плотность леса по соотношению площадей, занятых кронами деревьев и прогалинами с тенями.

Анализ космических снимков и результата классификации показал, что пиксели крон лиственного и хвойного леса с одной стороны не образуют сплошного контура, а с другой – равномерно распределены по территории. Поэтому, для оценки удельного вклада каждого типа объектов использовались плотностные сетки. Схемы плотностного распределения позволяют выделять интервалы процентного содержания для каждого компонента отдельно и оконтуривать комплексные выделы с определенными типами соотношения компонентов [1, 2, 3, 4]. Оценка процентного соотношения площадей, занятых кронами хвойных и лиственных пород деревьев, проводилась в несколько этапов. Сначала были построены две плотностные сетки по распределению: 1) крон хвойного и 2) крон лиственного леса (размер ячейки 2,5 м, радиус 50 м). Затем, суммированием этих двух сеток, получена общая плотность крон деревьев. Разделив сетку плотности крон хвойных деревьев на сетку плотности всех крон, получили схему, которая отражает изменение содержания леса по соотношению хвойных и лиственных пород (1–100 % хвойного леса; 0–0 % хвойного леса). По общепринятой классификации значения от 0 до 0,2 отнесены к лиственному лесу; от 0,2 до 0,5 – к хвойно-лиственному; от 0,5 до 0,8 – к лиственно-хвойному; от 0,8 до 1 – к хвойному. Для удобства представления в ГИС плотностные сетки, отражающие густоту крон деревьев и соотношения хвойных и лиственных пород, конвертировались в векторные слои с площадными объектами. После этого векторную схему густоты леса наложили на векторную схему состава пород леса и посредством оверлейной операции получили интегральную схему распределения лесов как по густоте-разреженности, так и по соотношению хвойных и лиственных пород. В результате комбинаторики трех классов леса по густоте крон и четырех классов леса по соотношению хвойных и лиственных пород получено 12 сочетаний. Однако, с учетом того, что расчеты проводились по октябрьскому снимку, то степень сомкнутости для лиственного леса оказалась заниженной по сравнению с летней.

Для получения полноценной картины распространения хвойных и лиственных лесов ботанического сада Академгородка были использованы летние снимки QuickBird. Вектор, полученный на основе классификации снимка методом максимального правдоподобия, представлен кронами как лиственных так и хвойных деревьев, поскольку на летнем снимке эти породы располагаются близко в пространстве признаков и тяжело поддаются автоматической классификации. Для того, чтобы отделить из вектора крон всего леса лиственные и хвойные деревья проводилась оверлейная операция – для этого вектор хвойных пород деревьев, полученного на основе осеннего снимка, наложили на весь лес летнего снимка. На основе полученных векторов были

построены плотностные сетки хвойного и всего леса (размер ячейки 2,5 м, радиус 50 м). Разделив сетку плотности крон хвойных деревьев на сетку плотности всех крон, получили схему, которая отражает изменение содержания леса по соотношению хвойных и лиственных пород для летнего снимка. Полученная плотностная сетка была разделена на четыре интервала с последующей конвертацией в векторные слои: значения от 0 до 0,2 отнесены к лиственному лесу; от 0,2 до 0,5 – к хвойно-лиственному; от 0,5 до 0,8 – к лиственно-хвойному; от 0,8 до 1 – к хвойному. Из полученных векторных слоев густоты леса и состава пород посредством оверлейных операций получили интегральную схему распределения леса по густоте-разреженности и соотношению хвойных и лиственных пород.

По данным полевого обследования лес данной территории в среднем обладает средней сомкнутостью, что подтвердилось полученной интегральной схемой. При анализе результата выяснилось, что разные сочетания занимают различные площади и, соответственно, имеют разное значение (таблица 1). Так, например, сочетания хвойный и лиственно-хвойный густой лес вообще отсутствует на изученной территории. Здесь же отметим, что густой лес других породных сочетаний в сумме не превосходит 0,9 % площади территории. Наибольшие площади на территории занимает лиственный лес средней сомкнутости (68,7 %), хвойно-лиственный лес средней сомкнутости (9,4 %), лиственный разреженный лес (9 %).

Таблица 1 Площади распространения различных типов леса в зависимости от густоты (в процентах от общей площади)

Тип леса	Отдельно стоящие деревья (0–20 %)	Парковый разреженный лес (20–40 %)	Нормальный лес (40–70 %)	Густой лес (70–100 %)
Хвойный	0,013	0,15	0,42	0
Хвойно-лиственный	0,410	2,50	9,40	0,001
Лиственно-хвойный	0,090	0,60	1,80	0
Лиственный	6,150	9,03	68,70	0,86

На рис. 1 представлена итоговая схема, отражающая густоту и породный состав леса ЦСБС СО РАН. Заметим, что площади распространения хвойного леса средней сомкнутости и разреженного весьма незначительны, поэтому они были объединены в один класс. Это же характерно для хвойно-лиственных и лиственно-хвойных пород деревьев.

На рисунке видны закономерности размещения сочетаний лесных пород разной густоты в зависимости от рельефа местности. Естественные лиственные леса (березовые, осиново-березовые) широко распространены на водоразделах, естественные массивы хвойных (сосновых) лесов занимают склоны больших оврагов и борта долины реки Зырянки. Их оконтуривают лиственно-хвойные (березово-сосновые) леса. Массивы хвойных лесов в долине р. Зырянки и на

водораздельных пространствах представляет собой посадки различных хвойных пород. Таким образом, исследования показали, что обработка космических снимков высокого разрешения позволяет распознать хвойные и лиственные породы деревьев и густоту леса.



Рис. 1. Интегральная схема густоты и породного состава леса. В – лиственный лес, PB – хвойно-лиственный, BP – лиственно-хвойный, P – хвойный. 0–3 – густота леса (0 – от 0 до 20 %; 1 – от 20 до 70 %; 2 – от 40 до 70 %; 3 – от 70 до 100 %)

Работа выполнена при финансовой поддержке интеграционного проекта СО РАН № 10 (Динамика экосистем Академгородка: мониторинг и разработка рекомендаций по рациональному использованию).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Зольников И.Д. Подход к моделированию региональной экосистемы и пространственных взаимосвязей ее компонентов на основе интеграции междисциплинарной информации [Текст] / Зольников И.Д., Айриянц А.А., Королюк А.Ю., Мартысевич У.В. // Сибирский экологический журнал. – 2005. – № 6. – С. 927–937.
2. Добрецов Н.Н. Разработка системы комплексного описания полигонов для интерпретации данных космической съемки [Текст] / Добрецов Н.Н., Зольников И.Д., Королюк А.Ю., Мистрюков А.А., Смоленцев Б.А., Смоленцева Е.Н., Мартысевич У.В., Макунина Н.И., Мальцева Т.В. // Сибирский экологический журнал. – 2005. – № 6. – С. 1031–1038.
3. Лямина В.А. Методика выделения гетерогенных ландшафтов методами ГИС и ДЗ [Текст] / Лямина В.А. // Тез. докл. Четвертой Сибир. междунар. конф. молодых ученых по наукам о Земле. – Новосибирск: ИГМ СО РАН, 2008. – С. 181–183.
4. Лямина В.А. Использование методов ГИС и ДЗ для картографирования и мониторинга гетерогенных ландшафтов. [Текст] / Лямина В.А., Зольников И.Д., Королюк А.Ю., Добрецов Н.Н., Смоленцев Б.А., Глушкова Н.В. // Сборник материалов V Междунар. конгресса «ГЕО-Сибирь-2009». – Новосибирск: СГГА, 2009. – Т. 4. Ч. 1. – С. 171–175.

© Н.В. Глушкова, И.Д. Зольников, В.А. Лямина, Н.И. Макунина, 2010

УДК 519.6+519.246+551.5

В.А. Огородников, К.В. Деренок

ИВМиМГ СО РАН, Новосибирск

Е.И. Хлебникова

ГГО им. А.И. Воейкова, Санкт-Петербург

ЧИСЛЕННЫЕ СТОХАСТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ СОВМЕСТНЫХ НЕГАУССОВСКИХ РЯДОВ МЕТЕОЭЛЕМЕНТОВ С УЧЕТОМ ПЕРИОДИЧЕСКОЙ ЗАВИСИМОСТИ ПАРАМЕТРОВ РАСПРЕДЕЛЕНИЙ ОТ ВРЕМЕНИ

В работе рассматриваются численные стохастические модели совместных временных рядов различных метеорологических элементов, таких как температура воздуха, скорость ветра, относительная влажность и т.д., учитывающих одномерные распределения и матричные корреляционные функции реальных процессов. Для построения моделей используется приближение периодически коррелированных процессов, в соответствии с которым параметры распределений являются периодическими функциями с суточным периодом. На основе этих моделей исследуются вероятностные свойства опасных метеорологических явлений (длительные понижения температуры воздуха, неблагоприятные сочетания метеорологических элементов и т. д.).

V.A. Ogorodnikov, K.V. Derenok

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

E.I. Khlebnikova

A.I. Voeikov Main Geophysical Observatory,

7 Karbysheva, St. Petersburg, 194021, Russian Federation

NUMERICAL STOCHASTIC MODELS OF JOINT NON-STATIONARY AND NON-GAUSSIAN TIME SERIES OF WEATHER ELEMENTS IN VIEW OF PERIODIC DEPENDENCE OF DISTRIBUTIONS PARAMETERS ON TIME

The numerical stochastic parametrical models of joint time series of various weather elements (air temperature, speed of a wind, relative humidity etc.), taking into account one-dimensional distributions and matrix correlation functions of real processes are constructed. The approximation of periodically correlated process is used. According to this approximation the daily periodic character of parameters of one-dimensional distributions and correlation functions is taken into account. On the basis of these models the statistical properties of the adverse meteorological

phenomena (for example, long adverse temperature phenomena, adverse combinations of meteorological elements etc.) are investigated.

В работе рассматриваются модели совместных нестационарных периодически коррелированных временных рядов различных метеоэлементов с учетом их реальной специфики.

Одномерные распределения вероятностей большинства метеорологических элементов, как правило, существенно отличаются от нормальных. При этом они испытывают суточный ход, причем периодически меняются различные характеристики процесса (средние значения, дисперсии, коэффициенты корреляции). Это существенным образом влияет на изменение различных важных для практики характеристик метеорологических рядов, например, длительных заморозков, резких перепадов температур и т. д.

Оценка параметров модели и численная верификация проведены с использованием данных 8-срочных метеорологических наблюдений, которые представлены в виде синхронных рядов значений приземной температуры воздуха, модуля скорости приземного ветра, атмосферного давления, относительной влажности и т.д. за период с 1966 по 2000 годы (метеостанция «Астрахань»).

Подход к построению совместных периодически коррелированных случайных процессов состоит в представлении этого процесса в виде векторного процесса с блочно-теплицевой ковариационной матрицей. Период определяется размерностью векторов в этом процессе, например, числом измерений в сутки, а значения компонентов соответствуют значениям метеорологического элемента в соответствующие сроки наблюдения. Средние, дисперсии и корреляционная функция периодически коррелированного процесса удовлетворяют следующим соотношениям [4]:

$$E\xi(t_i + p) = E\xi(t_i), \quad (1)$$

$$D\xi(t_i + p) = D\xi(t_i), \quad (2)$$

$$R_\xi(t_i + p, t_j + p) = R_\xi(t_i, t_j). \quad (3)$$

Способ моделирования гауссовых последовательностей, удовлетворяющих этим условиям, основан на моделировании стационарно связанных гауссовых p -мерных векторов $\vec{\xi}_i = (\xi_{1i}, \xi_{2i}, \dots, \xi_{pi})^T$, совокупность которых при $i=1, \dots, n$ можно представить в виде вектора

$$\vec{\xi}_{(n)} = (\vec{\xi}_1^T, \vec{\xi}_2^T, \dots, \vec{\xi}_n^T)^T \quad (4)$$

с нулевым средним и заданной вещественной ковариационной матрицей блочно-теплицева вида

$$R_{(n)} = \begin{bmatrix} R_0 & R_1 & \dots & R_{n-1} \\ R_1^T & R_0 & \dots & R_{n-2} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ R_{n-1}^T & R_{n-2}^T & \dots & R_0 \end{bmatrix}, \quad (5)$$

где R_k , $k = 0, \dots, n-1$ – матрицы $p \times p$. Без нарушения общности мы можем рассматривать нормированную ковариационную матрицу $R_{(n)}$. Соответствующая ковариационная матрица получается после умножения каждой компоненты вектора (4) на соответствующее стандартное отклонение.

Представим вектор (4) в виде

$$\vec{\xi}_{(n)} = (\xi_{11}, \xi_{21}, \dots, \xi_{p1}, \xi_{12}, \xi_{22}, \dots, \xi_{p2}, \dots, \xi_{1n}, \xi_{2n}, \dots, \xi_{pn})^T. \quad (6)$$

Последовательность компонентов данного вектора является периодически коррелированной последовательностью [2, 3]. Отметим, что специфика периодической коррелированности последовательности (6) определяется структурой блоков R_k матрицы $R_{(n)}$.

Алгоритм моделирования последовательности векторов $\vec{\xi}_i$, $i = 1, \dots, n$ с корреляционной матрицей (5) основан на методе условных распределений [6]. Для численной реализации этого метода используется специфика матрицы (5) [6,7].

Для моделирования неограниченных последовательностей

$$\xi_1, \xi_2, \dots, \xi_p, \xi_{p+1}, \xi_{p+2}, \dots, \xi_{2p}, \dots, \xi_{(n-1)p+1}, \xi_{(n-1)p+2}, \dots, \xi_{np}, \dots$$

может быть использована многомерная модель авторегрессии порядка n в виде

$$\vec{\xi}_t = B_1^T[n]\vec{\xi}_{t-1} + \dots + B_n^T[n]\vec{\xi}_{t-n} + C_n \vec{\varphi}_t,$$

где в качестве начальных векторов используются векторы $\vec{\xi}_1, \dots, \vec{\xi}_n$. Если выполняются условия стационарности процесса авторегрессии [1], то для него также выполняются соотношения (1)–(3).

Для воспроизведения заданных распределений используется специальная модификация метода обратных функций распределения, основанная на нормализации исходного ряда [5].

В качестве примера на рис. 1–3 приведены вероятности различных сочетаний метеоэлементов, длящиеся на протяжении заданного промежутка времени.

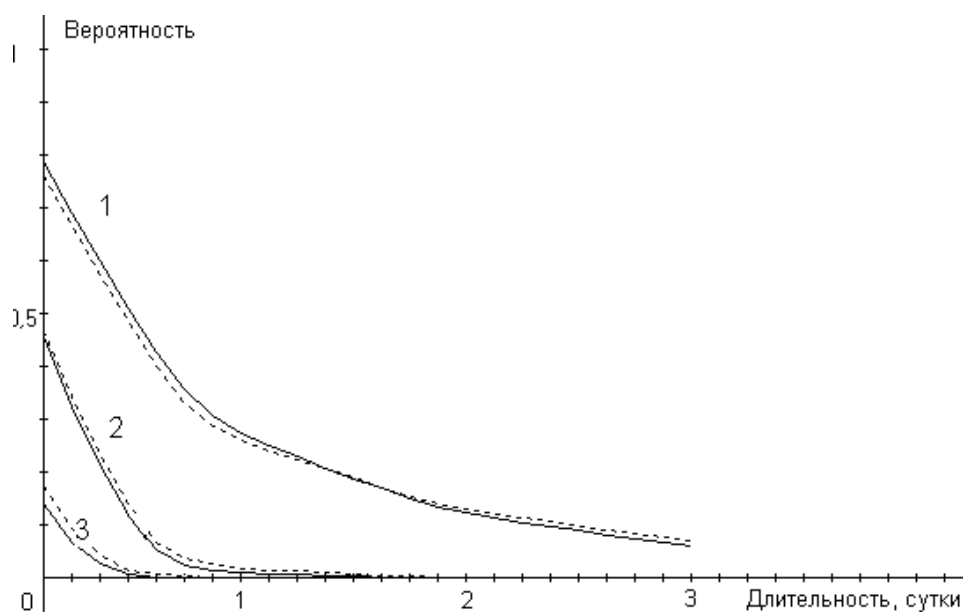


Рис. 1. Вероятность совместного наступления двух событий в течение заданного временного периода: относительная влажность выше 40(%) - 1, 60(%) - 2, 80 (%) - 3, а температура выше 15°C , по реальным (.....) и по модельным (—) данным, июль

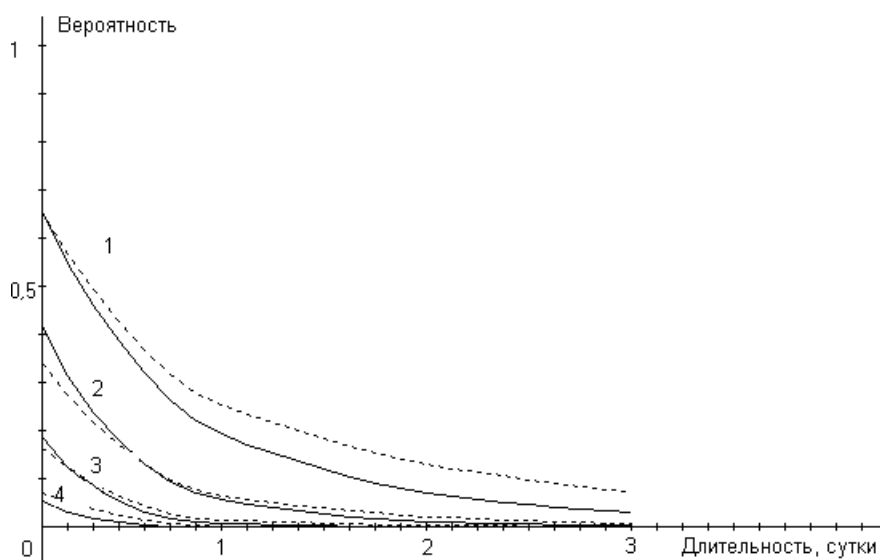


Рис. 2. Вероятность совместного наступления двух событий в течение заданного временного периода: температура ниже 0°C - 1, -5°C - 2, -10°C - 3, 15°C - 4, относительная влажность выше 70 (%), по реальным (.....) и по модельным (—) данным, январь.

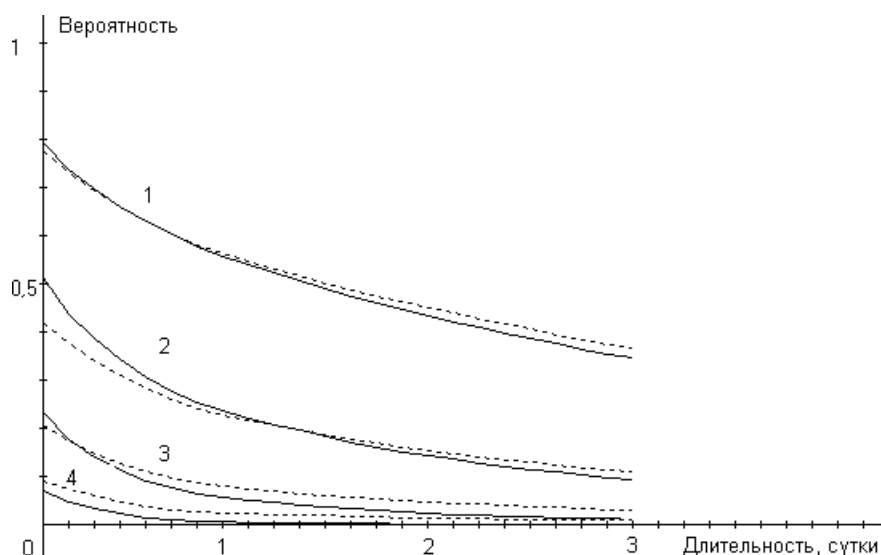


Рис. 3. Вероятность совместного наступления двух событий в течение заданного временного периода: 1 - температуры ниже 0°C , -5°C , -10°C , -15°C , модуль скорости ветра меньше 5 (м/с), по реальным (.....) и по модельным (—) данным, январь.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (гранты № 08-01-00846-а, 09-05-00963-а, 08-05-00569-а, 09-05-00874-а, 09-05-13507-офи_ц)

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Т. Андерсон. Статистический анализ временных рядов. – М.: Мир, 1976. – 757 с.
2. Боков В.Н., Лопатухин Л.И., Микулинская С.М., Рожков В.А., Румянцева С.А. О межгодовой изменчивости волнения // Проблемы исследования и математического моделирования ветрового волнения. – С.-Петербург, Гидрометеиздат, 1995. – С. 446–454.
3. K.V. Derenok and V.A. Ogorodnikov. Numerical simulation of significant long-term decreases in air temperature // Russ. Journal of Numer. Anal. and Math. Modelling –2008, V. 23, № 3. – P. 223–237.
4. Драган Я.П., Рожков В.А., Яворский И.Н. Методы вероятностного анализа ритмики океанологических процессов. – Л.: Гидрометеиздат, 1987. – 320 с.
5. Марченко А.С., Сёмочкин А.Г. ГФФГ – метод моделирования временных рядов по наблюдаемым реализациям // Численные методы статистического моделирования. – Новосибирск: Изд. ВЦ СО АН СССР, 1987. – С. 14–22.
6. V. A. Ogorodnikov, S. M. Prigarin. Numerical Modeling of Random Processes and Fields: Algorithms and Applications, Utrecht: VSP. The Netherlands, 1996.
7. Марпл С.Л.-мл. Цифровой спектральный анализ и его приложения. – М: Мир, 1990. – 584 с.

УДК 528.852

В.С. Сидорова

ИВМиМГ, Новосибирск

ИЕРАРХИЧЕСКИЙ КЛАСТЕРНЫЙ АЛГОРИТМ ДЛЯ АНАЛИЗА ИЗОБРАЖЕНИЯ ЛЕСНЫХ ЛАНДШАФТОВ¹

Рассмотрен гистограммный кластерный алгоритм, выстраивающий иерархию распределений, лучших по изолированности кластеров, и его приложение для классификации изображения лесных ландшафтов.

V.S. Sidorova

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

6 Lavrentjev avenu, Novosibirsk, 630090, Russian Federation

HIERARCHICAL ALGORITHM FOR CLUSTERING FOREST AEROIMAGE

Histogram cluster algorithm, creating hierarchy of distributions of most isolated clusters is considered, as well as its using for clustering forest aeroimage.

Спецификой данных дистанционного зондирования Земли является не только их очень большой объем, но также высокая корреляция. Поэтому алгоритмы кластеризации должны быть способны находить границы между тесно расположенными, плохо разделенными кластерами. Подходящими являются методы, основанные на использовании многомерной гистограммы признаков. Популярным является метод Фукунаги [1], который разделяет векторное пространство признаков по унимодальным кластерам. Метод определяет кластеры как естественные пики гистограммы, т. е. каждому локальному максимуму многомерной гистограммы сопоставляется модальный вектор кластера, границы кластера соответствуют долинам или оврагам гистограммы, т. е. областям низкой плотности векторов кластера. Достоинством метода является отсутствие заранее заданных свойств распределения и каких бы то ни было параметров, в отличие от альтернативного алгоритма К – средних, результат кластеризации по которому существенно зависит от числа заданных кластеров. Это число определить заранее для большого объема разнородных данных, каковыми являются данные дистанционного зондирования, часто невозможно. Метод Фукунаги автоматически определяет число кластеров. Развитие этого метода осуществилось в известном алгоритме Нарендры [2], который предложил накапливать данные в виде списка векторов,

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

упорядоченных по возрастанию и строить гистограмму за один просмотр исходной информации, сохраняя лишь присутствующие вектора и используя систему хэширования для быстрого доступа к данным. Этот алгоритм построения гистограммы и последующей классификации с использованием графов, является быстрым, т. е. линейно зависит от числа векторов. Нарендра также предложил квантование векторного пространства для предварительного объединения векторов. Сначала это делалось для уменьшения объема хранимых данных, т. к. возможности компьютерной памяти того времени были весьма ограничены. Для таких сжатых данных можно было получить не очень большое число крупных одномодальных кластеров. Однако, с развитием техники, стало возможным уменьшить предварительное сжатие, т.е. увеличить число уровней квантования векторного пространства признаков. Тогда появились новые вопросы. Возникла проблема большого числа полученных кластеров, каждый из которых соответствовал локальному максимуму гистограммы. Также появилась задача выбора числа уровней квантования, т.к. каждому такому числу соответствует свое распределение, свои максимумы и кластеры. В [3] было предложено рассматривать ряд распределений, соответствующих последовательности значений количества уровней квантования пространства признаков, и выбирать те распределения (и соответствующее число уровней), которые соответствуют лучшей разделимости полученных кластеров. Хорошая разделимость кластеров соответствует достоверности классификации. Была предложена мера изолированности распределения как средняя изолированность по всем кластерам [3]. Лучшие кластерные распределения соответствуют минимумам меры. Значение мер качества для одного унимодального кластера и всего распределения всегда меньше единицы. Было показано, что для пространства плотно расположенных векторов эта мера соответствует требованиям, предъявляемым к индикаторным мерам кластерной достоверности [4,5]. А именно: ее значение уменьшается с увеличением компактности кластеров (в смысле концентрации векторов в области модального вектора) и увеличением расстояния между кластерами. Исследования показали, что кластеры лучших (в смысле разделимости) распределений соответствовали природным кластерам для многоспектральных данных, а также для текстурных признаков при анализе леса по аэрофотоснимкам [3, 4, 5].

Если структура природных объектов иерархична, то это находит отражение и в структуре данных: мелкие, довольно хорошо разделенные кластеры группируются в более крупные. Дальнейшее развитие гистограммного алгоритма было предложено в [6]. Так как степень детальности представления данных (в рассматриваемом алгоритме соответствует числу уровней квантования) определяет качество полученных классификаций, т.е. значение разделимости кластеров, то можно предположить, что для различных объектов одного изображения и соответствующих им областей данных требуется своя степень детальности. Поэтому в [6] был предложен следующий иерархический алгоритм. Сначала находится кластерное распределение для минимального значения меры разделимости (первый уровень иерархии). Затем для каждого

полученного кластера отыскивается свое значение числа уровней квантования, свой минимум меры разделимости и свои новые кластеры (второй уровень иерархии) и т. д. Значение разделимости, качества классификации на каждом уровне иерархии определяется по-прежнему как среднее по всем кластерам.

С ростом числа уровней квантования и уровня иерархии наблюдается тенденция к ухудшению качества распределений, хотя структура данных в некоторых областях может дать более качественное распределение и на высоком уровне, даже настолько, что общее распределение для этого уровня окажется лучше начального. Построение иерархии можно прекратить для такого кластера, при делении которого будет достигнут, например, заданный порог разделимости, или для такого, который не делится далее, и дальнейшее увеличение числа уровней квантования не улучшает ситуацию.

В [7] было показано применение алгоритма для классификации многоспектрального изображения. Здесь покажем пример использования иерархического алгоритма для кластеризации изображения ландшафта леса по текстурным признакам. На рис. 1 фрагмент черно-белого аэроснимка лесного ландшафта Западной Сибири масштаба 1 : 50 000. Размер электронной версии изображения 685×292, разрешение: 5×5 кв. м/пиксель. На рис. 2 представлена картосхема выделов изображения, построенная по данным наземной таксации. Выдел соответствует насаждениям определенного типа и возраста, но может включать определенный процент других элементов. Представлены выделы сосняков в трех фазах развития и кедровников. Текстуры этих типов леса близки для определенных фаз развития, но специалисты различают их при визуальном дешифрировании. В качестве признаков вычислялись параметр ρ_N статистической текстурной модели SAR (Simultaneous Autoregressive)[7] и средний тон. Параметр ρ_N отражает степень зернистости текстуры.



Рис. 1. На изображении лесного ландшафта кедровые и сосновые насаждения различных фаз. Наиболее темные области соответствуют кедровникам старших фаз (справа). В правой части видны светлые вытянутые по диагонали пятна – полупрозрачные облака

Предварительно пространство признаков точек изображения классифицировалось по алгоритму для текстурных изображений [5]. В результате был получен размер окна для сбора статистик 16×16.

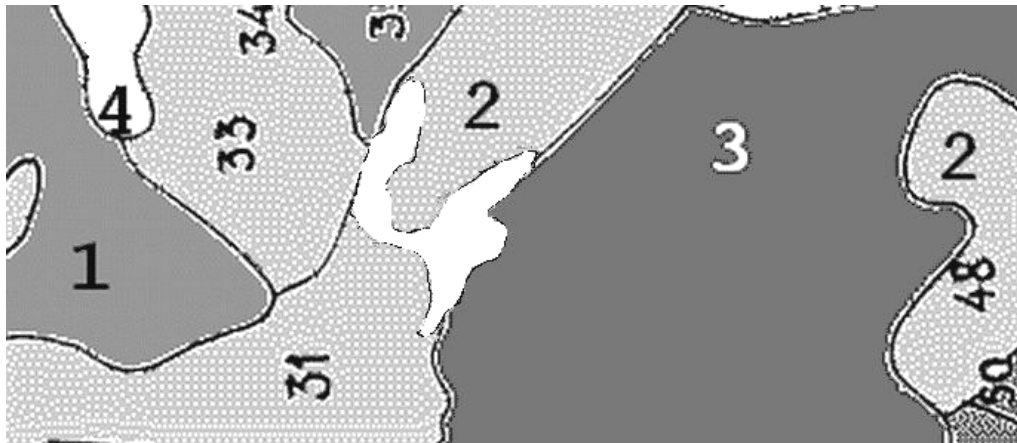


Рис. 2. Картограмма изображения, сосновые насаждения: 1 – XIII фазы, 2 – VI фазы, 4 – III фазы; 3 – кедровники различных фаз

На рис. 3 показана классификация первого уровня иерархии. Минимум меры (2), равный 0,31 достигнут при числе уровней квантования $n = 29$. Получено 4 больших и 5 маленьких кластеров. Этот уровень квантования не позволил разделить сосновые и кедровые насаждения. Для их различения число уровней квантования n достигло 112. Причем, сосновые насаждения оказались представлены одним кластером, кедровники же, напротив, множеством кластеров, однако их разделимость оказалась выше заданного порога 0.6, поэтому некоторые кластеры были возвращены на предыдущие уровни иерархии и тем самым объединены. Сосняки младших фаз отделились от кластера болота при довольно низком уровне $n = 35$ (значение меры качества 0.20), но дальнейшее иерархическое продвижение вызвало рост меры разделимости выше 0.6.

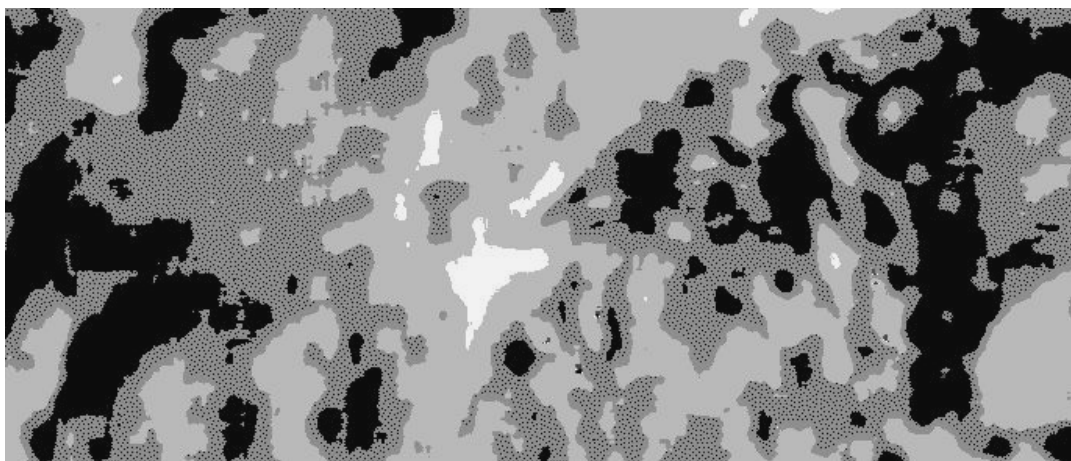


Рис. 3. Кластерная карта первого уровня иерархии

Всего было найдено 125 унимодальных кластеров. На рис. 4 показана кластерная карта, полученная иерархическим методом. Возможно дальнейшее уменьшение числа кластеров за счет объединения узких, ложных кластеров, возникающих на границах текстур [5]. Значение меры разделимости,

вычисленной как среднее по всем кластерам, равно 0.40. Между тем, прямая кластеризация в интервале $112 < n < 255$ дает минимум меры при $n = 113$. Число кластеров при этом 498 и средняя разделимость 0.53.

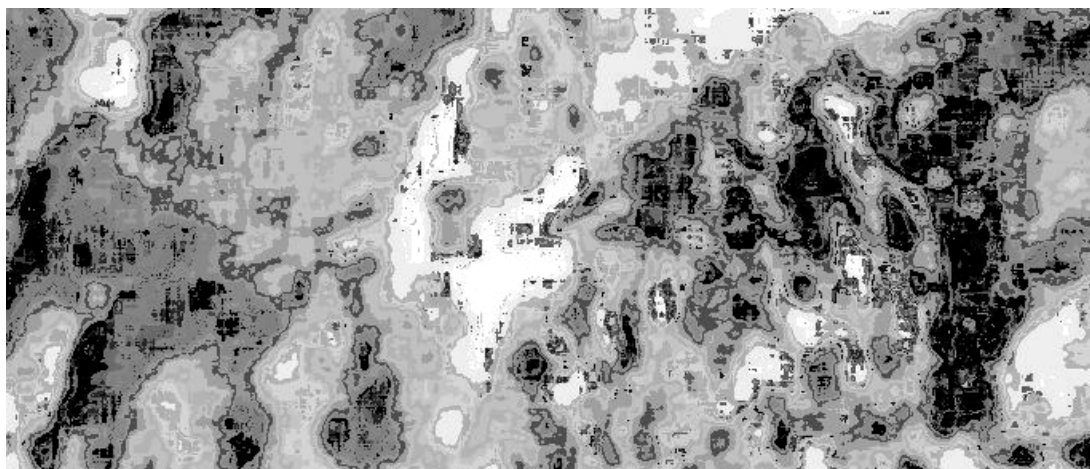


Рис. 4. Кластерная карта, полученная иерархическим методом

Таким образом, применяя предложенный иерархический кластерный алгоритм, получаем более качественное в смысле разделимости кластеров, распределение, с существенно меньшим числом кластеров, чем для прямой кластеризации. Это достигнуто за счет того, что детальность предварительного объединения векторов квантованием векторного пространства автоматически выбиралось в зависимости от разделимости кластеров для разных областей.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. W. Koontz, P.M. Narendra and K.Fukunaga. A graph theoretic approach to non-parametric cluster analysis // IEEE Trans. Comput. – 1967. – С. 23. – Р. 936–944.
2. Narendra P.M. and Goldberg M. A non-parametric clustering scheme for LANDSAT // Pattern Recognition. – 1977. – 9. Р. 207.
3. Сидорова В.С. Оценка качества классификации многоспектральных изображений гистограммным методом // Автометрия. – 2007. – Том 43. – № 1. – С. 37.–43.
4. V.S. Sidorova. Unsupervised Classification of Image Texture //Pattern Recognition and Image Analysis. – 2008. – Vol. 18. – No. 4. – Р. 694–700.
5. V.S. Sidorova. Unsupervised Classification of Forest's Image by Texture Model Features. // Pattern Recognition and Image Analysis. – 2009. – Vol. 19. – No. 4. – Р. 698–703.
6. В.С. Сидорова. Иерархический кластерный алгоритм для данных дистанционного зондирования. Труды международного конгресса “ГЕО-СИБИР -2009” – 2009, Новосибирск. – С. 126–131.
7. Kashyap R.L., Chellapa R. Estimation and Choice of Neighbors in Spatial Interaction Models of Images // IEEE Trans. Inform. Theory. – 1983. – Vol. 1 – Р. 60–72.

УДК 551.51+519.6

М.С. Юдин

ИВМиМГ СО РАН, Новосибирск

МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ОРОГРАФИИ НА ДВИЖЕНИЕ АТМОСФЕРНЫХ ФРОНТОВ

В настоящей работе мы изучаем движение фронтов в атмосфере с помощью мезо-масштабной метеорологической модели. При этом формулируется специальное уравнение для поверхности фронта. Перенос температуры в модели реализуется полу-лагранжевым методом третьего порядка точности. Приведены результаты расчета распространения холодного атмосферного фронта над холмом при устойчивой и нейтральной стратификации. Полученные результаты находятся в хорошем согласии с данными наблюдений в атмосфере и в лабораторных экспериментах.

M.S. Yudin

Institute of Computational Mathematics and Mathematical Geophysics SB RAS
(ICMMG)

6 Lavrentieva Pr, Novosibirsk, 630090, Russian Federation

SIMULATION OF OROGRAPHY EFFECTS ON ATMOSPHERIC FRONT PROPAGATION

In this paper we study the movement of atmospheric fronts with the use of a meso-scale meteorological model. A special equation for the front surface is formulated. Temperature advection in the model is performed by a semi-Lagrangian method of third-order accuracy. The results of simulations on the propagation of a cold front over a hill under neutral and stable stratifications are presented. These results are in good agreement with the available data of observations in the atmosphere and in laboratory experiments.

Данная работа является частью исследований по влиянию стратификации и инверсии на распространение мезо-масштабных гравитационных течений в атмосфере над изолированными препятствиями, такими как горные долины и холмы. С этой целью используется негидростатическая конечно-разностная модель атмосферы в двух и трех измерениях со специальной аппроксимацией разностных операторов для оценки влияния различных метеорологических параметров на величину деформации фронта.

1. Модель атмосферного фона.

Для расчета метеорологических полей мы используем уравнения атмосферной динамики. Подробное изложение этой модели можно найти, например, в [1].

2. Полу-лагранжев метод расчета адвекции температуры.

В последние годы среди существующих подходов для расчета крупномасштабной адвекции приобрел популярность так называемый полу-лагранжев метод [2], [3]. Этот метод позволяет минимизировать вычислительные ошибки, и в этом смысле обладает преимуществом перед традиционным эйлеровым подходом.

Рассматриваемый здесь метод расчета температурной адвекции состоит из двух этапов:

1. Определение точек вылета частиц, т. е. таких точек, откуда доставляется информация о распределении рассчитываемой функции на следующем шаге по времени.

2. Интерполяция из ближайших узлов пространственной сетки на точки вылета частиц

$$x_i = x - \int v dt$$
$$f(x, t + \Delta t) = f(x, t).$$

Здесь Δt – шаг по времени. Порядок интерполяции определяет точность метода.

Эксперименты со схемами различного порядка позволили сделать следующие выводы.

1. Схемы первого порядка имеют большую численную диффузию.

2. Схемы второго порядка являются немонотонными, обладают мелкомасштабной волнообразной структурой.

3. В рассматриваемых схемах третьего порядка оба этих типа ошибок существенно подавляются.

Схемы более высокого порядка приводят к незначительному улучшению качества решения, при существенном росте вычислительной работы. Поэтому в настоящей работе используется схема третьего порядка. Эта схема строится следующим образом. Произвольная функция f в узле разностной сетки раскладывается в ряд с точностью до членов четвертого порядка. Свободные коэффициенты этого разложения определяются через значения функции в узлах сетки. Обозначим $\lambda = (x_D - x_i) / \Delta x$. Здесь Δx – шаг по пространству. Указанное разложение дает разностный аналог исходного дифференциального уравнения.

Решив полученную систему линейных уравнений, окончательно получаем:

$$f(t + \Delta t) = f(1 - \lambda/2 - \lambda^2/2 + \lambda^3/2) + f(\lambda + \lambda^2/2 - \lambda^3/2) + f(-\lambda/6 - \lambda^2/6 + \lambda^3/6) + f(-\lambda/3 + \lambda^2/2 - \lambda^3/6)$$

3. Распространение холодного атмосферного фронта над холмом.

В этом разделе мы приведем пример применения трехмерного варианта метеорологической модели для расчета распространения холодного атмосферного фронта над крутым препятствием. Входные параметры взяты из работы [4]:

Препятствие представляет собой округлый холм с симметричным относительно вертикальной оси профилем синусоидальной формы высотой 2 км и диаметром основания 200 км. Размеры области вычислений: 600 км и 400 км по горизонтальным координатам и 6 км по вертикали.

На рис. 1 приведены результаты моделирования распространения холодного фронта с асимптотической высотой 4 км и скачком температуры между холодным и теплым воздухом 3 К для нейтральной стратификации. Показаны поверхностные изохроны фронта для последовательности моментов безразмерного времени, которое меняется от 0 до 1.

На рис. 2 приведены результаты аналогичного расчета для устойчивой стратификации.

Оба расчета показывают ускорение фронта в северной области и замедление вблизи центра и главным образом на южной стороне холма. Исследование вертикальной структуры потока выявило наличие сильного антициклонического движения над холмом, которое вызвало значительную деформацию фронтальной поверхности. Из сравнения рис. 1 и 2 видно, что при наличии стратификации эффекты ускорения и замедления фронта значительно усиливаются.

Получено также качественное согласие между приведенными данными и результатами расчетов проведенных в [4] с помощью другой модели атмосферы и другой схемы для адвекции температуры.

Результаты этих предварительных расчетов показывают, что рассмотренные вычислительные методы могут быть использованы для моделирования распространения атмосферных фронтов над препятствиями сложной формы.

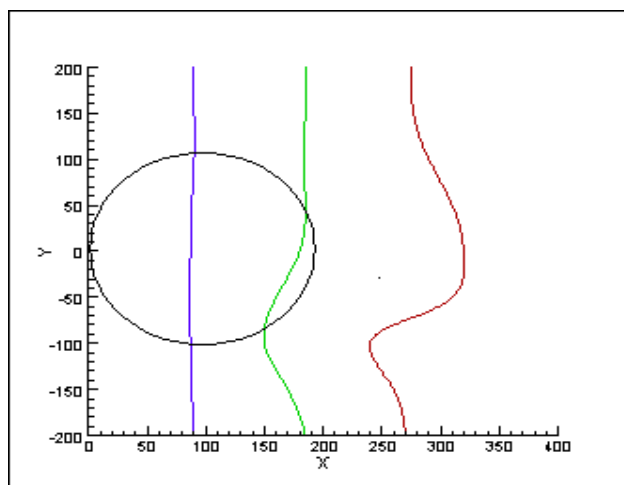


Рис. 1. Распространение холодного атмосферного фронта над холмом:
нейтральная стратификация

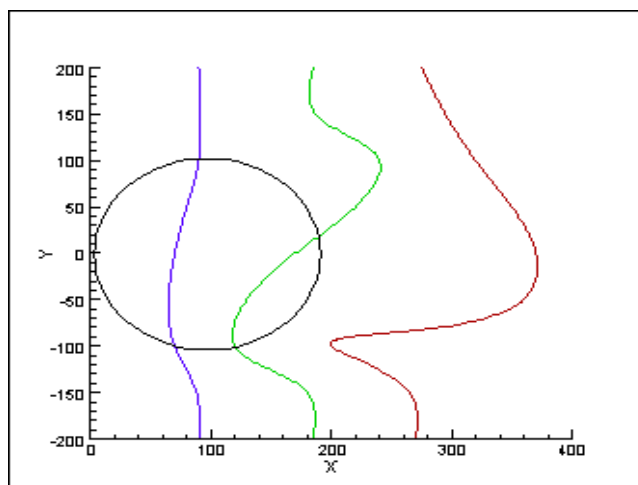


Рис. 2. Распространение холодного атмосферного фронта над холмом:
устойчивая стратификация

Работа выполняется в рамках фундаментальных исследований СО РАН по программам №16 фундаментальных исследований Президиума РАН и программе №3.1 Отделения математических наук РАН.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Yudin, M.S. Numerical simulation of orographic waves / M.S. Yudin// Bull. Nov. Comp. Center, Num. Model. in Atmosph., – 1995. – V. 2. – P. 101–107.
2. Ritchie, H. Semi-Lagrangian advection on a Gaussian grid / H. Ritchie// Mon. Wea. Rev. – 1987. – V.115. – P. 136–146.
3. Крупчатников, В.Н. Полулагранжева полуневная схема переноса в климатической модели ECSib. / В.Н. Крупчатников, А.А. Фоменко. – Препринт ИВМиМГ. – 1997. – 20 с.
4. Schumann, U. Influence of mesoscale orography on idealized cold fronts / U. Schumann // J. Atmos. Sci. – 1987. – V. 44, P. 3423–3441.

© М.С. Юдин, 2010

УДК 551.511.61

Т.В. Ярославцева, В.Ф. Рапута

ИВМиМГ СО РАН, Новосибирск

ЧИСЛЕННАЯ РЕКОНСТРУКЦИЯ ПОЛЕЙ ВЫПАДЕНИЙ ВУЛКАНИЧЕСКОГО ПЕПЛА

Предложена модель реконструкции полей выпадений крупнодисперсной примеси от непрерывного высотного источника. На данных натурных наблюдений выпадений тефры в окрестностях вулкана Чикурачки (о. Парамушир, Курильские острова) проведена апробация предложенной модели оценивания.

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

NUMERICAL RECONSTRUCTION OF FIELDS LOSS OF VOLCANIC ASHES

The model of reconstruction fields of a large-dispersion impurity losses from a continuous high-rise source is offered. On the data of field observations of fallout tephra in vicinities of a volcano of Chikurachki (an island of Paramushir, Kuriles) approbation of the proposed model estimation is spent.

Введение. Воздействие крупнейших вулканических извержений на природную среду происходит прежде всего за счет образующихся при извержениях эруптивных туч, нагруженных частицами тефры и аэрозолями. Для изучения их влияния в региональном и глобальном масштабах необходимо выявить все эти извержения, опираясь на изучение вулканических отложений и форм рельефа, реконструировать параметры извержений, включая возраст, а также объем и состав вулканических продуктов [1, 2].

Вулканические извержения могут влиять на климат в регионах, расположенных далеко за пределами зоны выпадения кислотных дождей, возникающих при пассивной дегазации. Газ или пепел от эруптивной колонны, проникающий в стратосферу, разносится на большие расстояния высотными воздушными течениями. Частицы пепла и аэрозольные капли поглощают солнечный свет, что приводит к понижению температуры на Земле и в нижних слоях атмосферы. Таким образом, крупное вулканическое извержение нагревает верхние слои атмосферы, где происходит абсорбция, но охлаждает поверхность и нижнюю часть атмосферы. Микроскопические частицы пепла, выброшенные в стратосферу, осаждаются примерно за три месяца, но аэрозольные капли

серной кислоты могут плавать в воздухе в течение нескольких лет. Таким образом, крупные извержения, связанные с мощными выбросами двуокиси серы, оказывают наиболее значительное и устойчивое влияние на климат [3].

В связи с вышесказанным проблема определения количественных характеристик отложений вулканического пепла в результате извержений вулканов является весьма актуальной. Применение методов прямого моделирования распространения примесей в атмосфере от такого типа источников сталкивается со значительными затруднениями, поскольку прямые измерения состава и массы выбрасываемых вулканом веществ практически невозможны. Эти трудности усугубляются изменениями параметров источника на разных фазах индивидуального извержения. С другой стороны современные знания о характеристиках вулканических выбросов основаны на косвенных экспериментальных исследованиях их состава на поверхности, в тропосфере и стратосфере, что приводит к необходимости соответствующих постановок обратных задач.

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

Вулкан Чикурачки является одним из наиболее активных вулканов Курильской дуги. Мощные (плинианские) извержения за исторический период происходили дважды – в 1853 и 1986 гг. Высоты эруптивных колонн достигали 13–14 км при скоростях ветра 35–40 м/с и 15 м/с соответственно. Продолжительность плинианских стадий составила 5–7 ч [2]. Спутниковые изображения показывают, что для извержения 1986 г. пепловый шлейф уходил на расстояние до 400 км от вулкана.

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 толщины слоя тефры в зонах выпадений приведены на рис. 1, 2. 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. Высокая пористость ювенильного материала и хорошая сортировка тефры свидетельствуют о чисто магматической природе извержений [2].

2. Постановка обратной задачи переноса в атмосфере полидисперсной примеси.

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 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 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 [4]

$$f(x, y) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\varphi_0 x} e^{-\frac{y^2}{2\varphi_0 x^2}}. \quad (2)$$

Распределение аэрозольной примеси в источнике по скоростям оседания w зададим в виде следующей двухпараметрической функции [5]

$$N(w) = \frac{a^{n+1}}{\Gamma(n+1)} w^n e^{-aw}, \quad n \geq -1, \quad a = \frac{n}{w_m}, \quad (3)$$

где параметр w_m характеризует скорость преобладающей по количеству частиц фракции примеси, n – степень однородности распределения частиц пепла по скоростям w , $\Gamma(n)$ – гамма-функция Эйлера.

Тогда с учётом (1) – (3) количество пепла, выпадающего в точке с координатами x, y за время T , можно оценить с помощью соотношения

$$P(x, y, \vec{\theta}) = \theta_1 x^{\theta_2} \exp\left(-\frac{\theta_3}{x} - \frac{\theta_4 y^2}{x^2}\right), \quad (4)$$

$$\text{где} \quad \theta_1 = \frac{T a^{n+1} (U H)^n}{\sqrt{2\pi}\varphi_0 \Gamma(n+1)}, \quad \theta_2 = -n-1, \quad \theta_3 = a U H, \quad \theta_4 = \frac{1}{2\varphi_0^2}.$$

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

$$J(\vec{\theta}) = \sum_{j=1}^M \sigma_j^{-2} \left[r_j - P(x_j, y_j, \vec{\theta}) \right]^2 \rightarrow \min_{\vec{\theta} \in \Omega}. \quad (5)$$

Здесь r_j – измеренный уровень загрязнения в точке x_j , σ_j – дисперсия ошибки измерения, Ω – область допустимых значений вектора $\vec{\theta}$.

3. Численная реконструкция полей выпадений пепла от извержений вулкана Чукурачки 1853 и 1986 гг.

На основе имеющихся данных наблюдений и модели (4) по ограниченному числу опорных точек была проведена реконструкция следа выпадений, представленная на рис. 1.

Оценивание параметров $\theta_1, \theta_2, \theta_3$ с помощью модели (4) в обоих случаях проводилось по трём опорным точкам измерений, достаточно близко расположенных к осям пеплопадов. Для оценивания параметров θ_4 также использовались по три опорные точки измерений, расположенных на различных

расстояниях от осей. На диаграммах 2 номера этих точек помечены соответственно звёздочками и крышечками.

Результаты численного восстановления полей выпадений тефры приведены на рис. 1, 2. Оценки параметров θ_1 , θ_2 , θ_3 оказались довольно близкими для обоих извержений. Оценки же θ_4 заметно отличаются, что объясняется различием в скоростях ветра во время извержений. Соответственно это отличие проявилось в меньшей вытянутости изолиний на рис. 1б относительно оси.

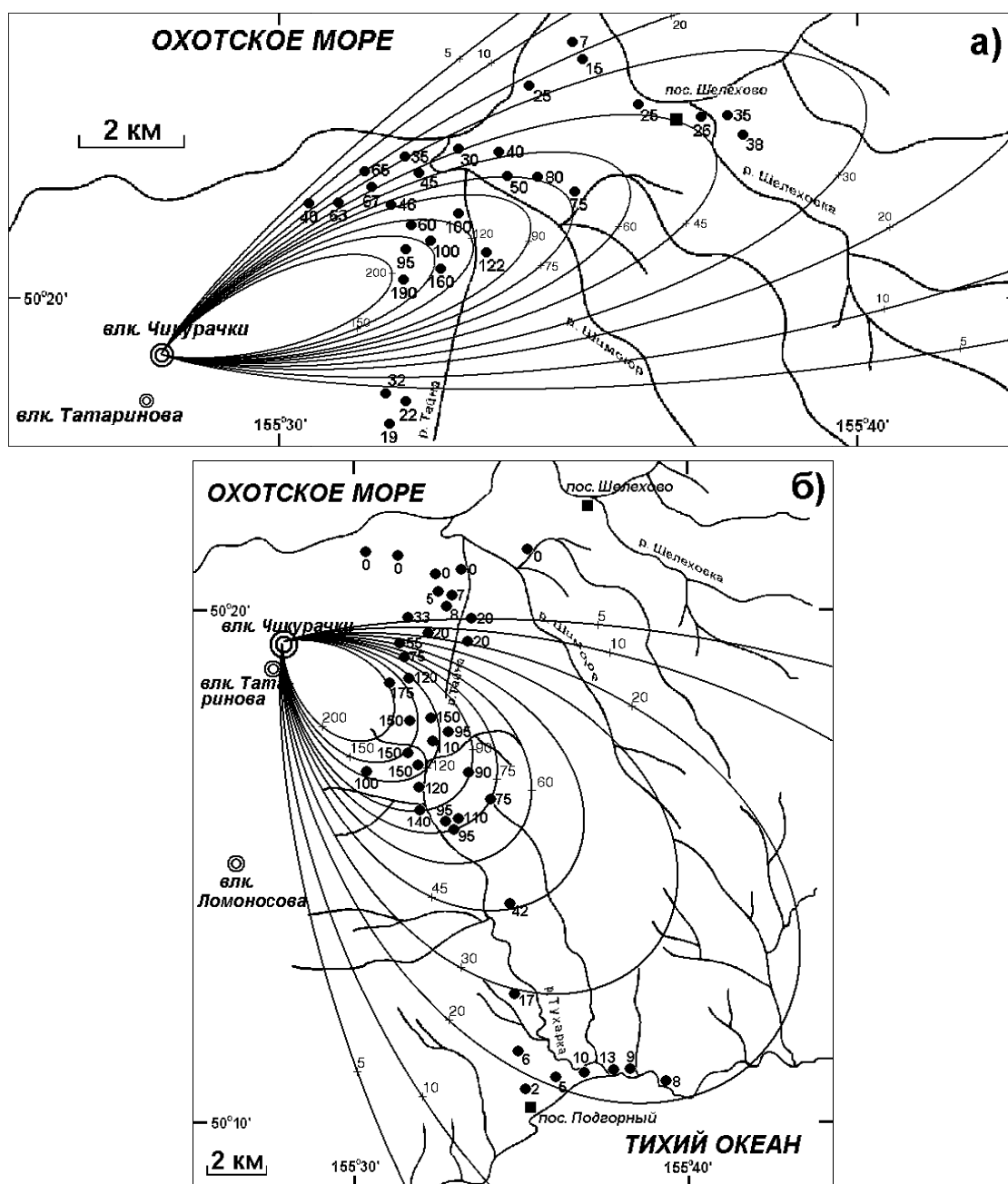


Рис. 1. Схемы отбора проб тефры в окрестностях вулкана Чикурачки: извержение 1853 г. (а), извержение 1986 г. (б). Восстановленные по модели (4) поля выпадений. ● – точки пробоотбора, цифры рядом – толщина слоя пепла (см)

Анализ рис. 2 показывает вполне удовлетворительное согласие между измеренными и численно восстановленными значениями толщины слоя тефры в точках отбора проб, прилегающих к осям пеплопада. В точках отбора проб, расположенных на периферии следов выпадений, расхождения становятся более заметными, что может быть связано как с относительно большими погрешностями измерений, так и с влиянием колебаний факела выбросов.

В заключение следует отметить, что разработанная малопараметрическая модель реконструкции выпадений полидисперсной примеси даёт возможность численного анализа данных наблюдений по всей оси следа. Для восстановления поля выпадений может быть использовано весьма ограниченное число точек измерений, что создаёт определённые преимущества при анализе имеющихся данных.

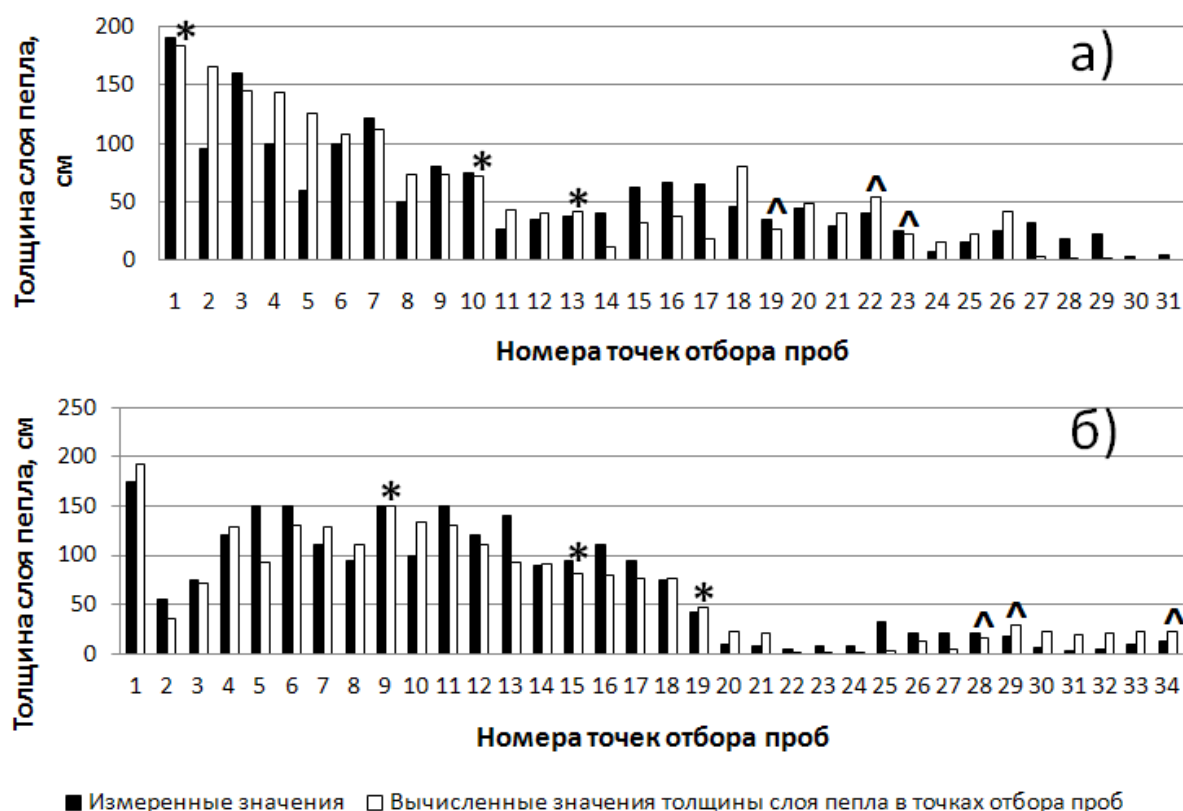


Рис. 2. Измеренные и численно восстановленные толщины слоёв выпадений тефры в точках проботбора: извержение 1853 г. (а), извержение 1986 г. (б)

Работа выполнена при финансовой поддержке Программы фундаментальных исследований Президиума РАН № 16.4, ИП СО РАН № 84.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

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. Асатуров, М.Л. Вулканы, стратосферный аэрозоль и климат Земли / М.Л. Асатуров, М.И. Будыко, К.Я. Винников, П.Я. Гройсман, А.С. Кабанов, И.Л.

Кароль, М.П. Коломеев, З.И. Пивоварова, Е.В. Розанов, С.С. Хмельцов. – Л.: Гидрометеиздат, 1986. – 256 с.

4. Берлянд, М.Е. Современные проблемы атмосферной диффузии и загрязнения атмосферы / М.Е. Берлянд. – Л.: Гидрометеиздат, 1975. – 448 с.

5. Прессман, А.Я. О распространении в атмосфере тяжёлой неоднородной примеси из мгновенного точечного источника / А.Я. Прессман // Инженерно-физич. журн. – 1959. – Т. 2, № 3. – С. 78–87.

6. Фёдоров, В.В. Теория оптимального эксперимента / В.В. Фёдоров. – М.: Наука, 1971. – 312 с.

© Т.В. Ярославцева, В.Ф. Рипута, 2010

УДК 530.4

С.А. Ефимов

ИВМ и МГ СО РАН, Новосибирск

СПОСОБ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА СЕЙСМОГРАММЫ ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ СТРУКТУРЫ ЗЕМЛИ ВИБРОСЕЙСМИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ

В статье рассмотрен способ повышения качества вибрационных сейсмограмм. Способ использован для обработки экспериментальных данных.

S.A. Efimov

Institute of Computational Mathematics and Mathematical Geophysics, Siberian
Branch Russian Academy of Sciences
Novosibirsk, 630000 Russian Federation

WAY OF IMPROVEMENT OF QUALITY SEISMOGRAM AT RESEARCH OF STRUCTURE OF THE GROUND VIBROSEISMIC METHODS

In clause the way of improvement of quality vibrating seismograms is considered. The way is used for processing experimental data.

Геодинамика земной коры привлекает внимание геофизиков как частное явление общей эволюции структуры Земли. В настоящее время геофизики и сейсмологи всего мира ищут новые подходы к исследованию геологической структуры планеты Земля. Особый интерес в этом направлении представляет активный метод вибросейсмического зондирования (ВЗ), позволяющий получить «фотографию» земной коры в виде вибросейсмической сейсмограммы (виброграммы). Этот метод основан на применении искусственного источника волн, формирующего функционально определенный зондирующий сигнал (ЗС). В данной работе исследованы особенности корреляционной обработки вибросейсмических данных и показана возможность повышения качества виброграмм путем использования дополнительной фильтрации.

Основные аспекты технологии ВЗ земной коры базируются на представлении о земной поверхности в виде динамической модели, основанной на свертке [1]. Для этой модели справедливо выражение для сейсмограммы:

$$y(t) = \sum_{i=0}^{\infty} a_i \cdot s_i(t - \tau_i) + n(t), \quad (1)$$

где a_i – амплитудный весовой множитель; $s_i(t)$ – ЗС источника; $n(t)$ – аддитивная помеха; τ_i – временная задержка.

При импульсном источнике, формирующим достаточно широкополосный ЗС, модель по формуле (1) является достаточной для интерпретации

сейсмограмм $y(t)$. Однако технология ВЗ использует для формирования виброграмм ЗС следующего вида:

$$s(t) = a(t) \cdot \{ \Phi(t) - \Phi(t - T_0) \} \cos(\omega_0 \cdot t + \psi(t)), \quad (2)$$

где $a(t)$ – огибающая зондирующего сигнала; ω_0 – начальная частота зондирующего сигнала; $\Phi(t)$ – функция Хевисайда; α – скорость изменения частоты зондирующего сигнала; T_0 – время излучения зондирующего сигнала; $\psi(t) = (\alpha/2) \cdot t^2; t = 0 \dots T_0$.

В реальных вибросейсмических экспериментах ЗС по формуле (2) имеет достаточно большую длительность (20–60 минут). В этом случае сейсмограмма $y(t)$ в соответствии с выражением (1) будет представлять собой сумму отраженных волн, структура которых определяется неоднородностью исследуемого пространства земной поверхности. Поскольку величины временных задержек τ_n при ВЗ значительно меньше времени излучения зондирующего сигнала T_0 , то в полученной сейсмограмме отсутствуют в явном виде признаки моментов вступления τ_n регистрируемых сейсмических волн. Традиционный способ выделения времени вступления связан с использованием корреляционного или согласованного фильтра [2]. В этом случае модель, основанная на свертке, приобретает дополнительный функциональный элемент – корреляционный фильтр. Для формирования виброграммы $q(t)$ используется преобразование:

$$q(t) = \int_{-\infty}^{\infty} s(\tau) \cdot y(t - \tau) d\tau; \quad (3)$$

Процедура свертки между $y(t)$ и $s(t)$ формирует волновой импульс, максимум огибающей которого соответствует моменту времени прихода сейсмической волны, а форма волнового импульса соответствует автокорреляционной функций (АФ) ЗС. Для сигнала $s(t)$ при условии $T_0 \gg \tau_i$ АФ имеет вид [3]:

$$W(t - \tau_i) = \frac{T_0}{2} \cdot \frac{\sin\left(\frac{\Delta\omega \cdot (t - \tau_i)}{2}\right)}{\frac{\Delta\omega \cdot (t - \tau_i)}{2}} \cdot \cos(\omega_c \cdot (t - \tau_i)); \quad (4)$$

где T_0 – длительность ЗС; $\Delta\omega$ – девиация частоты; $\Delta\omega = \alpha \cdot T_0$; $\omega_c = \omega_0 + \Delta\omega/2$ – средняя частота ЗС.

Вибрационная сейсмограмма $q(t)$ представляет собой сумму АФ излученного сигнала:

$$q(t) = \sum_i a_i \cdot W(t - \tau_i) + n^*(t) \quad (5)$$

где a_i – амплитуды волн; τ_i – времена прихода волн; $n^*(t)$ – измерительный шум.

Экспериментальные записи ЗС в точке регистрации имеют следующие особенности. Как показывает выражение (1), эти записи представляют собой сумму сейсмических волн, формируемых вибратором. При этом все сигналы перекрываются во времени, т. е. являются частично когерентными. После корреляционной обработки на виброграмме момент времени прихода волн соответствует максимуму огибающей волнового импульса. Форма волнового импульса соответствует форме автокорреляционной функций ЗС (4). Функция (4) является симметричной относительно времени вступления τ_i , а ширина главного лепестка этой функции, зависит от девиации частоты $\Delta\omega$ и будет равна $2 \cdot \pi / \alpha \cdot T_0$. На рис. 2 приведен пример модельной виброграммы $q(t)$ для двух волн $v1$ и $v2$ при следующих параметрах ЗС:

$T_0 = 3,0$ с; $T_s = 10,0$ с. (время записи в точке регистрации); $a_i = 1$;

$\tau_1 = 3,0$ с.; $\tau_2 = 4,2$ с; $n^*(t) = 0$; $\alpha = 6,283$; $\omega_0 = 11\pi$, $v0 = v1 + v2$.

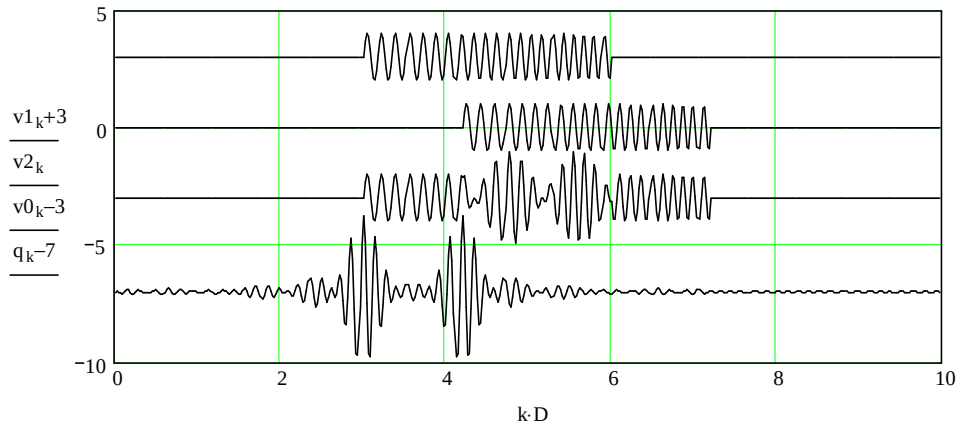


Рис. 2. Виброграмма для двух вибросейсмических волн с $\tau_1 = 3,0$ с., $\tau_2 = 4,2$ с

Как было сказано выше, момент времени вступления волн соответствует максимуму огибающей волнового импульса. Средний квадрат ошибки измерения момента времени вступления волн равен [4]:

$$\overline{(\Delta\tau)^2} = \frac{N_0}{2E\beta^2}; \quad \beta^2 = \frac{\int_{-\infty}^{\infty} \omega^2 |G_n(j\omega)|^2 d\omega}{\int_{-\infty}^{\infty} |G_n(j\omega)|^2 d\omega}. \quad (6)$$

где N_0 – спектральная плотность шума; $G(j\omega)$ – комплексный спектр огибающей $a(t)$, E – энергия сигнала.

Анализ формулы (6) показывает, что точность определения момента вступления волны не зависит от гармонической несущей с частотой ω_c , которая заполняет огибающую волнового импульса. Поэтому присутствие этой несущей на виброграмме является фоновым элементом и чаще всего затрудняет

интерпретацию реальных виброграмм. В качестве примера на рис.3 представлена реальная виброграмма vk1–vk5, полученная традиционной обработкой при проведении вибросейсмического эксперимента в районе озера Байкал в сентябре 2009 года. Вибратор ЦВ-100 расположен в окрестности п. Бабушкин. Время излучения – 1633 с. Начальная частота – 6,25 Гц, конечная частота – 10,05 Гц. По отношению к вибратору регистратор расположен на расстоянии 5,97 км, азимут 156,2 град. План проведения эксперимента и результаты регистрации сейсмических сигналов представлены на информационно-вычислительной системе «Вибросейсмическое Просвечивание Земли» – сайт <http://opg.sccc.ru/db>.

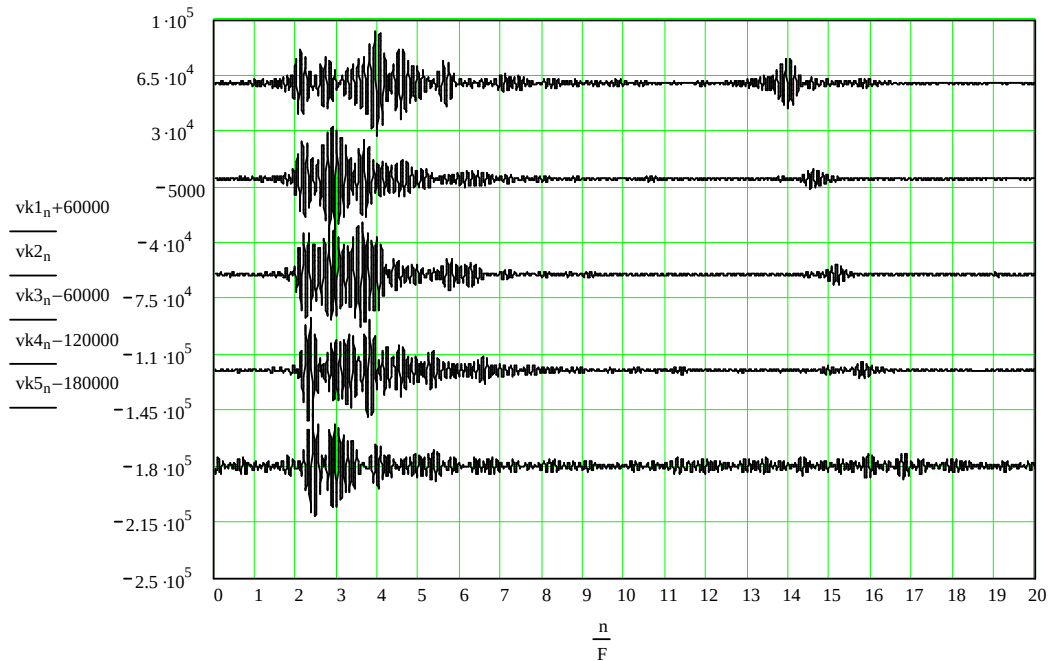


Рис. 3. Виброграмма вибросейсмического эксперимента «091 Байкал». Регистратор № 2, Z – компонента. Традиционная обработка

Для очищения волновых импульсов виброграммы от несущей частоты использовано фильтрующее устройство, реализующее следующее преобразование:

$$\psi(\tau) = e^{-j\omega_c \tau};$$

$$qm(t) = \int_0^t \psi(\tau) \cdot s(\tau) \cdot \psi(t - \tau) s_{op}(t - \tau) \cdot d\tau; \quad (7)$$

Функциональная схема фильтрующего устройства представлена на рис.4.

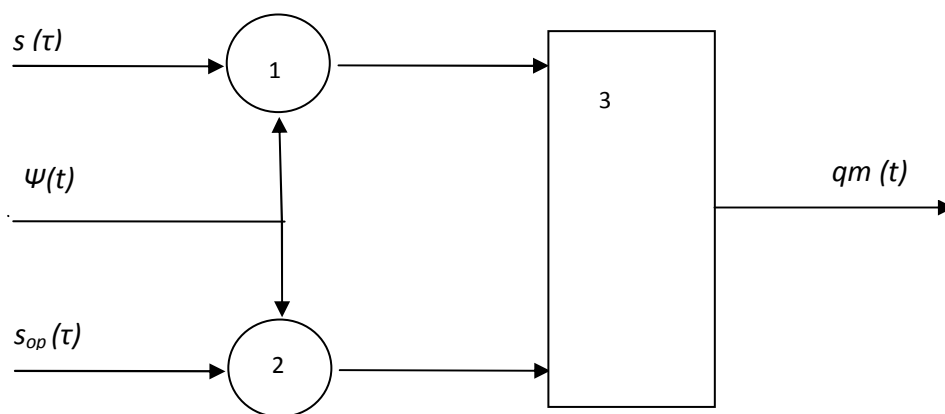


Рис. 4. Блок схема фильтрующего устройства: 1, 2 – умножитель; 3 – свертка

На рис. 5 представлена виброграмма вибросейсмического эксперимента «091 Байкал», сформированная с использованием фильтрующего устройства.

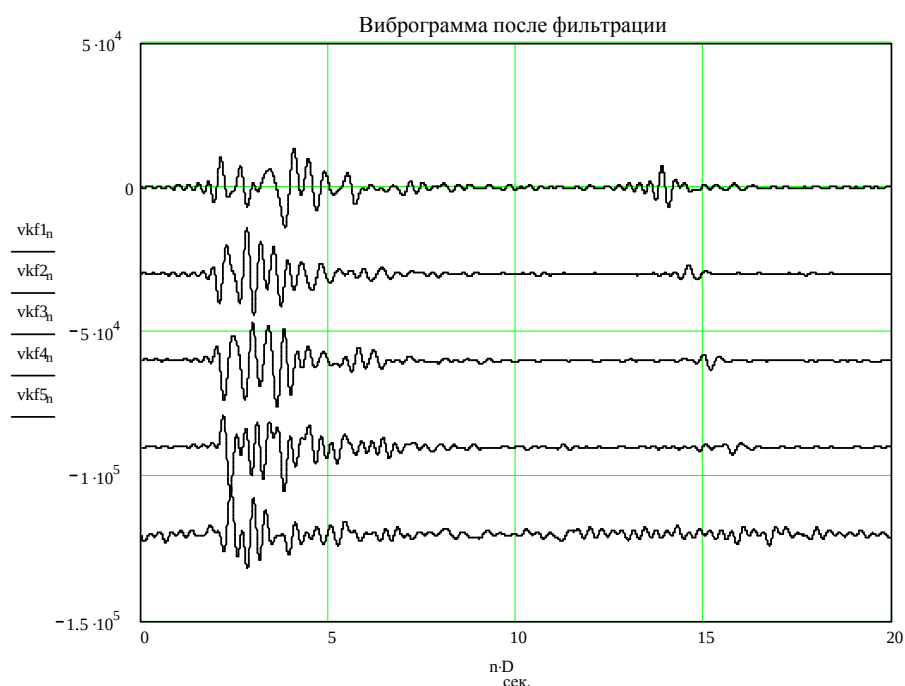


Рис. 5. Виброграмма вибросейсмического эксперимента «091 Байкал» после частотной фильтрации. Регистратор № 2, Z – компонента

Сравнение виброграмм на рис. 3 и рис. 5 наглядно показывает положительный результат действия фильтрующего устройства, приведенного на рис. 4. Следует отметить, что данное фильтрующее устройство имеет нуль-фазовую характеристику. Поэтому данный способ преобразования не вносит искажений формы огибающей волновых импульсов. Не право и не обязанность автора входить в оценку степени необходимости практического использования приведенного способа повышения качества виброграмм. Это – дело практикующих геофизиков и читателей настоящей статьи.

Автор выражает благодарность участникам семинаров лаборатории геофизической информатики ИВМиМГ СО РАН, в атмосфере которых формировалась постановка решаемой задачи.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Сильвиа, М.Т., Робинсон Э.А. Обратная фильтрация геофизических временных рядов при разведке на нефть и газ. – Пер. с англ. – М.: Недра, 1983, 447 с. Пер. изд.: Нидерланды, 1979.
2. Тихонов, В.И. Оптимальный прием сигналов. – М.: Радио и связь, 1983. – 320 с.
3. Шнеерсон, М.Б., Майоров В.В. Наземная сейсморазведка с невзрывными источниками колебаний. – М., Недра, 1980. – 205 с.
4. Гуткин, Л.С. Теория оптимальных методов радиоприема при флуктуационных помехах. Изд. 2-е, дополненное и переработанное. – М.: Советское радио, 1972. – 448 с.

© С.А. Ефимов, 2010

УДК 551.5

А.А. Фоменко

ИВМиМГ СО РАН, Новосибирск

ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗМЕНЕНИЙ КЛИМАТА СИБИРИ НА БАЗЕ РЕГИОНАЛЬНОЙ КЛИМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ С ВЫСОКИМ ПРОСТРАНСТВЕННЫМ РАЗРЕШЕНИЕМ

Решаемая задача лежит в рамках ориентированных целевых фундаментальных исследований раздела метеорология (в интересах Федеральной службы России по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды) по теме 8.1 «Исследование изменений глобального климата и климата на территории РФ с использованием высоких технологий». Проведено тестирование климатической модели с горизонтальным пространственным разрешением 1/3 градуса, к разработанной модели в режиме off-line подключен блок, описывающий сток Сибирских рек, модель адаптирована к высокопроизводительному вычислительному комплексу на базе серверов ALTIX 4700. Модель создана на базе климатических моделей ИВМиМГ СО РАН и ИВМ РАН, позволяет не только более детально описывать процессы в свободной атмосфере, но и на более высоком качественном уровне учитывать процессы взаимодействия атмосферы с подстилающей поверхностью. В частности орография, полученная из данных реанализа (NCEP/NCAR Reanalysis Project at the NOAA-CIRES Climate Diagnostics) путем интерполяции и субъективной коррекции, позволяет моделировать сток пресных вод основных Сибирских рек в бассейн Северного Ледовитого океана. Работа поддержана грантом РФФИ № 09-05-13526 - офи-ц.

A.A. Fomenko

Institute of Computational Mathematics and Mathematical Geophysics (Computing Center),

Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences

6, ave. Ac. Lavrentjeva,

Novosibirsk, 630090, Russia

THE STUDY OF CHANGES OF THE SIBERIAN CLIMATE ON THE BASIS OF REGIONAL CLIMATIC MODEL WITH THE HIGH SPATIAL RESOLUTION

The solvable problem lies within the framework of oriented special fundamental researches of the meteorology (in interests of a Federal service of Russia of hydrometeorology and monitoring of an environment) in the theme 8.1 "Researches of changes of a global climate and climate in territory of Russian Federation with use of high technologies ". The testing of climatic model with the horizontal spatial resolution of 1/3 degrees is completed, to the developed model in a mode off-line the

block describing flowing of the Siberian rivers is linked up, the model is adapted to the high-efficiency computer complex on the basis of servers ALTIX 4700. The model is created on the basis of climatic models ICMMG SB RAS and ICM RAS, allows not only in more details to describe processes in a free atmosphere, but also at higher qualitative level describes processes of interaction of an atmosphere with a surface. In particular orography, got from the data (NCEP/NCAR Reanalysis Project at the NOAA-CIRES Climate Diagnostics) by interpolation and subjective correction, allows simulating a flowing of fresh waters of the basic Siberian Rivers to the basin of the Arctic Ocean. Support for this research was provided by grant RFBR № 09-05-13526.

© *A.A. Фоменко, 2010*

УДК 551.581

Е.Н. Голубева, Д.Ф. Юсупова

ИВМиМГ СО РАН, Новосибирск

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЦИРКУЛЯЦИИ АТЛАНТИЧЕСКИХ ВОД В СЕВЕРНОМ ЛЕДОВИТОМ ОКЕАНЕ

Теплые промежуточные воды атлантического происхождения – одна из главных особенностей климата Северного Ледовитого океана. Две ветви атлантической воды поступают в Арктический бассейн через Норвежское море. Восточная ветвь проходит через Баренцево море, где атлантическая вода теряет большую часть своего тепла вследствие перемешивания с шельфовыми водами и благодаря интенсивному обмену через поверхность моря. Модифицированная баренцевоморская атлантическая вода через желоб св. Анны выносится в котловину Нансена. Вторая ветвь атлантических вод – Западно-Шпицбергенское течение проникает в Арктический бассейн через пролив Фрама. Перемешиваясь с холодной арктической водой, оно опускается на уровень промежуточных вод, и следует дальше вдоль материкового склона в виде глубинного пограничного течения. Считается, что эта ветвь атлантических вод является источником тепла в Арктическом бассейне, с ее изменчивостью связывают процессы потепления и охлаждения вод Северного Ледовитого океана.

Целью представляемого исследования являлось воспроизведение системы течений, отвечающих за процессы взаимодействия водных масс Северной Атлантики и Северного Ледовитого океана на основе численного моделирования. Задачей исследования являлась отработка численных схем, параметризаций и параметров численной модели динамики океана для воспроизведения климатического распределения системы течений. В докладе обсуждаются вопросы, касающиеся описания процессов переноса в модели океана. Анализируются результаты использования дополнительных параметризаций процессов подсеточных масштабов, не разрешенных в численной модели (среди них параметризация топографического взаимодействия и изопикнического перемешивания).

E.N. Golubeva, D.F. Yusupova

ICMMG SR RAS,

Pr. Akademika Lavrentjeva, 6, Novosibirsk, 630090, Russia

NUMERICAL MODELING OF THE ATLANTIC WATER CIRCULATION IN THE ARCTIC OCEAN

Warm intermediate waters of the Atlantic origin - one of the main features of the Arctic ocean. Two branches of the Atlantic water arrive in the Arctic basin through

Norwegian sea. East branch passes through Barents sea where the Atlantic water loses the most part of heat owing to hashing with shelf waters and an intensive exchange through a sea surface. Modified Barents sea water through St. Anna's trench is taken out in the Nansen basin. The second branch of the Atlantic waters –the Spitsbergen current gets into the Arctic basin through the Fram Strait. Mixing up with cold Arctic water, it falls on level of intermediate waters, and follows further along a continental slope in the form of a deep boundary current. This branch of the Atlantic waters is considered as the heat source in the Arctic basin; with its variability connect processes of warming and cooling of waters of Arctic Ocean.

The purpose of represented research was reproduction of system of the currents which are responsible for the processes of interaction of water masses of North Atlantic and Arctic oceans on the basis of numerical modeling.

We are performing a set of numerical experiments in order to better simulate the circulation of Atlantic Water in the Arctic Ocean by employing a coupled ice-ocean Arctic regional model.

The questions, concerning descriptions of advection in ocean models are discussed. Results of use additional parameterizations of subscale processes which have been not resolved in numerical model (among them parametrization of eddy-topographical interaction and isopycnal mixing) are analyzed.

© *Е.Н. Голубева, Д.Ф. Юсупова, 2010*

УДК 551.5

И.В. Боровко

ИВМиМГ СО РАН, Новосибирск

ВЛИЯНИЕ ДИНАМИКИ СТРАТОСФЕРНОГО ПОЛЯРНОГО ВИХРЯ НА СТРАТИФИКАЦИЮ ТРОПОСФЕРЫ В СРЕДНИХ ШИРОТАХ

В настоящее время в связи с увеличением концентраций парниковых газов в тропосфере происходит глобальное потепление, которое влечет за собой выхолаживание стратосферы, и, соответственно, усиление полярного вихря. В связи с этим ключевым является вопрос, какое влияние оказывают изменения стратосферного вихря на тропосферу. Известно, что такая реакция тесно связана с зонально симметричной составляющей динамических полей.

Исследуется реакция внетропической тропосферы на понижение температуры полярной стратосферы, которое сопровождается усилением полярного вихря, с помощью спектральной модели общей циркуляции атмосферы с зонально симметричными граничными условиями на поверхности и аналитически заданным источником нагревания.

Одна из самых существенных особенностей термической структуры тропосферы – стабильность наклона изэнтропических поверхностей во внетропических широтах. В данной работе проанализировано влияние изменений температуры стратосферы на наклон изэнтропических поверхностей.

I.V. Borovko

ICMMG SR RAS,

Pr. Akademika Lavrentjeva, 6, Novosibirsk, 630090, Russia

THE INFLUENCE OF THE STRATOSPHERE POLAR VORTEX DYNAMICS UPON THE LOW TROPOSPHERE THERMAL STRATIFICATION

Recently, because of increase of greenhouse gases concentrations in the troposphere, there a global warming which causes stratospheric cooling and, consequently, increase of the polar vortex. In connection with this the key point is what impact the changes of stratospheric vortex have on troposphere. It is known that such reaction is strongly correlated with zonally symmetric component of dynamical fields.

In this work, the reaction of the extratropical troposphere on decrease of polar stratosphere temperature which is followed by strengthening of the polar vortex, is studied with use of the spectral general circulation model with symmetric boundary conditions on the surface and the heat source given analytically.

One of the most essential features of a troposphere thermal structure is a stability of a isentropic surfaces slope. In this paper, the influence of the stratosphere temperature changes on the isentropic surfaces slope is analyzed.

© *И.В. Боровко, 2010*

УДК 528.8

Д.С. Дубовик¹, М.В. Якутин^{1, 2}

¹СГГА, Новосибирск

²ИПА СО РАН, Новосибирск

МЕТОДЫ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ В ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОМ МОНИТОРИНГЕ ПАСТБИЩ ТУВИНСКОЙ КОТЛОВИНЫ

Целью исследования было создание ландшафтно-экологической карты Тувинской котловины по данным дешифрирования космических снимков. Степные экосистемы занимают 16,4 % дешифрованной площади, из них 19,9 % деградированы.

D.S. Dubovik¹, M.V. Yakutin^{1, 2}

¹Siberian State Academy of Geodesy (SSGA)

10 Plakhotnogo St., Novosibirsk, 630108, Russian Federation

²Institute of Soil Science and Agrochemistry (ISSA)

18 Sovetskaya St., Novosibirsk, 630099, Russian Federation

REMOTE SENSING METHODS IN GEOECOLOGY MONITORING OF PASTURES IN TUVIN DEPRESSION

The purpose of the present research consist in construction of a landscape-ecology map on Tuvin depression. The map was compounded under the data of a decoding of space snapshots. The area of steppe pastures has compounded 16,4 % from the general area. The hardly degraded pastures compound 19,9 % from common area of pastures.

Одним из наиболее эффективных методов моделирования геосистем является их картографирование, поскольку карта является натурной моделью геосистемы, на которой удобно фиксировать результаты полевых исследований, на карте выделяются закономерности строения и развития геосистем, на карте, при удачном построении легенды, хорошо выявляется иерархия геосистем, карта позволяет определить многие свойства геосистем количественными методами. Наконец карта может быть трансформирована в электронную форму, введена в состав самых разнообразных ГИС и стать удобным средством мониторинга [1, 2].

Успех или неудача картографирования сложных природных и социальных объектов и явлений действительности во многом определяется тем, насколько обоснованно и логично построены легенды создаваемых карт. А в основе удачных легенд обычно лежит удачно составленная классификация картографируемых объектов. Поэтому проблема классификации исследуемых

объектов является узловой в тематическом картографировании. Это особенно справедливо при создании карт на основе системного (картографируемые объекты рассматриваются как системы), а также комплексного (разрабатываются серии карт) подхода к объектам картографического моделирования. Также важно выдержать баланс в количестве классификационных градаций картографируемых объектов. Оптимальным для классификации рельефа является иерархический ряд в 6–8 градаций. Но определяющим фактором удачной классификации является все-таки не число градаций, а принцип их выделения [2].

Земля является важнейшим природным ресурсом, составляющим основу экономического развития общества. Успех любого планирования зависит от наличия подробной и точной информации, как о самих земельных ресурсах, так и об их использовании. Работы по составлению соответствующих карт должны вестись систематически и быть хорошо структурированы, для чего необходимо, прежде всего, определение классов земельных ресурсов.

Цель данной работы состояла в анализе соотношения площадей природных и антропогенно-трансформированных объектов в равнинной части Тувинской котловины Республики Тыва. С этой целью была составлена ландшафтно-экологическая карта Тувинской котловины в масштабе 1 : 200 000.

В качестве основы для картографирования территории было решено использовать данные Landsat. Были выбраны два снимка ETM+ 2002 года, близкие по дате съёмки (2002-07-16 и 2002-08-08), с приемлемым облачным покрытием, вместе покрывающие всю котловину. Снимки были тщательно визуально изучены в различных комбинациях спектральных каналов, после чего было окончательно решено синтезировать их в комбинацию RGB 7, 5, 3. Путём объединения с панхроматическим каналом, разрешение снимков было увеличено до 15 м.

Исходные изображения предварительно уже были единым образом систематически скорректированы радиометрически и трансформированы в проекцию Меркатора на WGS 84 (уровень обработки 1G).

Перед объединением этих снимков (создание мозаики изображений) было изучено, на сколько совпадают контуры объектов в зоне перекрытия. Было установлено, что данная операция не внесла дополнительных искажений, оцениваемых в масштабе работы. В процессе создания мозаики, был вырезан и сохранён участок местности, приблизительно соответствующий Тувинской котловине.

Для оценки и повышения точности созданная мозаика была трансформирована в Erdas по точкам, опознаваемым на ней, и на топографических картах масштаба 1 : 200 000. Равномерно по изучаемой области было опознано 49 точек, плановые и высотные координаты которых были взяты с картографических листов М-46-IV, М-46-V, М-46-XI в метрах, затем пересчитаны на геодезическом калькуляторе программы Photomod в нужную проекцию (из проекции Гауса-крюгера, (Пулково 1942, зона 16) в которой составлена карта; в проекцию Меркатора (WGS 84, зона 46, в которую изначально были трансформированы снимки)).

В процессе работы была отбракована 21 точка, как не точно опознанные. В результате трансформирование мозаики, полученной из двух снимков Landsat7, было проведено методом полиномов 1-го порядка по 28 точкам. Проекция мозаики снимков не изменялась.

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, по полученному растровому изображению, считаем возможным, составить карту, которая будет соответствовать масштабу 1 : 200 000.

В процессе дешифрирования, для опознания некоторых объектов вспомогательно использовалась: топокарта, программа google earth, имеющиеся снимки просматривались в других комбинациях каналов, изучались полученные по снимкам растительные индексы). В частности при выделении отдельных участков горной местности, покрытых хвойными лесами, вспомогательно 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.

Граница котловины проведена по горным склонам, где участки равнинной местности уже практически отсутствуют и начинает доминировать хвойная лесная растительность. С запада граница проведена по хребту Адар-Даш, с юга граница котловины проходит по склонам хребтов Западный и Восточный Тану-Ола, с севера по склонам Куртушибинского и Уюкского хребтов.

Классификация выделяемых площадей проходила следующим образом. Вся сильно пересечённая местность (склоны гор и их отроги, выходящие в котловину) были выделены в общий контур растительность горных склонов. В пределах горных склонов были выделены участки, занятые сплошным хвойным лесом. Выделение контуров растительности горных склонов определялась в основном по снимку согласно дешифровочным признакам. Чаше всего границы данного выдела показана по тем местам, где уклон местности начинает превышать 4,7–6,5°. Луговые экосистемы с близким расположением грунтовых вод и густой растительностью были выделены в отдельный класс. Пашня и населённые пункты, а также водные объекты, легко распознаются соответственно своими формами, структурой и цветом изображения. Болота на снимке выделяются более тёмным цветом. Цвет болотной растительности также значительно темнее и на изображении растительных индексов по сравнению с луговыми экосистемами.

Главной задачей исследования было оценить местоположение и площади деградированных степных пастбищ. Они выделены в пределах равнинных степных территорий в отдельный класс. Впоследствии предполагается

уточнение площадей этих участков, и разделение всех участков деградированных пастбищ на несколько градаций.

На данном этапе работы завершено дешифрирование северной части Тувинской котловины, (вплоть до Верхнего и Малого Енисея), показана дорожная сеть и гидрография (рис. 1). На рис. 2 приведен фрагмент ландшафтно-экологической карты северной части Тувинской котловины.

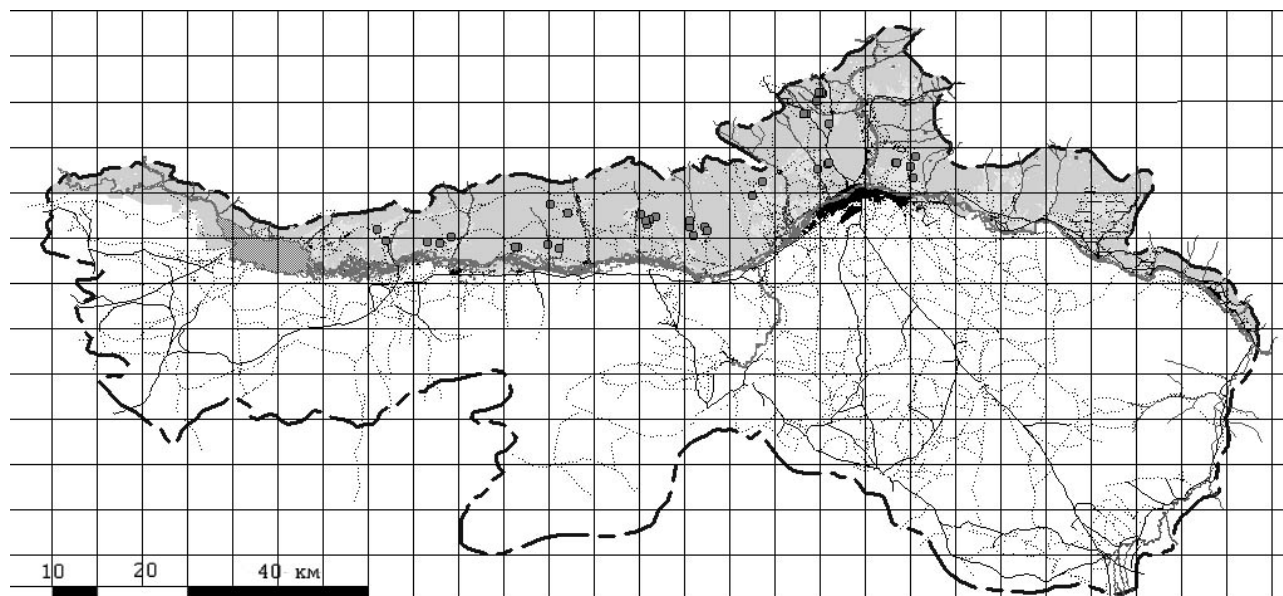


Рис. 1. Тувинская котловина (северная часть котловины дешифрирована)

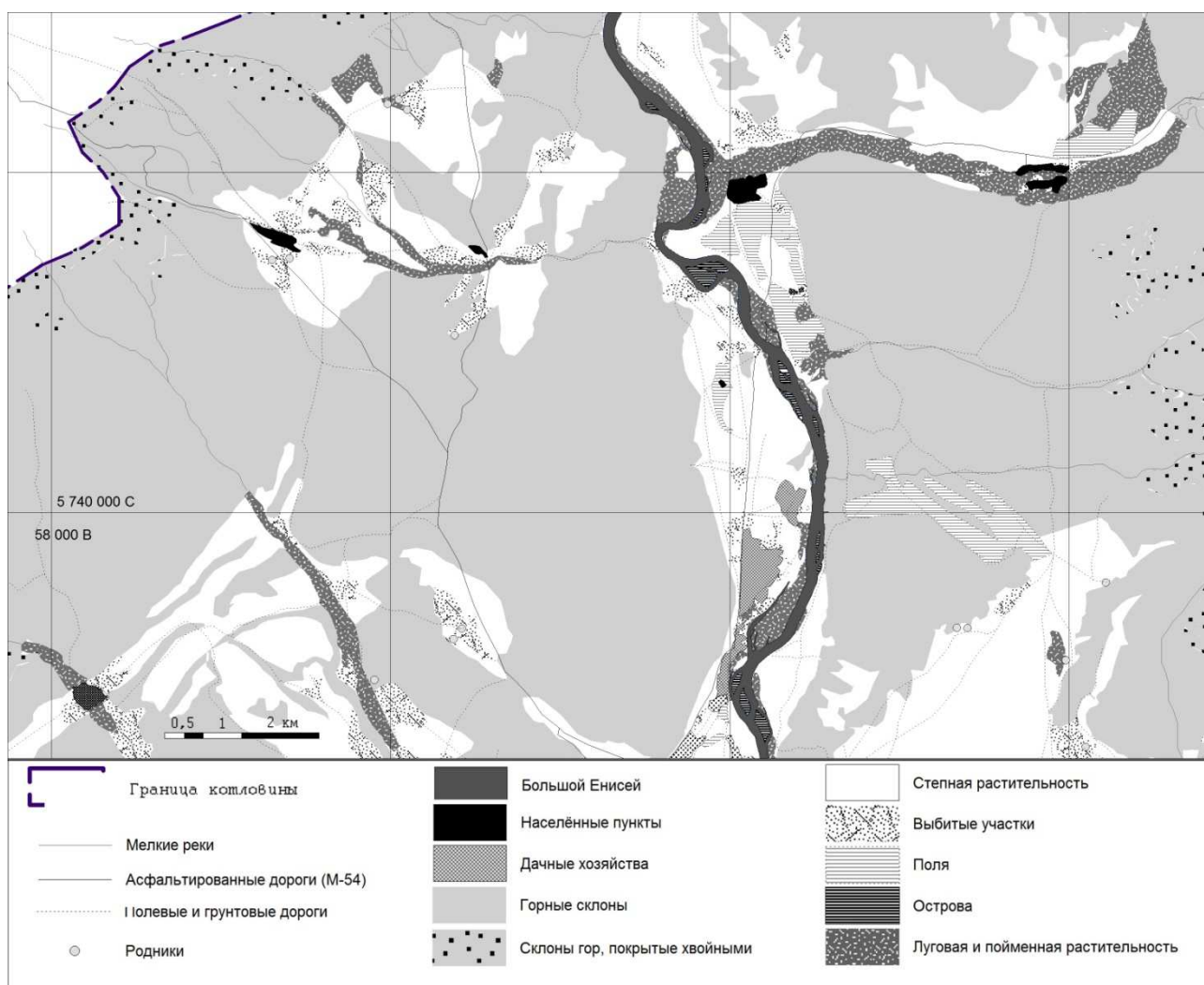


Рис. 2. Фрагмент ландшафтно-экологической карты северной части Тувинской котловины

В табл. 1 приведены данные предварительной классификации и указаны площади различных выделов в северной части Тувинской котловины.

Таблица 1 Предварительная классификация и площади объектов в северной части Тувинской котловины

№	Тип местности	Площадь, км ²	Проценты от дешифрованной площади
1	Степные пастбища в удовлетворительном состоянии	641,7	13,7
2	Деградированные степные пастбища	127,8	2,7
3	Пашня	148,6	3,2
4	Луга	252,2	5,4
5	Болота	6,4	0,1
7	Водные объекты	298,5	6,4
8	Острова на р. Енисей	104,8	2,2
9	Населённые пункты	28,6	0,6
10	Хвойные леса предгорий	277,5	5,9
11	Растительность горных склонов	2 819,8	59,8

Общая площадь северной части Тувинской котловины по данным дешифрирования составила 4705,9 км². Травяные экосистемы занимают 1021,7 км² (21,7 % площади равнинной части). Общая площадь пашни составляет 148,6 км² (3,2 % площади равнинной части). Степные пастбища занимают 769,5 км² (16,4 % площади равнинной части котловины), из них сильно деградированы 19,9 %.

Одним из лимитирующих факторов отгонного животноводства является наличие водопоев. Именно там наблюдается максимальное нарушение и сбитые пастбища, на которых фиксируется смена коренного растительного сообщества сорными видами растений с преобладанием ядовитых – слабопоедаемых и непоедаемых [3]. По данным составленной ландшафтно-экологической карты оказалось, что в северной части Тувинской котловины основные площади сильно деградированных пастбищ, также как во всей Тыве, приурочены к населенным пунктам и водопоям.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Исаченко, А.Г. Ландшафтоведение и физико-географическое районирование / А.Г. Исаченко. – Москва, 1991. – 265 с.
2. Ступин, В.П. Картографирование морфосистем / В.П. Ступин. – Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2008. – 148 с.
3. 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.

© Д.С. Дубовик, М.В. Якутин, 2010

УДК 581.52 (571.1)

А.Ю. Королук

Центральный сибирский ботанический сад СО РАН, Новосибирск

ОЦЕНКА ДЕГРАДАЦИИ РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА СТЕПНЫХ И ЛЕСОСТЕПНЫХ ЛАНДШАФТОВ ПО КОСМИЧЕСКИМ СНИМКАМ

В статье рассмотрены возможности анализа космических снимков для изучения антропогенной трансформации растительности. Приведены способы оценки деградации лесов и засоления ландшафтов. Описан метод применения топо-ординационных схем растительности.

A.Yu. Korolyuk

Central Siberian Botanical Garden, SB RAS,

101 Zolotodolinskaya str., Novosibirsk, 630090, Russian Federation

VEGETATION DEGRADATION ASSESSMENT OF STEPPE AND FOREST-STEPPE LANDSCAPES USING REMOTE SENSING DATA

The using of remote sensing data for analysis of anthropogenous transformation in vegetation are considered. Methods of forest degradation and landscape salinization assessment are presented. The method of topo-ordinal models of vegetation is described.

Природные комплексы юга Западно-Сибирской равнины характеризуется высокой динамичностью гидрологических процессов, вызывающих изменения во всех компонентах экосистем. Процессы цикличной динамики климата проявляются на всех уровнях организации ландшафтов. Одним из важнейших компонентов природных экосистем, чутко реагирующим на климатические изменения, выступает растительный покров. Анализ данных дистанционного зондирования является одним из эффективных способов оценки изменений в растительности и для организации системы мониторинга. По аэрофотоснимкам и космическим снимкам высокого разрешения мы можем исследовать широкий спектр проявлений динамики природных условий.

На ландшафтном уровне организации растительного покрова наиболее очевидные изменения связаны со сменами сообществ. По сериям разновременных снимков мы можем легко проанализировать динамику границ между типами растительности, кардинально различающимися по структурным особенностям фитоценозов, например по жизненными формами доминирующих растений или общей сомкнутости сообщества.

Одним из легко читаемых типов границ является переход от лесных сообществ к травяным. Динамика лесных экосистем в степной и лесостепной зонах Западной Сибири связаны с процессами вымокания, усыхания и

выгорания древесной растительности. Во многих районах деградация лесов усиливается в результате высокого антропогенного пресса. Анализ изменения площадей лесов по разновременным снимкам не составляет большого труда, но ограничен временными рамками, в течение которых проводилась крупномасштабная съемка. Этот период для большинства конкретных территорий обычно не превышает 50 лет, хотя процессы изменения лесов длятся значительно большее время. Для оценки степени деградации лесов, как впрочем, и для других типов растительности, возможно использовать другие методы.

Многие проявления деградации растительности могут быть выявлены на аэрофотоснимках или космических снимках высокого разрешения, когда разновременная серия снимков недоступна. Это может быть актуально в случае, когда мы используем данные, доступные через Интернет. В данном случае один из эффективных путей анализа динамики растительности состоит в изучении закономерностей структуры растительного покрова по рисунку снимка. Исследования такого рода могут состоять из следующих этапов.

В первую очередь оценивается ландшафтная однородность анализируемой территории, она должна обладать единым набором элементов, их форма и расположение относительно друг друга не должны сильно меняться. Далее на снимке определяется центр или совокупность центров антропогенного воздействия, чаще всего это населенные пункты или сельскохозяйственные объекты. В противовес этому находятся наименее нарушенные ландшафты, максимально удаленные от антропогенных образований. На снимке закладывается система линий, на которых предполагается клинальное изменение антропогенной нагрузки. Система линий может быть заменена системой радиальных зон с разной степенью антропогенной нагрузки. На последнем этапе анализируется изменение в растительности ключевых форм рельефа и выясняется зависимость структуры и состава сообществ от степени хозяйственного пресса.

Данную методику можно проиллюстрировать на примере ландшафтов колючей лесостепи. Лесостепные ландшафты этого типа широко распространены на территории Новосибирской области и Алтайского края. Характерная особенность структуры растительного покрова – существование многочисленных и небольших по размерам лесных массивов, определяется суффозионно-западинным рельефом. В зависимости от размера и формы западины в ней развивается различный набор растительных сообществ. Самые малые из них, достигающие в поперечнике нескольких десятков метров, заняты травяными осиново-березовыми лесами. По мере увеличения размеров западины до первых сотен метров, в ее центральной части появляются кустарниковые и травяные болота. Крупные западины и котловины заняты гетерогенной водно-болотной растительностью, по их периферии развиваются солонцово-солончаковые комплексы. Западины и котловины вкраплены в фоновые степные и луговые фитоценозы, развивающиеся на почвах солонцового ряда. На снимках колючая лесостепь характеризуется мелкопятнистым рисунком. Антропогенный пресс на данные ландшафты

приводит к трансформации всех компонентов растительного покрова. Остановимся лишь на двух наиболее ярких примерах.

Под влиянием интенсивного выпаса происходит деградация лесных массивов по западинам малого и среднего размеров. Причина исчезновения лесов заключается в следующем. Сильный выпас в окружающих леса солонцеватых лугах приводит к снижению проективного покрытия травостоя, обнажению поверхности почвы, вторичной ксерофитизации сообществ и засолению верхних горизонтов почв. Соли подтягиваются к поверхности почвы, а в последующем, в результате плоскостного смыва, поступают в западины с лесными сообществами. В условиях слабой антропогенной нагрузки верхние горизонты почв солонцеватых лугов слабо засолены, а густой травостой препятствует плоскостному смыву. В условиях длительного и интенсивного выпаса происходит постоянный привнос солей в колочную западину. После достижения порогового значения происходит гибель деревьев и трансформация лесного сообщества в солончаковатый луг. Не последнюю роль в интенсификации таких процессов играет цикличность увлажнения, приводящая к вымочкам лесов, которые в условиях антропогенного пресса и вторичного засоления не имеют шансов восстановить свой исходный облик. Данные явления мы наблюдали в различных районах Новосибирской области. При движении от населенного пункта к слабо нарушенным ландшафтам мы можем обнаружить несколько зон – от зоны деградации, где большинство западин заняты травянистыми сообществами, до зоны со слабым нарушением, где аналогичные формы рельефа представлены лесными массивами. По снимкам детального разрешения возможен анализ структуры древостоя лесных массивов на разных стадиях деградации.

Второй пример связан с активизацией процессов засоления по окраинам крупных котловин. В условиях интенсивного выпаса в травяных сообществах происходят описанные выше процессы: изреживание травостоя, вторичная ксерофитизация растительности и рост засоления почв. Это приводит к увеличению доли корковых и мелких солонцов, а также антропогенных солончаков, возникающих в процессе плоскостной водной эрозии на сбитых пастбищах. Данные элементы растительного покрова без труда дешифрируются на снимках высокого разрешения. В зависимости от их доли в растительном покрове мы можем оценить степень антропогенной деградации конкретной котловины. Увеличение засоленности ландшафтов и сопряженное с ним уменьшение покрытия растительности зачастую имеет широкий размах, позволяющий дешифровать процессы деградации растительности на снимках среднего разрешения по изменениям их спектральных характеристик. В совокупности, анализ деградации колков и прогрессирующего засоления дают нам инструмент для анализа антропогенной трансформации растительности и зонирования территории по этому признаку.

Описанные выше способы могут быть эффективно использованы при условии, когда исследуемая территория резко неоднородна по степени трансформации. В случае, когда антропогенный пресс распределяется равномерно, мы можем использовать косвенные методы анализа динамики

растительности посредством изучения рисунка снимка с последующей полевой верификацией.

В качестве примера такого рода исследований можно привести результаты комплексных экспедиционных работ на территории Кулундинского эталонного полигона (Алтайский край, Благовещенский район, приозерная равнина оз. Кулундинского). Изученная территория характеризуется высоким разнообразием растительности. В растительном покрове представлены все типы, характерные для Кулундинской равнины: степи, луга, леса и кустарники, разнородная галофитная и водно-болотная растительность. Для оценки возможных путей трансформации растительности было проанализировано распределение типов экосистем на осях ведущих экологических факторов – увлажнения и богатства-засоленности почв, на основании чего разработана топо-ординационная модель растительного покрова.

Методика построения топо-ординационных схем растительности позволяет на одной модели визуализировать экологическое положение сообществ и их топологические связи (соседство). Для построения схемы выполняются следующие действия:

1. Вычисление экологических статусов для всех типов сообществ с использованием экологических шкал растений (Королюк, 2007).

2. Ординация типов сообществ в пространстве ведущих экологических факторов.

4. Определение топологических связей. Для этого оценивается вероятность контакта между всеми парами сообществ. В своих исследованиях мы используем результаты описания ландшафтных профилей. В этом случае подсчитываются случаи контакта между различными типами сообществ. Как показывает наш опыт, это наиболее простой, но, в то же время, эффективный метод. Также возможно определение топологических контактов по длине границ между различными типами. Это можно делать тремя способами.

- 3.1.С использованием GPS: прокладываются пути по границам различных сообществ, в камеральных условиях подсчитываются их длины.

- 3.2.По крупномасштабной геоботанической карте подсчитываются длины границ между различными типами сообществ.

- 3.3.Высчитывание длины границ производится по результатам дешифрирования космических снимков (например, QuickBird).

4. Топологические связи наносятся на схему.

Анализ положения типов сообществ в топо-ординационной схеме позволяет прогнозировать изменения в растительном покрове, связанные с динамикой гидрологического режима. Так как эти изменения чаще всего носят постепенный характер, то в зависимости от направления динамики (обсыхание или переувлажнение) сообщество замещается соседствующими в схеме ценозами. Начальные стадии динамики мы можем обнаруживать в ходе полевых исследований, они в первую очередь проявляются в изменении флористического состава сообществ, а также в соотношении обилия индикаторных групп растений.

Для территории Кулундинского полигона структура растительного покрова отражает динамику природных условий за последние десятилетия, связанную с общей аридизацией условий. Это привело к повсеместной деградации лесных массивов по западинным формам рельефа, которые в настоящее время заняты болотно-солончаковыми сообществами. Происходит усыхание лесов на повышенных элементах рельефа, причинами данного феномена является увеличение сухости и значительный антропогенный пресс в виде выпаса и пожаров. Происходит увеличение площадей солончаков за счет обсыхания водных объектов.

Изучение пространственной структуры растительного покрова является основой для создания системы мониторинга природных процессов. При анализе динамики лесных сообществ в ходе повторяющихся наблюдений на ключевых полигонах анализируется появление и гибель возобновления древесных и кустарниковых пород в травянистых сообществах, а также по опушкам кустарниково-лесных контуров. Более сложным, но в то же время более информативным, является анализ динамики границ между различными типами травяных сообществ. Для этой цели проводятся повторяющиеся полевые исследования на постоянных ландшафтных профилях с точной географической привязкой. В первую очередь анализируется динамика границ между травяными экосистемами, связанные с наступлением и обсыханием болот, взаимодействием между степными и луговыми сообществами.

Работы по изучению экосистем Южной Сибири проводятся при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (грант 08-04-00055) и проекта «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. Королук А.Ю. Использование экологических шкал в геоботанических исследованиях // Актуальные проблемы геоботаники. Лекции. – Петрозаводск. – 2007. – С. 177–197.

© А.Ю. Королук, 2010

УДК 631.417.2:504.53.064

Б.М. Кленов

СГГА, Новосибирск

КОНТИНЕНТАЛЬНОСТЬ КЛИМАТА КАК ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЙ ФАКТОР ГУМУСООБРАЗОВАНИЯ В ПОЧВАХ СЕВЕРНОЙ ЕВРАЗИИ

На примере трех крупных географических регионов Северной Евразии рассмотрено гумусообразование в почвах в зависимости от степени континентальности климата. Показано, что с усилением континентальности климата ослабляется не только количественное накопление гумуса, но и изменяется его качественный состав в сторону образования более упрощенных форм гуминовых веществ.

B.M. Klenov

Siberian State Academy of Geodesy (SSGA)

10 Plakhotnogo St, Novosibirsk, 630108, Russian Federation

CONTINENTALITY OF CLIMATE AS A GEOECOLOGICAL FACTOR OF HUMUS FORMATION IN SOILS OF NORTHERN EURASIA

By the example of three vast geographical areas of Northern Eurasia the formation of soil humus was considered depending on degree of continentality of climate. It was shown that with increase in continentality of climate not only decreased humus accumulation but also changed its qualitative composition towards to the formation of more simple compounds of humic substances.

Экологические вопросы образования почвенного гумуса как «отдельного тела» природы, по В.В.Докучаеву, изучаются на протяжении полутора столетий, т. е. с момента зарождения почвоведения как науки. Образование гумуса контролируется пятью общеизвестными факторами почвообразования. Различное сочетание этих факторов является причиной многообразия почв на Земле. Влияние каждого из факторов в отдельности четко проявляется при сравнительно-географическом подходе как к изучению любых свойств почв, так и геоэкологических условий гумусообразования. В данном сообщении рассмотрено влияние климата, в частности, его континентальности на накопление гумуса в почвах. Климатический фактор почвообразования непосредственно влияют на проявление зональности растительного покрова. Растительность же наряду с почвенной фауной и почвенными микроорганизмами является основным источником поступающего в почву органического опада, а значит, и почвенного гумуса.

В качестве объекта исследования взяты целинные аналоги серых лесных почв, черноземов и каштановых почв, составляющих основу земледельческого

фонда Северной Евразии. 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 отношении 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 в пределах этих территорий изменяется соответственно от умеренно континентального в ЕЧР до континентального в ЗС и далее до резко континентального в ВС. При расчете коэффициента континентальности климата (К) включаются широтные величины трех климатических элементов, которые четко отражают степень континентальности климата: годовая амплитуда температура воздуха, суточная амплитуда температуры воздуха и недостаток относительной влажности [1]. Изученные почвы развиваются в условиях различной континентальности климата, что подтверждается величиной К, типичной для каждой из трех территорий. 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. 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 эти почвы в ВС независимо от типа почвообразования классифицируются также как холодные почвы (длительно- и глубокопромерзающие) [2]. В ЕЧР и ЗС вышеуказанных три типа почв, 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, географические аспекты гумусообразования в них целесообразно рассматривать по интегральному показателю – накоплению гумуса.

С севера на юг, т. е. от серых лесных почв к черноземам и далее к каштановым почвам накопление гумуса в почвах идет в соответствии с изменениями биоклиматических условий – с нарастанием аридности климата и изменением характера растительного покрова. В этом направлении, в особенности в ЕЧР и ЗС возрастает среднегодовая температура воздуха, продолжительность периода биологической активности, запас тепла (сумма температур выше $+10^{\circ}\text{C}$) [3]. Причем наиболее сильно увеличение этих показателей отмечается в ЕЧР, в меньшей степени – в ЗС и в ВС. Вместе с тем,

в направлении с запада на восток в пределах широтной полосы от 55° до 62° с.ш. также отмечается снижение значений этих основных климатических показателей. Нарастание континентальности климата сопровождается снижением запаса тепла, среднегодовой температуры воздуха, сокращением периода биологической активности.

Опад в серых лесных почвах лесостепи формируется из остатков травянистой растительности и лесных пород (широколиственных в ЕЧР, мелколиственных в ЗС и лиственничных в ВС). В межлесных пространствах и далее к югу в безлесных пространствах под разнотравной лугово-степной растительностью формируются черноземы. В сухостепной зоне под относительно однородной растительностью, представленной в основном типчаково-ковыльными ассоциациями, формируются каштановые почвы.

Общий запас фитомассы наибольший в лесной зоне, значительно меньше он в лесостепной зоне и наименьший в сухостепной зоне (табл. 1), что соответствует степени развития растительного покрова в широтном плане. Однако, как известно, не вся фитомасса участвует в формировании гумуса, а лишь та её часть, которая наиболее податлива к разложению, поэтому доля опада, идущего на формирование гумуса, не согласуется с общим запасом фитомассы. Как показывают данные, фитомасса, являющаяся непосредственным источником гумуса, максимальна в случае черноземов и составляет, например, в серых лесных почвах 30 ц/га, т. е. очень незначительную долю (примерно 1/70) от общего количества фитомассы. Это вполне правомерно, поскольку основная часть фитомассы под пологом даже лиственного леса представлена древесиной, составные компоненты которой, в частности, лигнин представляет собой компонент, устойчивый к биологическому разложению. В черноземах и каштановых почвах гумусообразователи составляют большую долю от общего количества фитомассы (до 15 % в черноземах и до 10 % в каштановых почвах), поскольку травянистая растительность по сравнению с древесиной содержит значительно меньше лигнина. С такой же закономерностью изменяется и содержание кальция, поступающего в почву с опадом и представляющего наибольшую значимость в закреплении гуминовых веществ в почвах.

Таблица 1 Максимальные величины источников гумуса в лесостепных и сухостепных почвах Северной Евразии

Гумусообразователи	Серые лесные почвы	Черноземы	Каштановые почвы
Общая фитомасса, т/га	200	100	40
Фитомасса, идущая на образование гумуса, т/га	30	150	40
Участие кальция в биологическом круговороте, кг/га	60	100	30

Запас гумуса как интегральный показатель биологического круговорота органических веществ также показывает четкую зависимость от континентальности климата (табл. 2).

Таблица 2 Запас гумуса в верхнем полуметровом почвенном слое (т/га) и соотношение гумусовых кислот

Почвы	Регион					
	ЕЧР		ЗС		ВС	
	Запас гумуса	Сгк/Сфк	Запас гумуса	Сгк/Сфк	Запас гумуса	Сгк/Сфк
Серые лесные	250	1,0–1,5	200	0,7	80	0,8
Черноземы	350	1,7–2,5	250	1,6–2,2	150	1,1–1,5
Каштановые	150	1,2–1,7	100	1,2–1,5	70	0,6–0,8

В меридиональном направлении в пределах каждого природного комплекса (природной зоны) в почвах одного и того же типа существенно снижается запас гумуса. Усиление континентальности климата сопровождается снижением биологической активности в почвах, наиболее подавленной в глубокомерзлотных почвах ВС. С усилением континентальности климата снижается в составе гумуса роль гуминовых кислот и возрастает роль фульвокислот, о чем свидетельствуют отношения углерода этих кислот (Сгк/Сфк). Соотношение этих кислот является устойчивым почвенно-генетическим показателем и его снижение в меридиональном направлении вызвано, скорее всего, усилением континентальности климата.

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.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Иванов, Н.Н. Пояса континентальности Земли / Н.Н. Иванов // Докл. Всесоюзн. географ. об-ва. 1959. – № 5. – С. 410-423.
2. Чимитдоржиева, Г.Д. Гумус холодных почв / Г.Д. Чимитдоржиева // Новосибирск: «Наука», Сиб. отд-ние, 1990. – 145 с.
3. Кленов, Б.М. Гумус почв Западной Сибири / Б.М. Кленов // М.: Наука, 1981. – 144 с.

© Б.М. Кленов, 2010

УДК 630.181.43

Г.А. Иванова, Е.А. Кукавская, С.В. Жила

Институт леса им. В.Н.Сукачева СО РАН, Красноярск

ВОЗДЕЙСТВИЕ ПОЖАРОВ НА ПАРАМЕТРЫ БАЛАНСА УГЛЕРОДА И КОМПОНЕНТЫ ЭКОСИСТЕМЫ В СВЕТЛОХВОЙНЫХ ЛЕСАХ СРЕДНЕЙ СИБИРИ

Приводится оценка воздействия пожаров на параметры баланса углерода в сосновых и лиственничных лесах Средней Сибири. Величина эмиссии углерода определяется интенсивностью лесного пожара, погодными условиями, а также типом растительности и условиями местопроизрастания.

G.A. Ivanova, E.A. Kukavskaya, S.V. Zhila

VN Sukachev Institute of Forest SB RAS

28/50 Akademgorodok, Krasnoyarsk, 660036, Russia

FIRE IMPACT ON CARBON BALANCE PARAMETERS AND ECOSYSTEM COMPONENTS OF LIGHT-CONIFEROUS FORESTS OF CENTRAL SIBERIA

Fire impact on carbon balance parameters of pine and larch forests of central Siberia was estimated. Carbon emission was found to depend on forest fire intensity, weather conditions, vegetation type and site conditions.

На территории России сосновые леса сосредоточены в Сибири, где они составляют до 30 % от всех хвойных лесов. При этом в них сосредоточена треть запасов углерода [1]. В связи с обширными площадями, высокой аккумуляцией органических веществ в почве, подстилке и надземной биомассе, сосновые леса воздействуют на глобальный бюджет углерода и химию атмосферы. В тоже время на них приходится до 60 % от общего количества лесных пожаров [2], интенсивность которых широко варьирует в пространстве и во времени. Вид и интенсивность пожара влияют на эмиссии, отпад древесины и последующее восстановление растительности. Прогнозируемое глобальное изменение климата, как ожидается, может привести к увеличению частоты лесных пожаров и расширению ареала их распространения [3]. Это может вызвать деградацию лесорастительных условий и повлиять на депонирование углерода в бореальных лесах. Поэтому очень важно оценить вклад пожаров в изменение запасов углерода в сосновых лесах Средней Сибири.

В 2000–2007 гг. была проведена серия крупномасштабных экспериментов по моделированию поведения лесных пожаров и воздействию их на компоненты экосистемы в среднетаежных сосняках Центрального района бассейна р. Енисей и южнотаежных сосняках и лиственничниках Нижнего

Приангарья [4; 5]. Последующие послепожарные исследования позволили оценить воздействие пожаров на компоненты экосистемы и параметры баланса углерода.

В средне- и южнотаежных сосняках запас углерода органического вещества на поверхности почвы варьирует от 15 до 22 тС/га, при этом основная доля приходится на подстилку (до 50 %). В южнотаежных смешанных насаждениях с преобладанием лиственницы запас углерода органического вещества на поверхности почвы превышает запас в сосновых насаждениях в среднем на 30 % (от 22 до 35 тС/га). Значительный вклад в общий запас в лиственничниках дают ветви и валеж разной степени деструкции, на которые приходится до 58 % запаса углерода на поверхности почвы.

Пожары высокой интенсивности (более 4000 кВт/м) обуславливают значительное снижение (на 55–60 %) запасов углерода напочвенного покрова, как сосновых, так и лиственничных насаждений. Сразу после высокоинтенсивного пожара запасы углерода органического вещества на поверхности почвы наименьшие и аккумулированы в подстилке и валеже. После воздействия пожаров низкой интенсивности (менее 2 000 кВт/м) запас углерода напочвенного покрова сосняков снизился не так значительно, как при пожарах высокой интенсивности – до 30–35 % от допожарного запаса в сосняках и до 18 % в лиственничниках.

Эмиссия углерода при низовых пожарах составила от 8,1 до 12,6 тС/га в южнотаежных сосняках и от 4,8 до 15,4 тС/га в среднетаежных. Наибольшее количество (64–88 %) высвобождается при сгорании мхов, лишайников и подстилки. Эмиссия углерода определяется интенсивностью пожара ($r = 0,77$) (рис. 1). При низовых пожарах низкой интенсивности эмиссия в 4,5, средней – 5,4, высокой – 12,6 раз превосходит ежегодные потери углерода от разложения органического вещества.

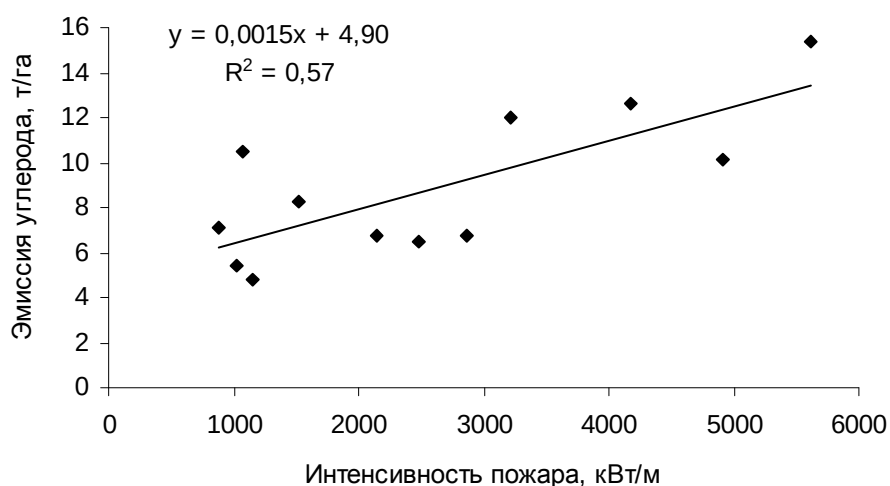


Рис. 1. Зависимость эмиссии углерода от интенсивности пожара в сосняках Средней Сибири

Величина эмиссии углерода при пожарах в светлохвойных лесах определяется условиями погоды, которые характеризуются показателем

пожарной опасности ПВ-1 (рис. 2). Коэффициенты корреляции для сосняков – 0,71, для лиственничников – 0,85.

После пожаров происходит перераспределение углерода вещества живой фитомассы в углерод мертвого органического вещества (рис. 3). Запас углерода органического вещества на поверхности почвы и темп его увеличения в первые после пожара годы в значительной степени определяются интенсивностью огневого воздействия, в дальнейшем происходит увеличение значимости других факторов.

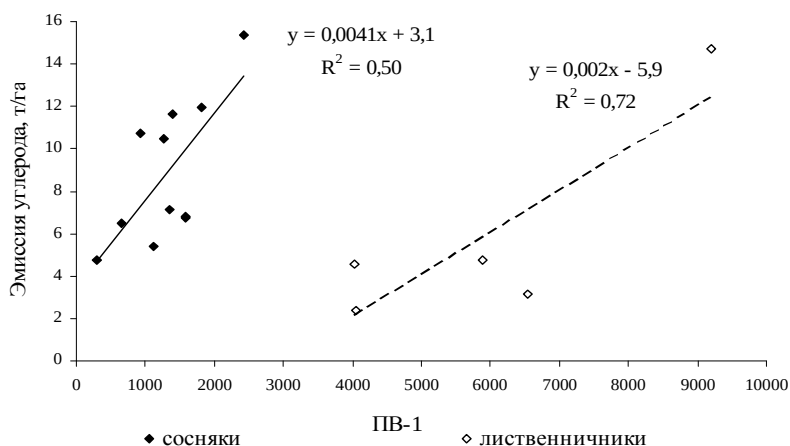


Рис. 2. Зависимость эмиссии углерода при лесных пожарах от погодных условий

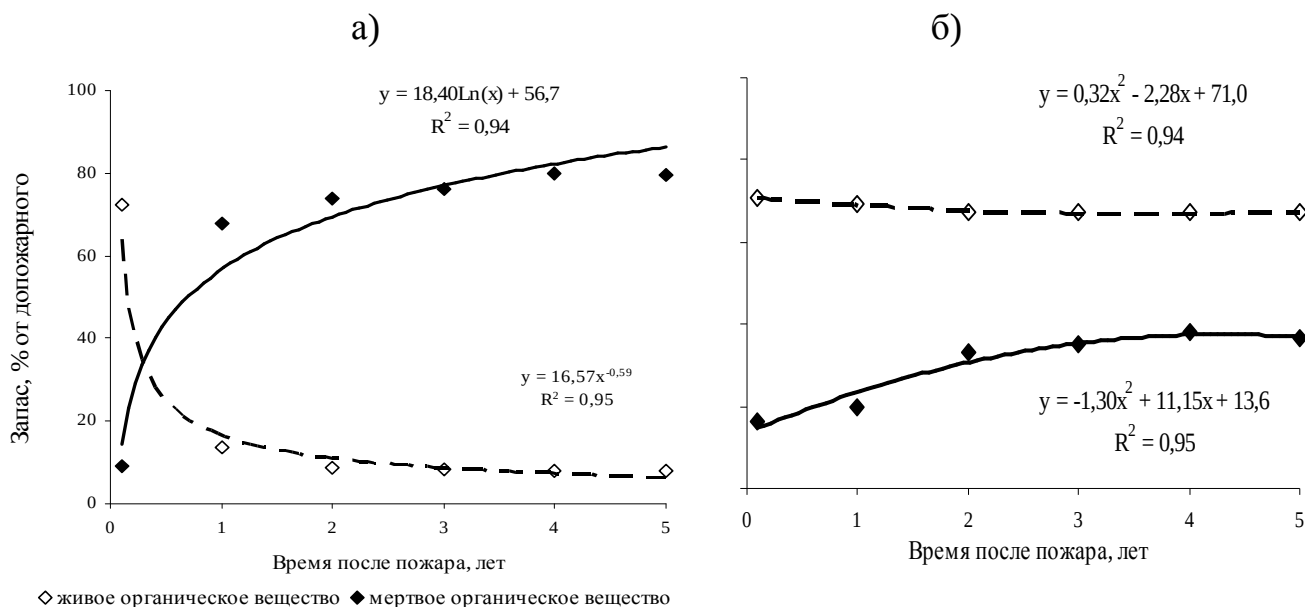


Рис. 3. Динамика углерода надземного органического вещества после пожаров высокой (а) и низкой (б) интенсивности в сосняках Средней Сибири

Процесс накопления биомассы и аккумуляирования углерода после пожаров в светлехвойных насаждениях в значительной степени зависит от интенсивности горения, определяющей степень воздействия на компоненты экосистемы (рис. 4). По мере отпада деревьев и поступления на поверхность почвы отмершей растительности происходит накопление запасов подстилки,

которое наиболее интенсивно идет в первые годы после пирогенного воздействия.

Запас углерода напочвенного покрова на третий после пожара год составил 85 % от допожарного значения в лиственничниках и 66 % в сосняках. Спустя 1–3 года после воздействия высокоинтенсивных пожаров запас углерода ветвей и валежа в лиственничниках в 2,5–3,2 раза больше, чем в сосняках. Увеличение углерода напочвенного покрова после пожара низкой интенсивности происходит, как и после высокоинтенсивного, за счет опада с поврежденных пожаром деревьев и отпада сухостоя. Запас углерода органического вещества на поверхности почвы в светлохвойных насаждениях, пройденных пожарами низкой интенсивности, восстанавливается до допожарного уровня за 1–2 года.

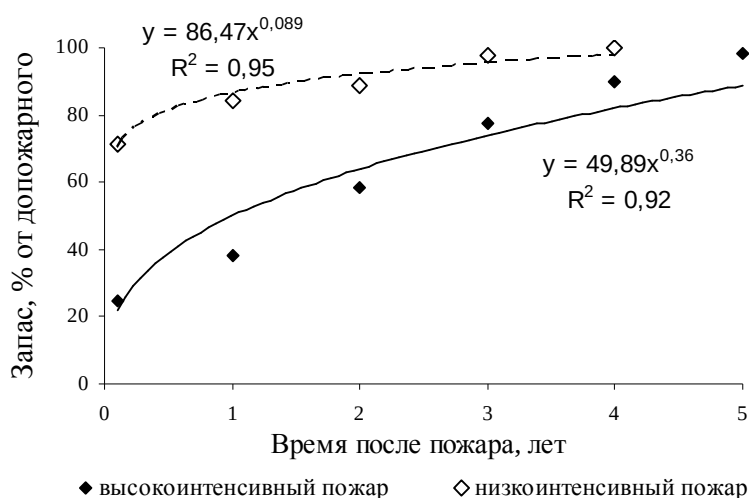


Рис. 4. Динамика углерода напочвенного покрова после пожаров разной интенсивности в среднетаежных сосняках лишайниково-зеленомошных

На начальном этапе послепожарного лесовосстановления индикаторами лесорастительных условий являются растения нижних ярусов. Высокоинтенсивные пожары в среднетаежных сосняках, при которых повреждается эдификатор, приводят к значительному нарушению живого напочвенного покрова, изменяя его структуру, образуя мелкоконтурные микроассоциации. Ведущая роль в структуризации напочвенного покрова принадлежит эксплерентам, фитомасса которых на восьмой год превышает допожарную в шесть раз. При пожарах средней и низкой интенсивности, когда повреждения травяно-кустарничкового яруса незначительны, дальнейшее его восстановление происходит в прежних границах микроассоциаций с постепенным восстановлением зеленых мхов.

Пожары высокой интенсивности в южнотаежных лиственничных насаждениях Нижнего Приангарья приводят к обильному разрастанию травяного покрова. Через 3 года после пожара его запас в 8,5 раз превысил допожарную величину. В сосняках на более бедных почвах запас травяно-кустарничкового яруса после пирогенного воздействия за этот же временной период не достиг допожарного уровня. При полном уничтожении живого напочвенного покрова после пожаров высокой интенсивности в местах прогоревших до минерального слоя для сосняков характерно появление мхов

рода *Polytrichum*, а для листовенничников – *Marchantia*, которые постепенно разрастаются, увеличивая запас. Так, биомасса маршанции на экспериментальном участке за год возросла более чем в 3 раза.

До пожара экосистемы спелых сосняков лишайниково-зеленомошных средней и южной тайги функционируют как сток атмосферного углерода, закрепляя 0,3–1,5 тС/га в год. Установлено, что воздействие пожаров низкой интенсивности на спелые средние и южнотаежные сосняки обуславливает функционирование экосистемы как источника углерода в атмосферу на 10-летний период, а пожары высокой интенсивности на десятки лет (до 30–40 лет).

Пожары высокой интенсивности переводят экосистему в состояние источника углерода в атмосферу сразу после их воздействия (-0.16 тС/га в год). При низкой и средней интенсивности горения сразу после пожара экосистема функционирует как сток для углерода за счет снижения минерализационного потока при сгорании мертвого органического вещества. В первые после пожара годы увеличивается минерализационный поток вследствие отпада деревьев и накопления подстилки и экосистема сосняков становится источником углерода в атмосферу. Величина минерализационного потока в значительной степени определяется интенсивностью пожара и наибольшая после высокоинтенсивного пожара. В первые семь лет величина «входа-выхода» экосистемного углерода варьировала от -1.39 до -1.85 тС/га в год после пожара высокой и от -0.03 до -0.25 тС/га в год после пожара низкой интенсивности. Увеличение отрицательного значения «входа-выхода» экосистемного углерода с годами вызвано превалированием деструкционных процессов вследствие отпада деревьев и накопления подстилки над интенсивностью фотосинтетической ассимиляции.

Согласно статистическим данным в лесах Средней Сибири в среднем ежегодно выгорает около 118 тыс. га лесной площади. В экстремальные пожароопасные сезоны эта площадь может увеличиваться в несколько раз. Учитывая полученные экспериментальные данные, ежегодно при пожарах в сосновых бореальных лесах в среднем эмиссии углерода составляют от 300 до 1 000 тыс. тонн в зависимости от интенсивности пожаров, а в экстремальные пожароопасные сезоны они могут увеличиваться в 3–4 раза.

Работа выполнена при поддержке РФФИ и МНТЦ (проект №3695).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Углерод в экосистемах лесов и болот России В.А.Алексеев и Бердси Р.А. (ред.). – Красноярск: ИЛ СО РАН. – 1994.
2. Korovin, G.N. Analysis of the distribution of forest fires in Russia [Текст] / G.N. Korovin // Fire in ecosystems of boreal Eurasia, eds.: J.G. Goldammer and V.V. Furyaev. – Netherlands: Kluwer Academic Publishers. – 1996. – P. 112–128.
3. Kasischke, E.S. Fire, global warming, and the carbon balance of boreal forests / E.S. Kasischke, N.L. Christensen and B.J. Stocks // Ecological Applications – 1995. – № 5(2). – P. 437–451.
4. McRae, D. J. Variability of Fire Behavior Fire Effects and Emissions in Scotch Pine Forests of Central Siberia / D. J. McRae, S.G. Conard, G.A. Ivanova, A.I.

Sukhinin, S.P. Baker, Y.N. Samsonov, T.W. Blake // Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change. – 2006. – № 1. – Vol. 11. – P. 45–74.

5. Иванова, Г.А. Влияние пожаров на эмиссии углерода в сосновых лесах Средней Сибири [Текст] / Г.А. Иванова, В.А. Иванов, Е.А. Кукавская, С.Г. Конард, Д.Д. Макрей // Сибирский экологический журнал. – 2007. – № 6. – С. 885–895.

© Г.А. Иванова, Е.А. Кукавская, С.В. Жила, 2010

УДК 581.162.3:551.510.42

В.В. Головки¹, К.П. Куценогий¹, В.Л. Истомин²

¹ИХКГ СО РАН, Новосибирск, ²ИГиЛ СО РАН, Новосибирск

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СКОРОСТИ СЕДИМЕНТАЦИИ ОДИНОЧНЫХ ПЫЛЬЦЕВЫХ ЗЕРЕН И АГЛОМЕРАТОВ РАСТЕНИЙ – ДОМИНАНТ ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Определены скорости седиментации пыльцевых частиц древесных растений, доминирующих в лесах Западной Сибири. Установлены зависимости скорости седиментации пыльцевых агломератов от числа составляющих их пыльцевых зерен.

V.V. Golovko¹, K.P. Koutsenogii¹, V.L. Istomin²

¹Institute of Chemical Kinetics and Combustion SB RAS, ²Institute of Hydrodynamics, SB RAS, Novosibirsk

DETERMINATION OF THE RATE OF SEDIMENTATION OF SINGLE POLLEN SEEDS AND PLANT AGGLOMERATES – THE DOMINANT OF THE WOODY ECOSYSTEMS OF WEST SIBERIA

The results are obtained from the determination of the sedimentation rates of the pollen particles of the plants dominating in woody vegetation communities of West Siberia. The dependences of the mean sedimentation rate of an agglomerate on the number of included pollen seeds are determined.

Опыление – важнейшая стадия жизненного цикла семенных растений, являющихся основными продуцентами биомассы на Земле. Преобладание в растительном покрове внетропической суши ветроопыляемых растений обуславливает присутствие значительных количеств пыльцы в атмосфере [1]. Их пыльца играет важную роль в переносе химических элементов в биоценозах, является одной из основных причин аллергических заболеваний [2]. В период массового цветения ветроопыляемых древесных растений на долю их пыльцевых зерен приходится до 20 % от суммарной массовой концентрации атмосферного аэрозоля.

В природе пыльца анемофильных растений представлена как индивидуальными пыльцевыми зёрнами, так и их агломератами, которые также участвуют в процессе переноса пыльцы [3]. Основным фактором, определяющим дальность распространения пыльцевых частиц по воздуху, является их скорость седиментации. От нее зависит, насколько быстро пыльца покидает растительный полог, сколько времени остается взвешенной в воздухе, насколько эффективно улавливается воспринимающими поверхностями

семенных растений, т.о. вероятность переноса пыльцы на значительные расстояния и успех опыления.

В настоящее время изучены аэродинамические характеристики индивидуальных зерен пыльцы ничтожного числа видов [4], преимущественно древесных растений, произрастающих на территории Европы и Северной Америки. Значительно хуже изучена пыльца древесных растений, доминирующих в растительном покрове Западной Сибири. Сведения о скорости седиментации агломератов пыльцевых зерен практически отсутствуют.

Сложная геометрической форма пыльцевых зерен, неоднородное распределение массы по объёму, наличие агломератов весьма затрудняют теоретические расчеты скорости седиментации пыльцевых частиц. В связи с этим скорость седиментации спор и пыльцы определяется эмпирически [5].

В данной работе представлены результаты экспериментальных исследований скоростей седиментации индивидуальных пыльцевых зерен и их агломератов березы бородавчатой, ели сибирской, лиственницы сибирской, осины, сосны обыкновенной и тополя черного – доминирующих в лесных экосистемах Западной Сибири.

Скорость седиментации ПЗ измерялась в экспериментальной установке для получения аэрозолей методом импульсного распыления порошкообразных материалов, состоящей из дозирующей системы и собственно седиментометра. Данная установка описывалась ранее [5].

В ходе экспериментов пыльцевые частицы оседали через окно в виде сектора в диафрагме на круглую стеклянную пластину, покрытую глицерин-желатином. Пыльца загружалась в дозатор и импульсом сжатого воздуха распылялась в верхнюю часть седиментометра. Через определенный интервал времени после распыления пыльцы открывалась заслонка, и одновременно производился поворот щелевой диафрагмы. Дальнейшие смены щелевой диафрагмы в опытах осуществлялись через строго определенные интервалы времени. Так как участок неравномерного движения значительно меньше длины седиментационного цилиндра, при расчете скорости седиментации сделано допущение, что частицы равномерно оседают на подложку в течение всего периода экспозиции каждого сектора. Подсчет зерен пыльцы и их агломератов, осевших на стеклянные подложки, производился под микроскопом, причем агломераты подсчитывались отдельно. Данная методика позволяла идентифицировать агломераты, в состав которых входило до 6 индивидуальных зерен пыльцы.

Различие скоростей седиментации агломератов, состоящих из одинакового количества пыльцевых зерен показано на рис. 1 на примере пыльцевых частиц ели сибирской, осевших на подложку седиментометра.

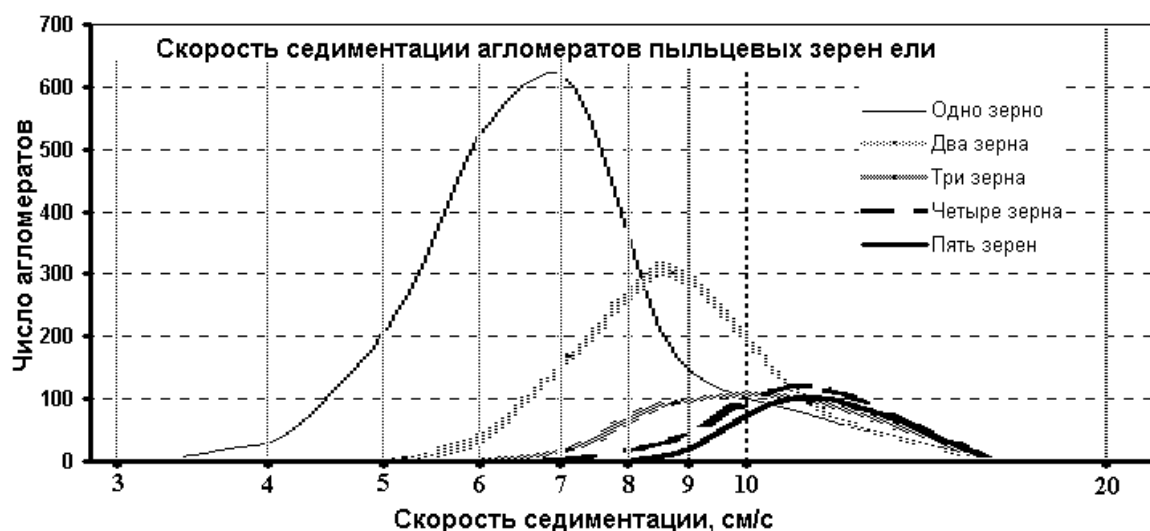


Рис. 1. распределение скорости седиментации пыльцевых агрегатов ели сибирской

Скорость седиментации V_j агрегата, состоящего из j зерен, рассчитывалась по следующей формуле:

$$\overline{V_j} = \sqrt[n_{ij}]{} \times V_{2j} \times V_{1j} V_{1j} V_{1j} \times V_{1j}, \quad (1)$$

где $\overline{V_{ij}}$ – среднее арифметическое значение скорости седиментации агрегатов из j частиц, оседающие в пределах i -го сектора, n_{ij} – число агрегатов из j частиц, осевших на i сектор.

Количество агрегатов уменьшается с увеличением числа частиц в агрегате. При этом, как для индивидуальных ПЗ, так и для их агрегатов отмечается заметный разброс скоростей седиментации. В таблице 1 приводятся значения средней скорости седиментации, среднеквадратичное отклонение, а также коэффициент вариации, выраженный в процентах.

Таблица 1 Статистические характеристики скорости седиментации агрегатов пыльцевых зерен травянистых растений

№	Название растения	Число частиц в агломерате					
		1	2	3	4	5	6
Средняя геометрическая скорость седиментации $\overline{V_j}$ „ см/с							
1	y = 1,3774x0,4255	1,4	1,8	2,2	2,5	2,7	3,0
2	R2 = 0,9964	2,1	2,7	3,0	3,3	3,6	3,8
3	y = 1,3774x0,4255	2,0	2,7	3,2	3,5	3,6	3,8
4	R2 = 0,9964	12,6	15,8	18,0	25,7		
5	y = 1,3774x0,4255	6,4	8,4	9,7	10,6	11,0	11,2
6	R2 = 0,9964	3,0	4,0	5,0	5,9	6,5	7,0
Стандартное геометрическое отклонение σ_{Vi} , см/с							
1	Береза бородавчатая	1,32	1,32	1,30	1,28	1,29	1,29
2	Осина	1,47	1,35	1,33	1,32	1,30	1,30
3	Тополь черный	1,53	1,44	1,29	1,24	1,23	1,22
4	Лиственница сибирская	1,33	1,17	1,00	1,00		
5	Ель сибирская	1,25	1,20	1,18	1,13	1,09	1,06
6	Сосна обыкновенная	1,37	1,39	1,30	1,33	1,31	1,31

Максимальные стандартные геометрические отклонения отмечены для индивидуальных зерен пыльцы, что, по-видимому, связано с варьированием размеров с наличием некоторого числа абортивных зерен пыльцы. При увеличении числа частиц в агломерате, эти факторы, вероятно, взаимно компенсируются. Можно предположить, что с ростом количества ПЗ агломерат становится более симметричной фигурой. В результате, с ростом числа частиц в агломерате, разброс значений скоростей седиментации при оседании уменьшается. Наиболее ярко это заметно на примере пыльцы тополя черного.

Скорость седиментации пылевых агломератов растет с увеличением числа количества частиц в агломерате. Средние значения скоростей седиментации агломератов пылевых зерен хорошо аппроксимируются степенной зависимостью:

$$\overline{V}_j = a * j^k, \quad \text{для } 1 \leq j \leq 6, \quad (2)$$

где $\overline{V}_j$ – среднее значение скорости седиментации агломерата состоящего из j частиц, размерные коэффициенты a и показатель степени k находятся из экспериментальных данных для каждого вида растений (таблица 2). В зависимости от вида растения коэффициент корреляции принимает значения в диапазоне $0,890 \leq r \leq 0,996$, k принимает значения. $0,321 \leq k \leq 0,486$ /

Таблица 2 Эмпирические зависимости скорости седиментации от числа пылевых зерен в агломерате

п/п	Пыльца растений	Эмпирическая зависимость $\overline{V}_j$, см/с	Коэффициент корреляции r
1	Береза бородавчатая	$1,4 \times j^{0,426}$	0,996
2	Осина	$2,1 \times j^{0,328}$	0,998
3	Тополь черный	$2,0 \times j^{0,360}$	0,980
4	Лиственница сибирская	$12,0 \times j^{0,468}$	0,890
5	Ель сибирская	$6,6 \times j^{0,321}$	0,977
6	Сосна обыкновенная	$2,9 \times j^{0,486}$	0,996

Выводы:

1. Определены значения скоростей седиментации для одиночных пылевых зерен и их агломератов, в состав которых входят от 1 до 6 пылевых зерен березы бородавчатой, ели сибирской, лиственницы сибирской, осины, сосны обыкновенной и тополя черного.

2. Предложены эмпирические формулы зависимости скорости седиментации агломерата пылевых зерен растений, доминирующих в лесах Западной Сибири, от числа пылевых зерен в них.

Работа выполнена при поддержке МНТЦ 3695.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ackerman J.D. Abiotic pollen and pollination: ecological, functional, and evolutionary perspectives. *Plant Syst. Evol.*, 2000, Vol. 222, pp. 167–185.
2. Беклемишев Н.Д., Ермакова Р.К, Мошкевич В.С. Поллинозы. – М.: Медицина, 1985. – 240 с.
3. Ogden E.C., Haes J.V., Raynor G.S. Diurnal patterns of pollen emission in *Ambrosia*, *Phleum*, *Zea*, and *Ricinus*. *Amer. J. Bot.*, 1969, vol. 56, No 1, pp. 16–21
4. Jackson S.T. and Lypord M.E. Pollen Dispersal Models in Quaternary Plant Ecology: Assumptions, Parameters, and Prescriptions. *The botanical review*, 1999, Vol. 65, No 1, pp. 39-74.
6. Истомин В.Л., Куценогий К.П. Определение скорости седиментации спор плауна и их агломератов // *Теплофизика и аэромеханика*/ – 2001. – Т. 8. – № 2. – С. 295–300.

© В.В. Головкин, К.П. Куценогий, В.Л. Истомин, 2010

УДК 551. 58.10

Л.В. Воронина

СГГА, Новосибирск

ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ АСПЕКТ ОПАСНЫХ ПОГОДНЫХ ЯВЛЕНИЙ

Опасные погодные явления представляют большую экологическую напряжённость для человека и всего живого. Автором проведён анализ повторяемости и пространственного распределения по территории Новосибирской области таких опасных погодных явлений как метель, грозы, заморозки, гололёд, град. Сделан вывод о высокой их повторяемости в НСО, зонально-провинциальном распределении с особенностями локальной мозаичности и отрицательном экологическом воздействии на человека.

L.V. Voronina

SSGA, Novosibirsk

ECOLOGICAL ASPECT OF DANGEROUS WEATHER PHENOMENA

Dangerous weather phenomena are ecologically straining for both people and all the living beings. The author presents frequency analysis and that of the spatial distribution as concerns such dangerous weather phenomena as snowstorm, thunderstorm, light night/morning frosts, ice-covered ground and hail on the territory of Novosibirsk region. The conclusion has been made of these phenomena high frequency and zonality (with local mosaicity) in the region and their unfavourable ecological effect on a man.

Несмотря на растущий технологический прогресс, зависимость человека от природы остаётся стабильно значительной. Экологический кризис может быть обусловлен не только глобально возросшими процессами производства, а, следовательно, максимально полным загрязнением природной среды. Но и природными факторами, локализация которых проявляется вне каких-либо административных границ. Отрицательное воздействие природных факторов может проявляться с одинаково яркими последствиями как во времени, так и в пространстве. Во времени – их повторяемость за какой-либо промежуток времени либо за длинный ряд лет; в пространстве – охват территории вне административных границ – регионально, локально, глобально.

Мы ставим перед собой задачу: проследить особенности, роль и специфику опасных погодных явлений в региональном и локальном плане на примере Новосибирской области за конкретный промежуток времени.

К опасным явлениям погоды относятся такие метеорологические явления, которые представляют угрозу для безопасности человека и всего живого на земле. Эта угроза проявляется в интенсивности погодных явлений, их

продолжительности либо несвоевременном проявлении в природе. Всё это вместе представляет угрозу экологической стабильности, наносит существенный ущерб экономике.

В сети Гидрометслужбы (Федеральный закон от 02.02.2006г. №21 – ФЗ «О внесении изменений в закон «О гидрометеорологической службе») к опасным погодным явлениям (ОПЯ) относится большой перечень явлений, критерии которых отражают значительную экологическую опасность как для человека, так и для всего живого в географической оболочке Земли. Это, например, очень сильный ветер, ураганный ветер, шквал, смерч, сильный ливень, продолжительный сильный дождь, очень сильный снег, очень сильный дождь, крупный град, сильная метель и т. д.

Особый интерес представляют такие особо опасные погодные явления как метель, град, изморозь, гололёд, гроза, заморозки. Каждый из них может нанести существенный вред стабильности и благополучию в жизни человека, каждый из них является ярко выраженным примером экологического дискомфорта.

Метель – перенос снега с поверхности снежного покрова под влиянием сильного порывистого ветра – наносит экологический вред транспорту, сельскому хозяйству, строительству. Продолжительность одной метели изменяется от 10 минут до 6 суток. За пятилетний период 2004–2008 гг. повторяемость метелей по территории Новосибирской области изменялась довольно сильно. Достаточно сказать, что по данным некоторых метеостанций (Кыштовка, Крещенка, Колывань и др) были годы, когда метелей не было совсем, либо они наблюдались только 1 раз в году (Баган, Крещенка, Северное, Ужаниха), а на таких станциях, как Татарск, Коченево, Искитим, Ордынское – от 40 до 80 дней в году. В Маслянино же и Тогучине данное ОПЯ достигало максимальных значений: 108 и 151 дней соответственно (табл. 1).

Таблица1 Число дней с метелью в Левобережье Новосибирской области

Зона	Станция	Число дней с метелью за год					Сумма за 5 лет
		2004	2005	2006	2007	2008	
Подтайга	Кыштовка	2	–	–	4	4	10
	Крещенка	1	–	–	6	6	13
	Венгерово	2	1	2	3	5	13
Лесостепь	Барабинск	6	3	5	14	7	35
	Убинское	9	6	8	16	10	49
	Татарск	7	6	7	14	12	46
	Каргат	7	4	3	12	7	33
	Квашнино	11	6	8	19	9	53
	Чистоозерное	3	7	8	19	6	43
Степь	Купино	6	2	6	11	4	29
	Баган	1	4	2	7	4	18
	Краснозерск	3	–	1	10	5	19

Можно отметить, что зональность в распределении повторяемости числа дней с метелью всё-таки проявляется, хотя и не очень чётко. В грубом выражении происходит рост данного ОПЯ с севера на юг, т. е. от подтаёжной

зоны к лесостепной, а затем - дальнейшее его уменьшение в сторону степной зоны. Определённые различия в повторяемости метелей наблюдаются также в Левобережье и в Правобережье. На территории последнего число метелей наиболее высокое, либо вообще максимальное (табл. 2).

Таблица 2 Число дней с метелью в Правобережье Новосибирской области

Зона	Станция	Число дней с метелью за год					Сумма за 5 лет
		2004	2005	2006	2007	2008	
Лесостепь	Мошково	4	–	8	5	4	21
	Огурцово	11	2	7	9	1	30
	Обская ГМо	20	12	15	22	11	80
	Посевная	13	2	12	22	9	58
	Искитим	12	9	15	18	16	70
	Тогучин предгорья	27	28	32	37	27	151
Подтайга	Маслянино предгорья	24	22	21	29	12	108

Эти особенности можно объяснить рядом географических причин: в подтаёжной зоне лесные массивы препятствуют активному проявлению метелей, в лесостепной зоне подстилающая поверхность более открыта, плюс к тому здесь проходит полоса активного распределения циклонов, что естественно способствует увеличению повторяемости метелей.

В степной зоне поверхность ещё более открыта, но в данном случае циркуляционные процессы меняются: циклоническая деятельность ослабевает, но усиливается стационарирование антициклонов – возрастает их влияние, тем более, что по широте 50° проходит ось Воейкова – отрог высокого давления самого крупного на земле – Азиатского антициклона. Это вне сомнения уменьшает число метелей. В Правобережье их численность увеличивается в связи с повышением уровня рельефа в данной местности.

Очень опасным погодным явлением является гололёд. Он представляет один из ярких примеров экологического риска. Выражается в слое плотного стекловидного льда, который образуется на растениях, проводах, на различных предметах, на поверхности земли. Эти образования в виде гладкого или слегка бугристого льда происходят при соприкосновении частиц осадков с поверхностью, у которой отрицательная температура. Явление наблюдается при температуре воздуха от 0 до -10 °С -15 °С

Нарастание гололёда продолжается так долго, сколько длятся переохлаждённые осадки (морось, ледяной дождь, ледяная крупа). Обычно это бывает несколько часов, но если на явление накладываются туман, то и несколько суток. Подобное ОПЯ наносит действенный экологический вред: сильно затрудняется передвижение людей, животных, транспорта; может привести к обрыву проводов, обламыванию ветвей деревьев. Глубокий и интенсивный гололёд может привести и к более существенным экологическим нарушениям: падению деревьев, мачт у линий электропередач и т. д.

В соответствии с поставленной задачей мы провели анализ повторяемости гололедных явлений, в результате которого на территории Новосибирской области выбрано их количество за каждый год пятилетнего периода, подсчитана сумма за 5 лет и сумма за год по всем станциям, составлена карто-схема, позволившая получить их пространственное распределение по территории области. В итоге можно сделать некоторые выводы: повторяемость гололёда проявляется зонально и провинциально. Наибольшая повторяемость выражена в подтайёжной зоне, затем намечается убывание к югу – в сторону лесостепи и степи. Провинциальность выражена в возрастании гололедных явлений на водоразделах – между р. Омь и озером Чаны, между реками Чулым и Шегарка, долинами рек Обь и Иня, на Черепановской равнине, на отрогах Приобского плато по долине р. Карасук.

Электрические разряды в атмосфере, которые сопровождаются вспышками света (молнией) и резкими звуковыми раскатами (громом) представляет собой грозу – весьма опасное и экологически дискомфортное метеорологическое явление. Гроза сопровождается сильным ветром, ливневыми осадками, градом. Эти явления особенно опасны для авиации, для народного хозяйства, могут представлять угрозу для жизни человека. Нами выбраны число дней с грозой за каждый месяц пятилетнего периода, вычислены средние значения, отобраны максимальные величины. В данном случае приводим лишь некоторые значения – по некоторым метеостанциям – за тёплые месяцы года (табл. 3).

Таблица 3 Максимальное за 5 лет (2004–2008) число дней с грозой

Зона	Станция	Месяцы						Год
		IV	V	VI	VII	VIII	IX	
Подтайга	Кыштовка	1	6	14	14	8	2	32
	Крещенка	1	4	11	14	5	2	25
	Венгерово	1	6	12	13	7	2	28
Лесостепь	Барабинск	1	4	11	12	7	3	24
	Убинское	2	5	13	15	6	4	31
	Тогучин	0	6	10	17	4	2	37
	Коченёво	1	6	12	18	5	4	39
	Кочки	2	6	12	16	6	3	36
	Баган	0	5	19	15	5	3	34
Степь	Краснозерск	1	5	10	14	7	2	29
	Купино	1	3	16	13	5	2	30
	Карасук	0	5	18	13	4	1	30

По результатам выбранных материалов были построены карто-схемы среднего и максимального распределения числа дней с грозой, что позволило сделать более обоснованные выводы об экологическом значении этого явления. Так, наибольшее число дней с грозой отмечается на юге области - на водораздельной части р. Карасук и р. Баган, на Приобском плато к западу от Новосибирского водохранилища и практически по всему Правобережью – на водоразделах рек Берди и Ини, Ини и Оби, на Черепановской равнине. Наименьшая повторяемость максимального числа дней с грозой отмечена по долине р. Оми в лесостепной зоне и в акватории озера Чаны.

Своеобразным, но достаточно экологически опасным является такое природное явление как град. Повторяемость выпадения града учитывается достаточно трудно, ибо град – явление сугубо локальное, и станции, расположенные на большом удалении друг от друга, не могут достоверно его фиксировать. За исследуемые нами 5 лет были годы, когда град не был отмечен ни разу (Крещенка и Здвинск), либо по 1–2 раза за тёплый период всех пяти лет (Кыштовка, Усть-Тарка, Барабинск, Купино, Краснозёрск). Но можно назвать и другие случаи, когда град наблюдался по 4 и даже 6 раз за лето. Это преимущественно 2007 год.

Составленная карто-схема позволяет обобщить накопленный материал в эколого-географическом ракурсе. Так, минимальная повторяемость дней с градом отмечается в низких местах – по долинам рек и в их низовьях (реки Тара, Омь, Обь, среднее течение р. Карасук), а также в Сума-Чебаклинской впадине. Максимальное количество дней с градом можно отметить в верховьях р. Тартас и на Каргат – Чулымском междуречье.

Таким образом, экологически опасные погодные явления довольно широко распространены на территории Новосибирской области. Их размещение выглядит достаточно неадекватно, что связано с целым комплексом природных явлений, но в первую очередь с рельефом, со спецификой зонального распределения природных ландшафтов и с особенностями циркуляции атмосферы. Все эти факторы в той или иной мере обуславливают зональное распределение опасных погодно – экологических явлений, однако особенности рельефа и циркуляции атмосферы вносят свои коррективы и в таких случаях проявляется локальность и в определённой степени мозаичность в распределении ОПЯ.

Можно однако отметить и районы с более повышенными значениями экологического риска на территории области. Это в первую очередь Правобережье – практически все водоразделы протекающих по нему рек, Черепановская равнина, Приобское плато. Вызывает интерес и повышенное число дней с грозой в таких непременно заболоченных районах, как долина р. Тары в её полноводном нижнем течении и пониженная часть долины р. Каргат. Подобное явление объясняется физико-химическими свойствами болот, способных притягивать к себе грозовые явления в большей степени, чем даже водораздельные пространства.

Ограниченность места не позволило нам остановиться на оценке распределения заморозков. В данном случае стоит лишь отметить, что их географическая направленность усиливает отрицательную экологическую нагрузку опять-таки на районы Правобережья и в дополнение к прочему – на водораздельные пространства подтаёжной зоны Левобережья. В последующем появляется необходимость составления градуированной оценки экологически опасных погодных явлений на территории Новосибирской области, что в свою очередь может сыграть определённую роль при прогнозировании и решении ряда народнохозяйственных задач.

УДК 551.0 + 556.56

Е.К. Вишнякова, Н.П. Миронычева-Токарева

ИПА СО РАН, Новосибирск

СГГА, Новосибирск

ПОТЕРИ УГЛЕРОДА ТРАВЯНОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ ПРИ РАЗЛОЖЕНИИ РАСТИТЕЛЬНОГО ВЕЩЕСТВА В БОЛОТНЫХ КОМПЛЕКСАХ ВАСЮГАНСКОГО БОЛОТА

Рассмотрена динамика разложения доминантных видов трав в болотных комплексах южной тайги Западной Сибири. Разложение растительных остатков на болотах происходило в теплое время года, когда уровень болотных вод снижался, и кислород свободно проникал в верхнюю часть торфяного горизонта. Наибольшая скорость разложения наблюдалась у вахты трёхлистной, как листьев, так и корневищ – потери до 80% углерода от исходной величины за два года опыта. Медленнее всего разлагались корни и узлы кушения пушицы – потери 20 % углерода за два года.

E.K. Vishnyakova, N.P. Mironycheva-Tokareva

Institute of Soil Science and Agrochemistry (ISSA) SB RAS

18 Sovetskaya Ul., Novosibirsk, 630099, Russian Federation

Siberian State Academy of Geodesy (SSGA)

10 Plakhotnogo Ul., Novosibirsk, 630108, Russian Federation

THE CARBON LOSSES OF HERB SPECIES DURING DECOMPOSITION OF PLANT MATERIALS ON VASYUGAN BOG COMPLEXES

In article is described decay dynamics of herb dominant species in bog complexes of the south taiga subzone in West Siberia. On bog plant material decomposition has taken place during warm time of year when water table was low and oxygen passed easily in upper part of peat. Maximum decay rate belong to *Menyanthes trifoliata* L., the leaves and rhizomes losses are 80 % of carbon relatively initial value after two years of experiments. The roots and rhizomes of *Eriophorum vaginatum* L. decomposed slow then other fractions, the carbon losses were 20 % after two years of experiments.

В последнее время значительная часть торфяных болот Западной Сибири испытывает всё более возрастающее антропогенное влияние. На юге региона – это осушение болотных массивов с целью добычи торфа и лесомелиорации. На севере территории большое значение имеет загрязнение поверхности болот вследствие развития инфраструктуры нефтегазового комплекса. До недавнего времени болота привлекали внимание ученых и практиков главным образом лишь с точки зрения запасов торфа и качества торфяного сырья, как ценного

природного ресурса. В последние годы на первое место вышла биосферная роль болот. Одной из наиболее важных биосферных функций болотных экосистем является связывание углерода в результате фотосинтеза, депонирование его в торфяной залежи и выделение в виде углекислого газа.

Несмотря на широкое распространение в Западной Сибири торфяных болот фактические данные о скорости накопления и содержании углерода в торфяных залежах весьма ограничены, что препятствует установлению их истинной роли в глобальном цикле углерода, в формировании и поддержании биологического разнообразия региона.

Торфяные болота имеют непосредственное отношение к поддержанию газового состава атмосферы, выполняя буферную роль в процессах глобального изменения климата, накапливая в виде торфа или выделяя органический углерод в виде углеродсодержащих газов (углекислого газа и метана) [1].

Интенсивность разложения опада определяется не только его химическим составом, но так же видовой принадлежностью и климатическими условиями экотопа. Содержание видоспецифичных антисептиков, катехинов и танинов способствуют хорошей сохранности отдельных видов. Деструкцию лимитирует влажность опада. Как пересыхание ветоши, так и избыточное насыщение влагой замедляет процессы разложения. Температурные инверсии так же замедляют или ускоряют процессы минерализации [2–5].

Исследование проводилось в южнотаежной подзоне Западной Сибири в северо-восточной части Большого Васюганского Болота в Томской области. На ключевом участке был заложен трансект, охватывающий рям, осоково-сфагновую топь и грядово-мочажинный комплекс.

Первая экосистема (рям) – кустарничково-сфагновое болото с *Pinus sylvestris* L. (сомкнутость крон 0,1, высота деревьев колеблется в пределах 0,5–3,0 м, диаметр стволиков 3–12 см). Кустарничково-травяной ярус представляет собой микроассоциации с доминированием *Chamaedaphne calyculata* (L.) Moench и *Ledum palustre* L. на кочках высотой 50–80 см и *Eriophorum vaginatum* L. в межкочьях. В моховом ярусе доминируют *Sphagnum fuscum* (Schimp.) Klinggr., *Sph. magellanicum* Brid. – на кочках и *Sph. angustifolium* (Russ. ex Russ.) C. Jens. (п/п 30 %) – в межкочьях. Кочки хорошо выражены и занимают 70 % общей поверхности.

Вторая экосистема (переходная зона) – кустарничково-осоково-сфагновое болото с пушицей. Растительное сообщество двухъярусное. На кочках доминируют в кустарничково-травяном ярусе – *Chamaedaphne calyculata*, *Andromeda polifolia* L., *Охycoccus microcarpus* Turcz. ex Rupr. и *Eriophorum vaginatum*. Высота кочек колеблется от 20 до 50 см и занимают они около 50% площади. Проективное покрытие кустарничками и пушицей на кочках составило 60%. В межкочьях доминируют *Carex rostrata* Stokes и *Охycoccus palustris* Pers. с проективным покрытием 40–50 %. Моховой ярус на кочках представлен *Sph. fuscum*, *Sph. magellanicum*, *Sph. angustifolium*; в межкочьях – *Sph. balticum* (Russ.) Russ. ex C. Jens. и *Sph. fallax* (Klinggr.) Klinggr.

Третья экосистема представляет собой осоково-сфагновую топь с хорошо выраженным травяным ярусом. Доминируют *Carex rostrata*, *C. limosa* L. и

Menyanthes trifoliata L. Узкой извилистой полосой в середине топи расположено сообщество с *Equisetum fluviatile* L. Из кустарничков в доминанты выходит *Oxycoccus palustris* Pers., вересковые кустарнички встречаются единично. Также единично встречаются *Scheuchzeria palustris* L. и *Drosera rotundifolia* L. Моховой ярус представлен *Sph. fallax*, *Sph. balticum*, *Sph. majus* (Russ.) C. Jens.

Четвертая и пятая экосистемы являются частью грядово-мочажинного комплекса. На грядах деревья (*Pinus sylvestris*) и кустарнички находятся в более угнетённом состоянии, чем в сообществе ряма. Из трав изредка встречаются *Rubus chamaemorus* L. и *Eriophorum vaginatum* (проективное покрытие кустарничков и трав 35 %). В моховом покрове доминантом является *Sph. fuscum*, в микропонижениях гряд встречаются зеленые мхи, лишайники и печеночники. В мочажинах преобладающим сообществом является пушицево-сфагновое. Кустарничково-травяной ярус не превышает 15 см в высоту и состоит всего из нескольких видов: *Andromeda polifolia*, *Eriophorum russeolum* Fries, *Scheuchzeria palustris* и *Oxycoccus palustris*, дающих проективное покрытие не более 10%. В малом обилии присутствуют росянки *Drosera rotundifolia* и *D. anglica* Huds. В моховом покрове преобладают *Sph. balticum* и *Sph. papillosum* Lindb.

Эксперименты по определению скорости разложения растительных остатков доминантных видов трав в активном слое болот проводились с 2000 по 2007 годы. Для определения характера и скорости разложения отдельных видов растений применялся метод закладки растительного вещества в торф [4]. Растительный материал закладывался в верхний активный слой болотной почвы на глубины 5, 15 и 25 см в десятикратной повторности. Кроме того, листья и ветошь трав закладывались еще и на поверхности мохового покрова. Всего было использовано в эксперименте 8 видов трав.

Химическому анализу были подвергнуты зеленые листья, ветошь и подземные органы осок и вахты (табл. 1). Наибольшая зольность и содержание кальция наблюдались у фракции ветоши вахты; содержание азота, фосфора, калия, натрия и магния больше во фракции зеленых листьев вахты. Во фракциях растительного вещества осоки волосистоплодной содержание всех упомянутых элементов меньше, но при сравнении их между собой наиболее богаты зольными элементами и азотом – зеленые листья осоки. Потери массы растительного вещества соответствуют потерям углерода в процессе разложения.

Таблица 1 Химический состав фракций трав

Виды и фракции	Содержание элементов (% на абсолютно сухое вещество)							
	зольные элементы	С	N	P	К	Na	Ca	Mg
<i>Carex lasiocarpa</i>								
зеленые листья	3.45	48.28	0.84	0.27	1.11	0.02	0.06	0.09
ветошь	1.06	49.47	0.69	0.06	0.12	0.01	0.04	0.02
корни и корневища	1.42	49.29	0.67	0.14	0.17	0.01	0.04	0.04
<i>Carex limosa</i>								
зеленые листья	2.98	48.51	-	-	0.88	0.01	0.08	0.13
<i>Menyanthes trifoliata</i>								
зеленые листья	9.36	45.32	1.27	0.70	2.72	0.22	0.61	0.32
ветошь	11.52	44.24	1.09	0.29	0.33	0.09	0.86	0.19
корни и корневища	7.00	46.50	0.36	0.38	0.64	0.19	0.85	0.16

За первый год зеленые листья морошки потеряли около 40 %, потери в течение второго года чуть меньше (рис. 1). Ветошь морошки разлагалась в первый год медленнее, чем зеленые листья, а во второй год – быстрее. В результате двухлетних экспериментов потери зеленых листьев и ветоши составили 70–80 %.

Зеленые листья пушицы влагилищной разложились за год на 1/4 часть от исходного веса, потери листьев в течение второго года достигли 30 %. Узлы кущения и корни пушицы относятся к медленно разлагающимся фракциям. Их потери в течение первого года колебались от 12 до 20 % и резко снизились до 2–7 % в течение второго года.

Зеленые листья осок при разложении в осоково-сфагновой топи за первый год разложения потеряли почти половину исходного веса, на второй год потери снизились и составили лишь около 10 %. Ветошь осок при разложении потеряла 20–30 % массы в первый год и 30–40 % во второй. В отличие от зеленых листьев потери ветоши в течение второго года опыта превышают потери первого года. Наиболее существенные потери массы подземных органов осок, примерно третья часть, наблюдались в первый год, несмотря на снижение скорости разложения во второй год, потери за два года опыта составили почти половину исходного веса.

Рекордсменом по скорости разложения является вахта трехлистная. Все ее фракции уже за первый год эксперимента теряют половину или более массы. После двух лет потери зеленых листьев достигли 90 %; ветошь, корневища и крупные корни потеряли на 5–10 % меньше; фракция мелких корней разлагалась несколько медленнее – ее потеря массы чуть менее 60 %.

Ветошь и корневища шейхцерии, закладывавшиеся в мочажине, в первый год имели довольно похожие величины потери массы (22 %), на следующий год потери ветоши снизились в два раза, а потери корневищ в три раза.

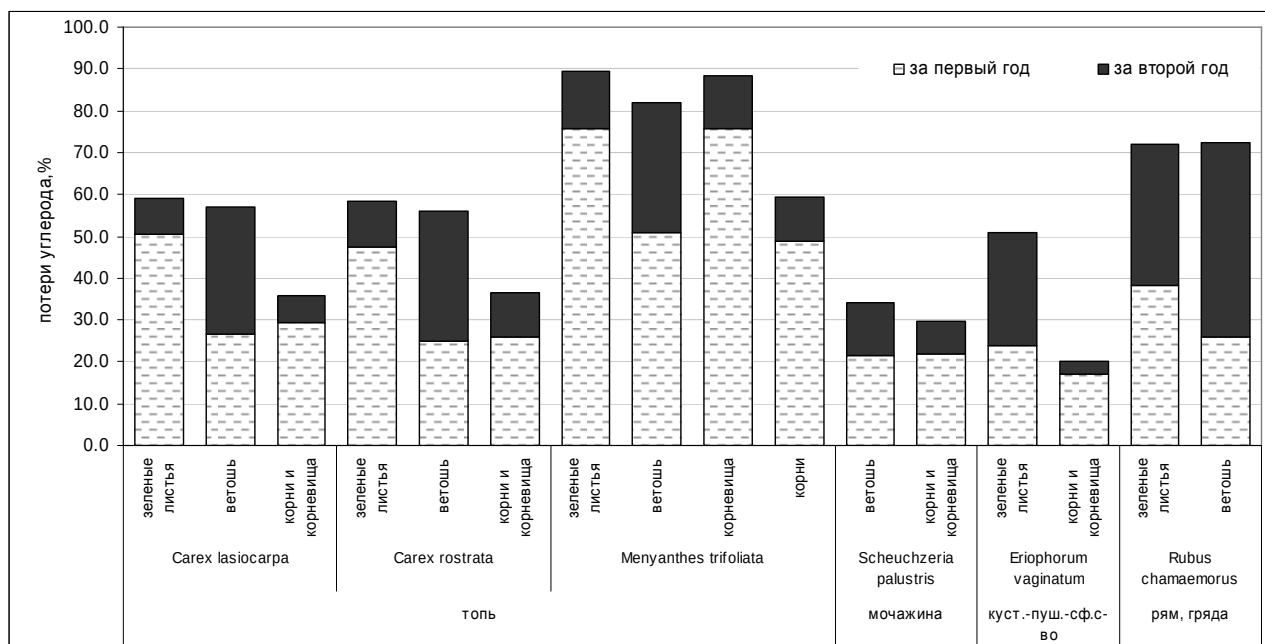
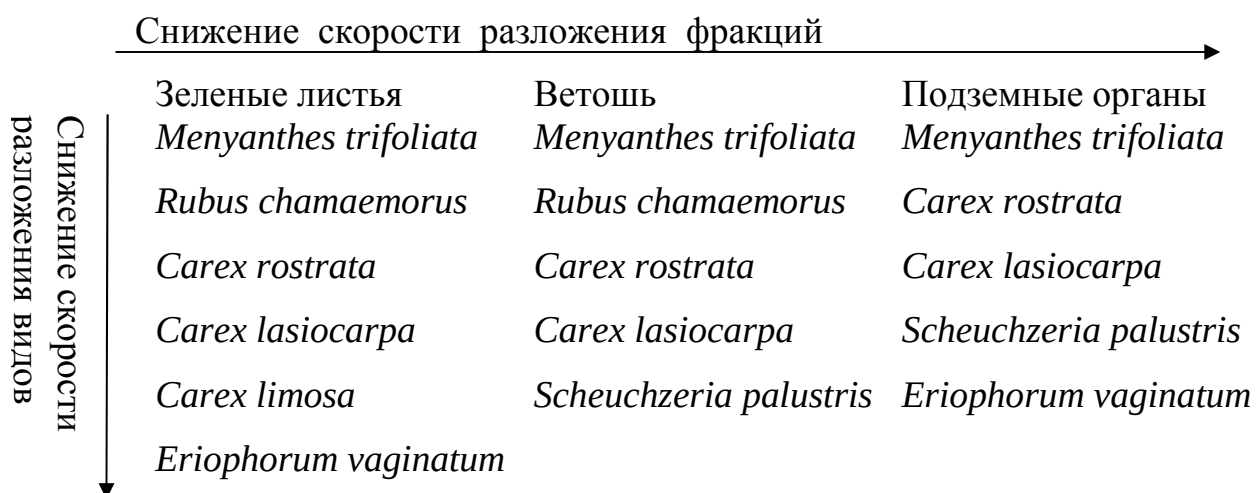


Рис. 1. Потери углерода при разложении фракций травянистых растений

Убывание скорости разложения трав по фракциям и видам можно изобразить в виде схемы



Таким образом, можно сделать следующие выводы:

1. Потери углерода при разложении травяной составляющей растительного вещества торфяных болот южной тайги в среднем за год колеблются в пределах от 25 до 50 %.

2. Растения из семейства *Сyperaceae* разлагаются в 2 раза медленнее, чем двудольные растения. Узлы кушения и корни пушицы относятся к медленно разлагающимся фракциям. Их потери в течение первого года колебались в пределах 12–20 % и резко снизились на второй год до 7 %. Потери массы подземных органов осок за два года опыта составили почти половину исходного веса.

3. Внутри травяной составляющей фракции листьев, корней и корневищ лидирующие позиции по потерям при разложении занимает вахта трехлистная из семейства *Menyanthaceae*.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Углерод в экосистемах лесов и болот России / Под ред. Алексеева В.А. и Бердси Р.А. – Красноярск, 1994. – 224 с.
2. Edwards, C.A. Decomposition processes / C.A. Edwards // Oak ridge research site annual progress report, 1972. – P. 26–37.
3. Пьявченко, Н.И. Биологическая продуктивность и круговорот веществ в болотных лесах Западной Сибири / Н.И. Пьявченко // Лесоведение. – 1967а. – № 3. – С. 32–43.
4. Козловская, Л.С., Медведева, В.М., Пьявченко, Н.И. Динамика органического вещества в процессе торфообразования. – Л.: Наука, 1978. – 171 с.
5. Bartsch, I., Moore, T.R. A preliminary investigation of primary production and decomposition in four peatlands near Schefferville, Quebec / I. Bartsch, T.R. Moore // Canadian Journal of Botany. – 1985. – Vol. 63. – P. 1241–1248.

© Е.К. Вишнякова, Н.П. Миронычева-Токарева, 2010

УДК 631.417

Л.Ю. Анопченко

СГГА, Новосибирск

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДОВ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ В МОНИТОРИНГЕ БЕРЕГОВЫХ ЛИНИЙ ОЗЕР

Мониторинг береговых линий озер производится с помощью дистанционных методов исследования. Метод применяется на различных территориях, подверженных обсыханию.

L.Yu. Anopchenko

SSGA, Novosibirsk

REMOTE SENSING TECHNIQUES APPLICATION FOR MONITORING OF LAKES SHORELINES

The monitoring of lakes shorelines is conducted by remote sensing. The method is used on different territories subject to drying.

В последние десятилетия поверхность Земли интенсивно изучается из космоса с помощью целого комплекса дистанционных методов: от фото- и телесъемки до радиолокационного и лазерного зондирования ее поверхности [1]. Большие перспективы сулят космические методы для изучения озер. С помощью фото- и телесъемки можно получить снимки поверхности даже самых недоступных для человека районов нашей планеты. На основе космических фотоснимков составляются крупномасштабные карты, а, следовательно, наносятся даже самые мелкие озера, отслеживается в динамике положение береговой линии озер.

По космическим снимкам, сделанным в разные годы, хорошо прослеживается динамика пойменных, дельтовых и антропогенных (образовавшихся в результате сбора вод с орошаемых земель) озер. Это позволяет делать оценку изменения площади зеркала озер, уточнять водные ресурсы озер. Хорошо прослеживается по космическим снимкам динамика, т. е. изменения во времени береговой линии озер [2].

Процесс усыхания озер проявился в широких размерах на западном плоскогорье Соединенных Штатов Северной Америки, в Арало-Каспийской низменности, Западной Сибири и т. д. Впадающие в озера реки постепенно заносят их своими отложениями; озера, расположенные по течению рек, уменьшаются со временем в своих размерах и превращаются в расширенные части речных долин; стоячие мелкие озера подвергаются заболачиванию и превращению (вследствие медленного процесса обугливания растительных остатков) в торфяники.

Изучение озера Мичиган производится, в том числе и с помощью методов дистанционного зондирования. Хорошо прослеживается по космическим снимкам динамика, т. е. изменения во времени. Озеро Мичиган – озеро в США (штат Индиана), одно из североамериканских Великих озёр. Озеро постепенно отступает, оставляя после себя все более молодые песчаные дюны, абсолютно безжизненные, которые постепенно “осваиваются” жизнью. Процесс этот длится уже тысячи лет, поэтому разноудаленные от кромки воды дюны находятся на разных стадиях сукцессии.

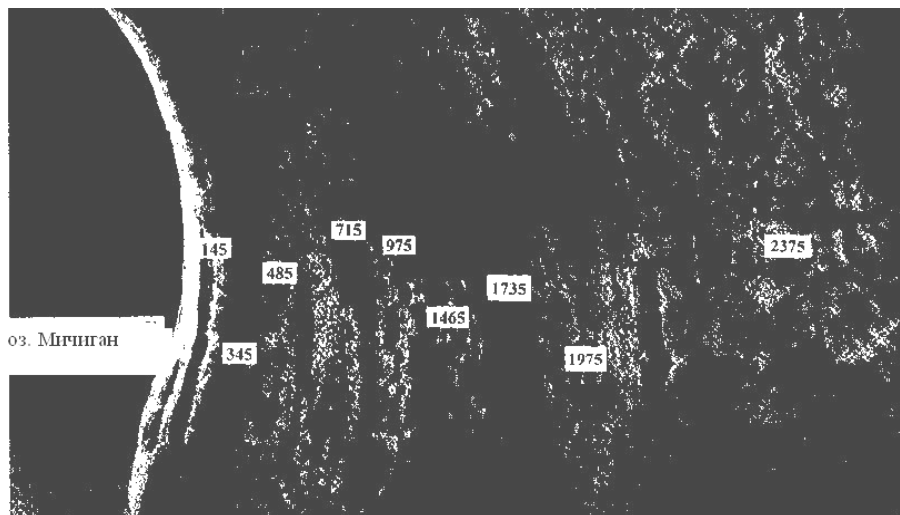


Рис. 1. Снимок комплекса дюн, побережье озера Мичиган. Geoderma, Elsevier Science, 1998 г.

На участке побережья озера прослеживается формирование 72 параллельных береговых дюн на протяжении 2375 лет. Снимки показывают, например, что в настоящее время развивающийся хребет дюны (то есть, первый хребет дюны, смежный с существующим берегом озера, который ежегодно накапливает песок), сформировались в 1960-х в период резкого снижения уровня озера, связанного с региональной засухой [3].

Еще одним ярким примером использования данных дистанционного зондирования для изучения изменения береговых линий является Арал. Данные получают с помощью: космоснимков MODIS с пространственным разрешением 250 м дают обзорное изображение Аральского региона, космоснимков РЕСУРС МСУ-СК с разрешением около 10 м, космоснимков ASTER Level 1B, космоснимков Landsat 7.

Совсем недавно Аральское море славилось рыбными запасами. Дельты рек Амударьи и Сырдарьи были своеобразными зелеными оазисами среди пустыни. Природные богатства дельт составляли густые заросли тростника, тугайные леса, озера, богатые рыбой, водоплавающей птицей и ондатрой, сенокосные угодья, пастбища и орошаемые земли.

В первой половине XX века режим Аральского моря был довольно устойчив. Водоем получал регулярное питание водой впадающих в него Амударьи и Сырдарьи. Уровень моря был почти стабилен. За последние десятилетия в природе Арала и условиях жизни населения на его берегах произошли катастрофические изменения.

Начиная с 1961 года уровень Аральского моря стал понижаться, причем падение уровня шло с ускорением. С 1961 по 1990 год уровень Аральского моря снизился на 14,8 м. Как видно на космических снимках за 1989 и 1996 годы в последнее время площадь Малого моря изменилась незначительно. Это говорит о том, что его уровень стабилизировался. Таким образом, после появления данных дистанционного зондирования изменения уровня состояния Аральского моря стали регистрироваться и публиковаться практически ежегодно [4, 5].

Озеро Чаны так же может являться примером применения методов дистанционного зондирования в мониторинге береговых линий озер.

Озеро Чаны площадью около 1 700 км² входит в крупную бессточную систему пресных и солоноватых озер на границе лесостепи и степи юга Западной Сибири. Впервые упоминания об озере Чаны встречаются в первых сообщениях из Сибири XVI–XVII вв. Озеро состоит из соединенных между собой плесов, один из которых – Юдинский – отделен плотиной в 1971 г. и сейчас является обсыхающей территорией. При сравнении карты 1961 г. и материалов аэросъемки 1977 г. видно, что площадь всего озера Чаны уменьшилась на 25 %, и в дальнейшем процесс обсыхания продолжается, что подтверждается данными дистанционного зондирования. Например, в качестве источника информации используются многоканальные изображения Landsat [6, 7].

Таким образом, применение данных дистанционного зондирования для мониторинга береговых линий озер является очень перспективным. Данные дистанционного зондирования позволяют вести наблюдения на значительных территориях, оперативно получать и обновлять информацию.

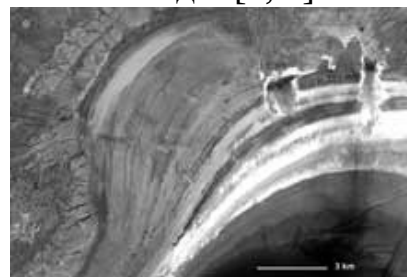


Рис. 2. Стадии отступления берега Аральского моря на снимке ASTER, 2001 г.

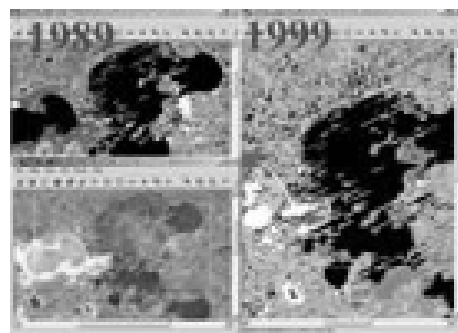


Рис. 3. Разновременные космические изображения

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Антипов, В.С. Дистанционные методы зондирования земли при решении природоресурсных задач [Текст] / В.С. Антипов, В.И. Истахов, И.А. Бычкова и др. // С.-Пб.: ВСЕГЕИ, 2004. – С. 57–64.
2. 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.
3. Lichter J. Primary succession and forest development on coastal lake Michigan sand dunes. / J. Lichter // Ecological Monograph, 68(4), 1998, pp. 487–510.

4. Кривошей, М.И. Арал и Каспий: (Причины катастрофы) [Текст] / М.И. Кривошей // СПб.: Гидрометеиздат, 1997. – С. 89–95.
5. Израэль, Ю.А. Мониторинг природной среды в бассейне Аральского моря [Текст] / Ю.А. Израэль. // СПб.: Гидрометеиздат, 1991. – С. 118–138.
6. Мирошниченко, Н.В. Пульсирующее озеро Чаны [Текст] / Н.В. Мирошниченко, В.И. Евсиков, А.В. Шнитников и др. // Л.: Наука, 1982. – С. 115–158.
7. Попова, А.И. Прогноз изменения природных условий Западной Сибири [Текст] / А.И. Попова, В.Т. Трофимова. – М.: МГУ, 1988. – С. 128–134.

© Л.Ю. Анопченко, 2010

УДК 631.427+591.9

В.С. Андриевский¹, М.В. Якутин^{1,2}

¹ИПА СО РАН, Новосибирск

²СГГА, Новосибирск

ПОЧВЕННО-БИОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ В МОНИТОРИНГЕ МОЛОДЫХ ЭКОСИСТЕМ СЕВЕРНОЙ ТАЙГИ

В статье рассматривается проблема применимости почвенно-зоологических и почвенно-микробиологических методов в мониторинге молодых экосистем, формирующихся в подзоне северной тайги Западной Сибири.

V.S. Andrievsky¹, M.V. Yakutin^{1,2}

¹Institute of Soil Science and Agrochemistry (ISSA)

18 Sovetskaya Ul., Novosibirsk, 630099, Russian Federation

²Siberian State Academy of Geodesy (SSGA)

10 Plakhotnogo Ul., Novosibirsk, 630108, Russian Federation

THE SOIL-BIOLOGICAL CHARACTERISTICS IN MONITORING OF NORTHERN TAIGA YOUNG ECOSYSTEMS

In the paper the problem of applicability of soil-zoological and soil-microbiological methods in monitoring of young ecosystems forming in a subzone of northern taiga of Western Siberia is esteemed.

Высокая степень заболоченности территории в таежной зоне Западной Сибири делает необходимой отсыпку грунтом оснований кустовых площадок, дорожных дамб и других объектов в процессе хозяйственного освоения территории. Для добычи грунта (песка) на территориях месторождений разрабатываются карьеры, которые после окончания отсыпки забрасываются. Отсыпанные поверхности и заброшенные карьеры являются объектами, на которых начинается первичная сукцессия с образованием новых биологических сообществ зонального ряда [1].

Начальная стадия сукцессии связана с появлением на поверхности песка водорослей, цианобактерий, лишайников, мхов и травянистых растений [2, 3, 4]. В пределах первых 2–5 лет развития молодой экосистемы проективное покрытие составляет от 5 до 23 %. Растительный покров представлен в основном травянистыми растениями и редкими всходами древесных видов [5, 6]. В составе наземной фитомассы большую долю составляет ветошь (30–80 %), что говорит о замедленном разложении опада [5]. На новообразованных местообитаниях возобновление древесных пород наблюдается на том же

уровне, что и под пологом леса, но в среднем менее обильно, чем на нарушенных местообитаниях суходольных лесов [7, 1].

Цель данного исследования состояла в оценке применимости почвенно-биологических методов для целей мониторинга молодых экосистем, формирующихся в подзоне северной тайги.

Исследование было проведено на севере обширной Западно-Сибирской равнины в районе Сибирских Увалов. В качестве объектов исследования в окрестностях города Ноябрьска Тюменской области (63° С.Ш., 75° В.Д.) была выбрана серия самозарастающих карьеров, спланированных (выположенных) в 1979 (К1), 1995 (К6), 1998 (К9) гг. Карьерные выработки использовались для добычи песка. Площадь карьеров составляет от 3 до 20 га, средняя глубина карьерных выработок – 4–7 м, угол наклона бортов карьеров не превышает 18°.

В качестве терминальной стадии развития всех исследованных молодых экосистем, формирующихся на месте карьеров, была выбрана зональная экосистема: сосновый лес с примесью кедра и осины на подзоле иллювиально-железисто-гумусовом (Т2). Краткая характеристика исследованных экосистем приведена в табл. 1.

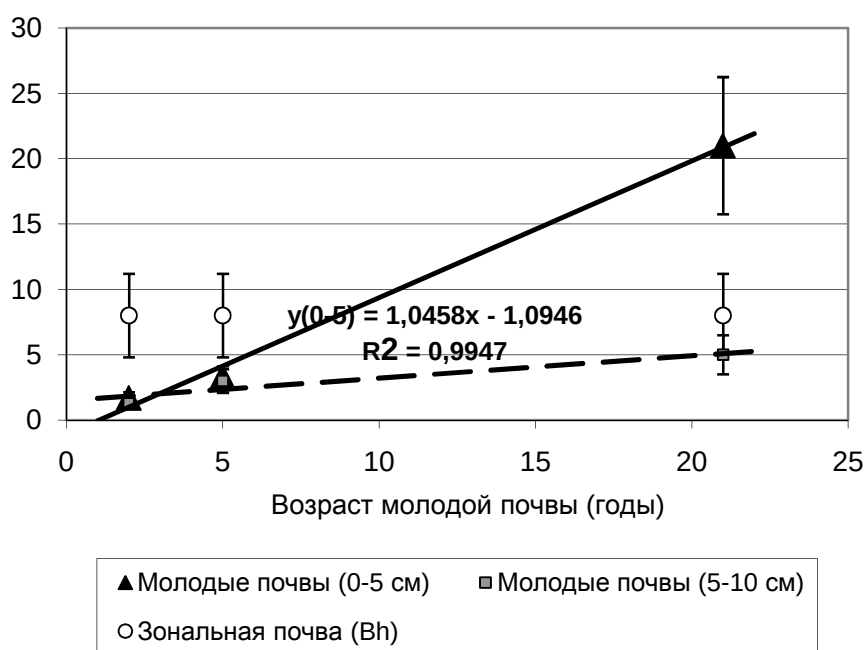
Таблица 1 Характеристики исследованных экосистем в подзоне северной тайги

Экосистема	Карьер (К9)	Карьер (К6) (Транзитная позиция)	Карьер (К1)	Зональная экосистема
Возраст в 1999 г. (лет)	1	4	20	–
Растительное сообщество	Отдельные травянистые растения	Вейниково- овсянническая ассоциация	Вторичный лиственнично- сосновый лес	Сосновый лес с примесью кедра и сосны
Почво- образующая порода	Песок с примесью галечки, гравия	Средне- зернистый Песок	Мелко-зернистый песок	Супесь
Почва	Эмбриозем инициальный	Эмбриозем инициальный	Эмбриозем органно- аккумулятивный	Подзол иллювиально- железисто- гумусовый
Рекультиви- ционные мероприятия	Спланирован	Спланирован	Не рекультиви- рован	–

Образцы для микробиологического анализа отбирались по общепринятой методике [8] в молодых почвах из слоев 0–5 и 5–10 см, в зональной почве из горизонтов А₁ и В_h. В почвенных образцах определялось содержание углерода в биомассе почвенных микроорганизмов (С-биомассы) методом фумигации-инкубации [9, 10] в модификациях [11] для молодых почв и [12] для зональной почвы. 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 общепринятым для микроартропод методом термоэктелекции

Тулльгрена-Берлезе [13]. Статистическая обработка результатов проводилась методами вариационного и дисперсионного анализов [14, 15].

Микробная биомасса является важнейшим функциональным агентом молодой почвы, определяя ее развитие [16]. В ряду молодых почв, формирующихся на месте карьерных выработок, с увеличением возраста происходило постепенное накопление содержания С-биомассы в слое 0–5 см. А в слое 5–10 см этот показатель практически не изменялся (рис. 1). За 20 лет развития молодой почвы уровень С-биомассы в ее верхнем (0–5 см) слое увеличивается в 12 раз и оказывается в 2,6 раза выше, чем горизонте Bh, но в 9 раз ниже, чем в горизонте А₁ (193±12 мг / 100 г почвы) подзола иллювиально-железисто-гумусового. Наибольшее влияние на содержание С-биомассы микроорганизмов в молодых почвах оказывают две группы факторов: связанные с возрастом почвы и с глубиной по профилю (рис. 2).



НСР (5%) = 1,9

Рис. 1. Величина С-биомассы микроорганизмов (мг С / 100 г почвы) в молодых почвах в подзоне Северной тайги (▲ — в слое 0–5 см; ■ - - в слое 5–10 см) и аппроксимирующие кривые зависимости С-биомассы от возраста молодой почвы ($y(0-5)$ – для слоя 0–5 см; $y(5-10)$ – для слоя 5–10 см)

Для достижения уровня зональной почвы по содержанию С-микроббиомассы молодой почве при таких темпах накопления потребуется примерно 175 лет. В исследованиях, проведенных в молодых лесных почвах Карпат, показано, что только через 20 лет развития экосистемы уровень микробной биомассы заметно повышается [17].

Показатели видового богатства и обилия панцирных клещей в трансформированных биотопах в сравнении с таковыми ненарушенной зональной экосистеме свидетельствуют о идущем в них процессе восстановительной сукцессии сообществ. Самое молодое сообщество орибатид (К 9) является наиболее бедным, как по численности, так и видовому богатству

(обнаружены лишь единичные особи некоторых видов). Через 3–4 года (К 6) развития сообщества численности возрастают в 5 раз, а видовое богатство – почти в 3 раза. При этом если разнообразие видов уже приближается к таковому зональной экосистемы, то численность остается более чем на порядок ниже, чем в контроле. Через 20 лет после начала восстановительной сукцессии картина кардинально меняется: и по численности, и по видовому богатству сообщество орибатид карьеров достигает уровня зональной экосистемы, даже несколько превосходя его по обоим параметрам (табл. 2). Однако набор видов и их количественные соотношения показывают сравнительно небольшое сходство группировок орибатид 20-летнего карьера и зональной экосистемы – 23,9 % (по [18]). То есть, приблизившись по количественным параметрам (численностям и видовому богатству) к зональной экосистеме, сообщество орибатид 20-летнего карьера все еще далеко от нее качественно.

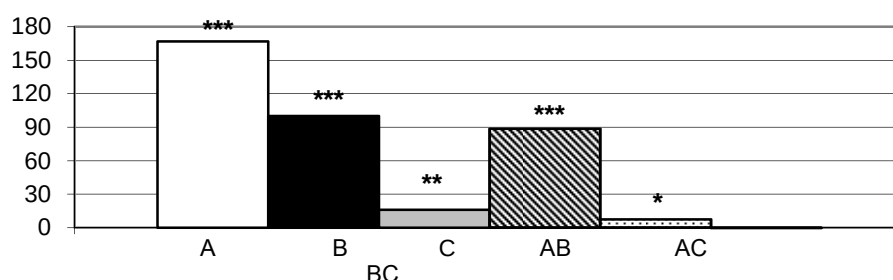


Рис. 2. Значения F критерия для различных факторов, влияющих на С-биомассы (А – возраст молодой почвы, В – глубина по профилю, С – срок отбора образцов, АВ, АС, ВС – взаимодействие факторов; *- $p < 0,05$; ** - $p < 0,01$; *** - $p < 0,001$)

Виды панцирных клещей по-разному реагируют на нарушение среды обитания. Одни виды можно рассматривать как индикаторные для состояния ненарушенности естественной лесной экосистемы. Другая группа видов менее чувствительна к деформации среды обитания, и их можно рассматривать как индикаторные для продвинутых стадий восстановления нарушенного сообщества орибатид. Еще в большей мере индикаторами процесса восстановления на продвинутых его стадиях могут служить виды, чье обилие в деформированных биотопах выше, чем в естественной лесной экосистеме.

Таблица 2 Численности и видовое богатство панцирных клещей (орибатид) в почвах исследованных экосистем

Экосистема	Численность (тыс. экз./м ²)	Число видов
Карьер (К 9)	0,2	5
Карьер (К 6)	1,0	13
Карьер (К 1)	29,0	18
Зональная экосистема	28,2	16

Таким образом, в процессе развития молодых почв в подзоне северной тайги происходит постепенное увеличение содержания С-биомассы, и за первые 20 лет формирования почвы содержание С-биомассы увеличивается в 12

раз. Восстановление сообществ панцирных клещей после их нарушений при образовании карьеров, в начальный период (до 5 лет после нарушения) идет относительно медленно. После 20 лет с момента нарушения процесс восстановительной сукцессии заметно ускоряется.

Результаты исследования показывают, что показатели биомассы микроорганизмов, численности и видового богатства панцирных клещей (орибатид) в почвах могут успешно использоваться в практике экологического мониторинга молодых экосистем, формирующихся в таежной зоне.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Васильев, С.В. Воздействие нефтегазодобывающей промышленности на лесные и болотные экосистемы / С.В. Васильев. – Новосибирск: Наука, Сиб. предприятие РАН, 1998. – 136 с.
2. Connell, J.H. Mechanisms of succession in natural communities and their role in community stability / J.H. Connell, R.O. Sayer // *Amer. Natur.* – 1977. – V. 111. – P. 1119–1144.
3. Разумовский, С.М. Закономерности динамики биогеоценозов / С.М. Разумовский. – М.: Наука, 1981. – 232 с.
4. Моделирование динамики органического вещества в лесных экосистемах / [отв. ред. В.Н. Кудеяров]. – М.: Наука, 2007. – 380 с.
5. Посттехногенные экосистемы Севера / [Отв. ред. И.Б. Арчегова, Л.П. Капелькина] – СПб.: Наука, 2002. – 159 с.
6. Махонина, Г.И. Экологические аспекты почвообразования в техногенных экосистемах Урала / Г.И. Махонина. – Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2003. – 356 с.
7. Шилова, И.И. Первичные сукцессии растительности на техногенных песках нефтегазодобывающих районов Среднего Приобья / И.И. Шилова // *Экология.* – 1977. – № 6. – С. 5–15.
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. Jenkinson, D.S. The effect of biocidal treatments on metabolism in soil. V. A method for measuring soil biomass / D.S. Jenkinson, D.S. Powlson // *Soil. Biol. Biochem.* – 1976. – V. 8. – P. 209–213.
10. Schnurer, J. Microbial biomass and activity in an agricultural soil with different organic matter content / J. Schnurer, M. Clarholm, T. Rosswall // *Soil. Biol. Biochem.* – 1985. – V. 17. – P. 611–618.
11. Voroney, R.P. Determination of K_C and K_N in situ for calibration of the chloroform fumigation-incubation method / R.P. Voroney, E.A. Paul // *Soil. Biol. Biochem.* – 1984. – V. 16. – P. 9–14.
12. Ross, D.J. Microbial C and N litter and soil of a Southern beech (*Nothofagus*) forest: comparison of measurement procedures / D.J. Ross, K.R. Tate // *Soil Biol. Biochem.* – 1993. – V. 25. – P. 467–475.
13. Методы почвенно-зоологических исследований. – М.: Наука, 1975. – 206 с.

14. Плохинский, Н.А. Биометрия / Н.А. Плохинский. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1970. – 367 с.
15. Сорокин, О.Д. Прикладная статистика на компьютере / О.Д. Сорокин. – Краснообск: ГУП РПО СО РАСХН, 2004. – 162 с.
16. Экология и рекультивация техногенных ландшафтов / И.М. Гаджиев, В.М. Курачев, Ф.К. Рагим-заде [и др.] – Новосибирск: Наука, Сиб. отд-ние, 1992. – 305 с.
17. Стефурак, В.П. Почвенная микрофлора антропогенно нарушенных наземных экосистем на трассах газопроводов в Карпатах / В.П. Стефурак // Микробиол. журн. – 1989. – № 2. – С. 12–17.
18. Вайнштейн, Б.А. О некоторых методах оценки биогеоценозов / Б.А. Вайнштейн // Зоол. журн. – 1967. – Т. 4, № 7. – С. 981–986.

© В.С. Андриевский, М.В. Якутин, 2010

УДК 631.427

М.В. Якутин^{1,2}, А.Г. Шарикалов¹, А.И. Шепелев³

¹СГГА, Новосибирск

²ИПА СО РАН, Новосибирск

³СурГУ ХМАО-Югры, Сургут

БИОМАССА ПОЧВЕННЫХ МИКРООРГАНИЗМОВ В МОНИТОРИНГЕ ЭКОСИСТЕМ СЕВЕРНОЙ ТАЙГИ, НАРУШЕННЫХ В ПРОЦЕССЕ ГАЗОДОБЫЧИ

Оценивается возможность использования современных почвенно-микробиологических показателей для целей мониторинга экосистем северной тайги, нарушенных в результате газодобычи.

M.V. Yakutin^{1,2}, A.G. Sharikalov¹, A.I. Shepelev³

¹Siberian State Academy of Geodesy (SSGA)

10 Plakhotnogo St., Novosibirsk, 630108, Russian Federation

²Institute of Soil Science and Agrochemistry (ISSA)

18 Sovetskaya St., Novosibirsk, 630099, Russian Federation

³Surgut State University (SurSU)

14 Energeticov St., Surgut, 628400, Russian Federation

BIOMASS OF SOIL MICROORGANISMS IN MONITORING OF NORTHERN TAIGA ECOSYSTEMS DISTURBED DURING OF GAS RECOVERY

The possibility of using of modern soil-microbial parameters for the purposes of ecosystem's monitoring of northern taiga disturbed in outcome during of gas recovery estimates.

Таежно-лесная зона занимает большую часть бореального пояса. Наиболее распространенными здесь являются почвы подзолистого ряда, образующиеся в результате развития подзолообразовательного процесса [1].

Отмирающие части древесной и мохово-лишайниковой таежной растительности накапливаются преимущественно на поверхности почвы в виде лесной подстилки. При этом в северной тайге возраст подстилок и, соответственно, время их обновления составляет сотни лет [2].

Специфические почвенно-климатические условия и характер растительного опада накладывают свой отпечаток на характер микробного населения подзолистых почв и на особенности деструкционных процессов. Основными факторами, обуславливающими интенсивность микробиологических процессов, являются влажность и температура, причем, в сильноподзолистых почвах высокая влажность является стимулирующим фактором, а низкие температуры фактором лимитирующим [3]. В развитии

микробиологических процессов также важную роль играют низкие значения окислительно-восстановительного потенциала, высокое содержание бактерицидных веществ в растительном опаде, бедность почв доступным органическим веществом [4] и постоянный дефицит элементов зольного питания [5].

Практически все микробное население подзолистых почв сосредоточено в верхнем 30–35-сантиметровом слое. Подавляющее большинство микроорганизмов обитает в лесной подстилке (A_0) и в горизонте A_1 , а в подзолистом горизонте численность микроорганизмов резко снижена. Автохтонная бактериальная флора сильноподзолистых почв характеризуется выраженной психрофильностью. Среди бактерий преобладают олигонитрофилы. Основная масса грибов сосредоточена в слое 0–15 см. Грибы представлены как мезофильными, так и психрофильными формами. Актиномицеты и споровые бактерии находятся в активном состоянии лишь при температуре $+8\text{ }^{\circ}\text{C}$. Заметная дыхательная активность отмечается только до глубины 35 см, а наибольшая дыхательная активность отмечается в подстилке [3, 6, 7, 8]. Причем основным фактором, определяющим интенсивность выделения CO_2 из почвы, является температура [9]. Вследствие пониженной биологической активности в подзолистых почвах глубокого распада растительных остатков не происходит [2].

Масса микроорганизмов в таежных экосистемах представлена в основном грибным мицелием. Доля биомассы микромицетов, как правило, составляет более 90 % от общей микробной биомассы [10, 11, 12, 13]. При этом соотношение грибов и бактерий в общей биомассе меняется по сезонам года: наибольшая доля грибов отмечается летом. Весной, когда почвы были обеспечены достаточным количеством легкомобилизуемого воднорастворимого органического вещества, в биомассе преобладали бактерии [5, 14]. В исследованиях, выполненных в подзолисто-глеевых оторфованных почвах, показано, что масса грибного мицелия увеличивается от весны к лету в 3–4 раза, а от лета к осени – в 2–6 раз [15]. Пик численности микроорганизмов в подзолистых почвах (чашечный метод) отмечается ранним летом, к осени численность микроорганизмов постепенно снижается [6].

Почвообразующие породы в таежной зоне Западной Сибири выходят на дневную поверхность в настоящее время в основном благодаря хозяйственной деятельности человека. Высокая степень заболоченности территории делает необходимой отсыпку грунтом оснований кустовых площадок, дорожных дамб и других объектов. Для добычи грунта (песка) на территориях месторождений разрабатываются карьеры, которые после окончания отсыпки забрасываются. Отсыпанные поверхности и заброшенные карьеры являются объектами, на которых начинается первичная сукцессия с образованием новых биологических сообществ зонального ряда. На новообразованных местообитаниях возобновление древесных пород наблюдается на том же уровне, что и под пологом леса, но в среднем менее обильно, чем на нарушенных местообитаниях суходольных лесов. В составе древостоев доминируют осина и береза [16].

Первичные лесные сукцессии на кварцевых песках изучены к настоящему времени достаточно хорошо, и все авторы сходятся во мнении, что такие сукцессии имеют долгосрочный характер, постепенно происходит увеличение биомассы экосистемы в целом и накопление запасов почвенного органического вещества. Длительность первичной сукцессии, например, в условиях Подмоскovie оценивается в 650–950 лет [17], в условиях лесной зоны Урала – более 200 лет [18], а в окрестностях Великих озер США – примерно 300 лет (145–400) [19].

Цель данной работы состояла в оценки применимости почвенно-микробиологических показателей в мониторинге экосистем северной тайги, нарушенных в процессе газодобычи. Нарушения сводились к вырубке леса или к засыпанию песком низинного болота.

Исследования были проведены на севере Западно-Сибирской равнины в Ямало-Ненецком автономном округе в окрестностях г. Тарко-Сале. Рельеф территории представляет собой плоскую, полого-наклонную, озерно-ледниковую равнину с абсолютными высотами от 30–50 м в долинах рек и до 70 м на водоразделах. Для равнины характерен небольшой эрозионный врез, слабый дренаж и очень сильная заболоченность и заозеренность поверхности.

Территория Ханчейского лицензионного участка, выбранного в качестве объекта для исследования экосистем, находящихся под сильным антропогенным воздействием, в соответствии с почвенно-географическим районированием относится к Обско-Пуровской провинции глеево-слабоподзолистых и подзолистых иллювиально-гумусовых почв. Болотные почвы в структуре почвенного покрова составляют около 50 % [20].

Определяющую роль в функционировании лесной почвы хвойного леса играет лесная подстилка. Она является основным источником углекислого газа: 30–40 % CO_2 выделяется из подгоризонта L и 58–68 % – из подгоризонтов F+N. Выделение CO_2 из стабильного гумуса оценивается примерно в 12 %. Но опад в хвойных лесах содержит только 0,31–0,78 % азота и 0,7–1,4 % золы. И поэтому только 5–6 % доступного азота поступает в экосистему из опада, а 20 % – из стабильного гумуса [17].

Становится очевидной сложность первых этапов развития молодых лесных экосистем на низкоуглеродных почвообразующих породах, если даже в 20-летних сосняках слой подстилки может вообще отсутствовать [17]. Начало формирования подстилки на поверхности самозарастающих отвалов на Северном Урале отмечается только на 17-м году развития формирования экосистемы [21]. При этом показано, что скорость разложения опада на поверхности молодых почв высокая, что препятствует образованию больших запасов подстилки [22]. По некоторым расчетам время необходимое для образования массы подстилки, соответствующей зональной, составляет примерно 80–100 лет [18].

Микробная биомасса является важнейшим функциональным агентом молодой почвы, определяя ее развитие. Чем больше масса микроорганизмов, тем активнее идет процесс формирования почвы [23]. Особенно велика роль биомассы микроорганизмов в процессах фиксации и последующей

мобилизации атмосферного азота, который после лизиса микробных клеток становится доступным растениям [24]. Жизнедеятельность почвенных микроорганизмов-деструкторов связана с окислением связанного углерода до CO_2 . Количество продуцированной при этом углекислоты зависит от количества организмов и интенсивности обменных процессов. Показана сильная корреляционная связь дыхательной активности с влажностью почвы, осадками, численностью и биомассой почвенных микроорганизмов, содержанием органического С и N [25, 26, 27, 28].

При изучении первичных сукцессий в почвах Финляндии продемонстрировано постепенное увеличение биомассы почвенных микроорганизмов и базального дыхания с возрастом молодой экосистемы [29], что связывается авторами с увеличением содержания органического вещества в почве.

Метаболический коэффициент – показатель удельной активности сообщества почвенных микроорганизмов (выделение CO_2 на единицу биомассы). В проведенных к настоящему времени исследованиях в различных развивающихся экосистемах установлена четкая закономерность: метаболический коэффициент снижается с увеличением степени зрелости экосистемы [30, 31].

Резкие различия ненарушенных таежных и болотных экосистем с одной стороны и их антропогенно трансформированных аналогов с другой стороны делает возможным использование по ряду почвенно-микробиологических показателей делает возможным использование этих показателей (биомасса почвенных микроорганизмов, дыхательная активность и метаболический коэффициент) в мониторинге экосистем северной тайги нарушенных в результате газодобычи.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Почвоведение / [под ред. И.С. Кауричева]. – М.: Колос, 1975. – 496 с.
2. Элементарные почвенные процессы: Опыт концептуального анализа, характеристика, систематика / Н.А. Караваева, В.О. Таргульян, А.Е. Черкинский [и др.]; отв. ред. Н.А. Караваева, С.В. Зонн. – М.: Наука, 1992. – 184 с.
3. Чайка, В.Е. Биологическая активность сильноподзолистых почв средней тайги / В.Е. Чайка. – Сыктывкар, 1970. – 22 с.
4. Клевенская, И.Л. Микрофлора почв Западной Сибири / И.Л. Клевенская, Н.Н. Наплекова, Н.И. Гантимурова. – Новосибирск: Наука, Сиб. отд-ние, 1970. – 222 с.
5. Аристовская, Т.В. Микробиология подзолистых почв / Т.В. Аристовская. – М.-Л.: Наука, 1965. – 187 с.
6. Стенина, Т.А. Микрофлора подзолистых почв северо-востока европейской части СССР / Т.А. Стенина // Современные процессы в подзолистых почвах северо-востока европейской части СССР. – Л.: Наука, Ленингр. отд-ние.

7. Fritze, H. Distribution of microbial biomass and phospholipid fatty acids in Podzol profiles under coniferous forest / H. Fritze, J. Pietikainen, T. Pennanen // *European J. Soil Sci.* – 2000. – V. 51. – P. 565–573.
8. Сорокина, О.А. Влияние сосняков разного возраста на биологическую активность залежных почв Среднего Приангарья / О.А. Сорокина, Н.Д. Сорокин // *Почвоведение.* – 2007. – № 5. – С. 627–634.
9. Сапронов, Д.В. Многолетняя динамика эмиссии CO₂ из серых лесных и дерново-подзолистых почв : автореф. дисс. ... канд. биол. наук : 03.00.27 / Сапронов Дмитрий Васильевич ; МГУ им. М.В. Ломоносова. – Пушкино, 2008. – 20 с.
10. Полянская, Л.М. Микробная биомасса в почвах / Л.М. Полянская, А.В. Головченко, Д.Г. Звягинцев // *Докл. Акад. наук.* – 1995. – Т. 344, № 6. – С. 846–848.
11. Регуляторная роль почвы в функционировании таежных экосистем / Г.В. Добровольский, С.Я. Трофимов, Н.Ю. Гончарук [и др.] ; Отв. ред. Г.В. Добровольский. – М.: Наука, 2002. – 364 с.
12. Фомичева, О.А. Численность и биомасса почвенных микроорганизмов в коренных старовозрастных северо-таежных еловых лесах / О.А. Фомичева, Л.М. Полянская, В.В. Никонов, Н.В. Лукина, М.А. Орлова, Л.Г. Исаева, Д.Г. Звягинцев // *Почвоведение.* – 2006. – № 12. – С. 1469–1478.
13. Никонов, В.В. Численность и биомасса почвенных микроорганизмов северо-таежных сосновых лесов при пирогенной сукцессии / В.В. Никонов, Н.В. Лукина, Л.М. Полянская, О.А. Фомичева, Л.Г. Исаева, Д.Г. Звягинцев // *Почвоведение.* – 2006. – № 4. – С. 484–494.
14. Никитина, З.И. Микробиологический мониторинг наземных экосистем / З.И. Никитина. – Новосибирск: Наука, Сиб. отд-ние, 1991. – 222 с.
15. Головченко, А.В. Сезонная динамика численности и биомассы микроорганизмов по профилю почвы / А.В. Головченко, Л.М. Полянская // *Почвоведение* – 1996. – № 10. – С. 1227–1233.
16. Васильев, С.В. Воздействие нефтегазодобывающей промышленности на лесные и болотные экосистемы / С.В. Васильев. – Новосибирск: Наука, Сиб. предприятие РАН, 1998. – 136 с.
17. Моделирование динамики органического вещества в лесных экосистемах / [отв. ред. В.Н. Кудеяров]. – М.: Наука, 2007. – 380 с.
18. Махонина, Г.И. Экологические аспекты почвообразования в техногенных экосистемах Урала / Г.И. Махонина. – Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2003. – 356 с.
19. Lichter, J. Primary succession and forest development on coastal Lake Michigan sand dunes / J. Lichter // *Ecol. Monographs.* – 1998. – V. 68. – P. 487–510.
20. Обустройство конденсатного промысла Восточно-Таркосалинского и Ханчейского месторождений. Ханчейское месторождение. Кн. 4. / Производственно-техническая документация ООО «НОВАТЭК-ТАРКОСАЛЕНЕФТЕГАЗ». – 46 с.
21. Ужегова, И.А. Начальные процессы почвообразования на отвалах Полуночного и Высокогорского железорудных месторождений / И.А. Ужегова,

Г.И. Махонина // Почвообразование в антропогенных условиях. – Свердловск: Изд-во Урал. ун-та, 1981. – С. 60–70.

22. Таранов, С.А. Особенности почвообразования в техногенных ландшафтах Кузбасса / С.А. Таранов // Восстановление техногенных ландшафтов Сибири (теория и технология). – Новосибирск: Наука, Сиб. отделение, 1977. – С. 81–105.

23. Экология и рекультивация техногенных ландшафтов / И.М. Гаджиев, В.М. Курачев, Ф.К. Рагим-заде [и др.] – Новосибирск: Наука, Сиб. отделение, 1992. – 305 с.

24. Титлянова, А.А. Режимы биологического круговорота / А.А. Титлянова, М. Тесаржова. – Новосибирск: Наука, Сиб. отделение, 1991. – 150 с.

25. Dkhar, M.S. Microbial population, fungal biomass and CO₂ evolution in maize (*Zea mays* L.) field soils / M.S. Dkhar, R.R. Mishra // Plant and Soil. – 1987. – V. 99. – P. 277–283.

26. Иванникова, Л.А. Суточная и сезонная динамика выделения CO₂ серой лесной почвой / Л.А. Иванникова, Н.А. Семенова // Почвоведение. – 1988. – № 1. – С. 134–139.

27. Kale, S.P. Relationship between microbial numbers and other microbial indices in soil / S.P. Kale, K. Raghu // Bull. Environ. Contam. and Toxicol. – 1989. – V. 43. – P. 941–945.

28. Kursar, T.A. Evaluation of soil respiration and soil CO₂ concentration in a lowland moist forest in Panama / T.A. Kursar // Plant and Soil. – 1989. – V. 113. – P. 21–29.

29. Aikio, S. Soil microbial activity and biomass in primary succession of a dry heath forest / S. Aikio, H. Vare, R. Strommer // Soil Biol. Biochem. – 2000. – V. 32. – P. 1091–1100.

30. Insam, H. Metabolic quotient of the soil microflora in relation to plant succession / H. Insam, K. Haselwandter // Oecologia. – 1989. – V. 79. – P. 171–178.

31. Anderson, T.H. Application of eco-physiological quotients (qCO₂ and qD) on microbial biomass from soils of different cropping histories / T.H. Anderson, K.H. Domsch // Soil Biol. Biochem. – 1990. – V. 22. – P. 251–255.

© М.В. Якутин, А.Г. Шарикалов, А.И. Шепелев 2010

УДК 631.427

М.В. Якутин^{1,2}, Д.С. Дубовик², Л.А. Ильина²

¹ИПА СО РАН, Новосибирск

²СГГА, Новосибирск

ПОКАЗАТЕЛИ БИОЛОГИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ В МОНИТОРИНГЕ СУХИХ СТЕПЕЙ ЮГО-ВОСТОЧНОГО ЗАБАЙКАЛЯ

Оценивается возможность использования современных почвенно-микробиологических показателей для целей экологического мониторинга экосистем сухих степей Юго-Восточного Забайкалья. Показано, что эти методы могут успешно использоваться для анализа характера сельскохозяйственного использования почв и стадий залежной сукцессии.

M.V. Yakutin^{1,2}, D.S. Dubovik², L.A. Ilyina²

¹Institute of Soil Science and Agrochemistry (ISSA)

18 Sovetskaya St., Novosibirsk, 630099, Russian Federation

²Siberian State Academy of Geodesy (SSGA)

10 Plakhotnogo St., Novosibirsk, 630108, Russian Federation

PARAMETERS OF A BIOLOGICAL ACTIVITY IN MONITORING OF DRY STEPPES OF SOUTH-EASTERN TRANSBAIKAL REGION

The possibility of using of modern soil-microbial parameters for the purposes of ecological monitoring of dry steppes ecosystems of South-eastern Transbaikalia are estimate. It's show, that these methods can successfully be used for the analysis of nature of agricultural using of soils and the stages of a fallow succession.

Настоящее исследование проводилось в Читинской области, в степной зоне Юго-Восточного Забайкалья. Площадь района 17,6 тыс. км² [1].

В условиях недостатка влаги и низких температур в юго-восточной части Забайкалья сформировались экосистемы настоящих степей на черноземах и сухих степей на темно-каштановых и каштановых мучнистокарбонатных почвах [2]. Забайкалье представляет собой своеобразный край, где горная страна, покрытая сибирской тайгой, причудливо сочетается с большими выровненными площадями, покрытыми степной растительностью. Для Забайкалья характерно глубокое проникание узких лент степных и лесостепных ландшафтов далеко в северную тайгу и, наоборот, тайги – далеко вовнутрь степи. Степные выровненные пространства имеют сплошное распространение на юге области.

В бассейне реки Онон, в её нижнем течении, на 300 км в длину и ширину раскинулась обширная всхолмлённая равнина – Агинская степь. Дальше к юго-востоку Агинская степь постепенно переходит в Приононскую песчаную

солонцеватую степь, обширную и ровную или волнистую на востоке, находящуюся на высоте 600–700 м над уровнем моря. Заононская степь (правобережье реки Онон) мало отличается по рельефу от Приононской волнистой степи: здесь также распространены небольшие, но широкие равнины, пологие песчаные склоны холмов, небольшие овраги в песках. Средняя высота этой слегка волнистой равнины – 700 м. Заононская степь к юго-востоку постепенно переходит в Приаргунскую, обладающую таким же ландшафтом, но с ещё более резко выраженной континентальностью климата. В целом ландшафт носит здесь уже гобийский характер. Основными чертами его являются сложная сеть сухих падей, многочисленные, часто бессточные, котловины. [1, 3].

В Читинской области темно-каштановые почвы распахируются редко и после распашки часто забрасываются. На заброшенных пашнях начинается залежная сукцессия. Сухостепные пастбища на темно-каштановых мучнистокарбонатных почвах в районе исследования находятся под слабой или умеренной пастбищной нагрузкой.

Цель работы состояла в оценке возможности применения почвенно-микробиологических показателей в экологическом мониторинге сухостепных экосистем Юго-Восточного Забайкалья. В качестве объектов исследования были выбраны четыре участка сухой степи на темно-каштановых мучнистокарбонатных почвах. Все участки находятся в окрестностях г. Борзи. Основные характеристики исследованных экосистем приведены в таблице.

В образцах, отобранных в конце июля 2009 г. в 4-х кратной повторности из генетических горизонтов исследованных почв, определялась влажность почвы, содержание углерода в биомассе почвенных микроорганизмов методом SIR (С-биомассы) и базальное дыхание [4]. В данной работе вычислялся также показатель удельной активности почвенного микробоценоза – метаболический коэффициент ($q\text{CO}_2$), как отношение величины С- CO_2 , выделившегося из почвы за 1 час к величине С-биомассы микроорганизмов ($\text{мкг С-}\text{CO}_2 / \text{мг С-биомассы в час}$) [5]. Статистическая обработка полученных результатов проводилась методами вариационного и дисперсионного анализов [6].

Таблица 1 Основные характеристики исследованных экосистем

№ п/п	Геоморфологическое положение	Экосистема (Проективное покрытие (%) / Высота травостоя (см))	Сельхоз. использование
Т. 1	Сопочная гряда северо-западнее г. Борзи. Склон сопки северо-западной экспозиции	Разнотравно-вострещово- ковыльная степь (80 / 20–40)	Целина
Т. 2	Сопочная гряда северо-западнее г. Борзи. Склон сопки юго-западной экспозиции	Разнотравно-вострещовая степь (70 / 25–40)	Пастбище под слабой нагрузкой
Т. 3	Ровная поверхность северо-западнее г. Борзи	Разнотравно-вострещово- ковыльная степь (50 / 25–45)	Старая залежь
Т. 4	Сопочная гряда северо-западнее г. Борзи. Склон сопки северо-западной экспозиции	Рудеральное сообщество (40 / 17–30)	Молодая залежь

При распашке целинной почвы происходит резкая активизация процессов деструкции органического вещества и, как следствие, снижение содержания $C_{орг}$ в почве. Также снижается ежегодный приход растительного опада. Все это закономерно приводит к снижению содержания биомассы микроорганизмов в почве. Отгонное животноводство также оказывает негативное влияние на плодородие степных почв, способствуя снижению продуктивности биоценозов и содержания гумуса, переуплотнению и иссушению почв. [7].

Содержание С-биомассы было максимальным в верхних горизонтах почвы на участках 1 и 2 (под целиной и пастбищем). Уровень С-биомассы на залежных участках (3 и 4) был в 1,7 раза ниже и в верхних, и в нижних горизонтах почвы (рис. 1, а).

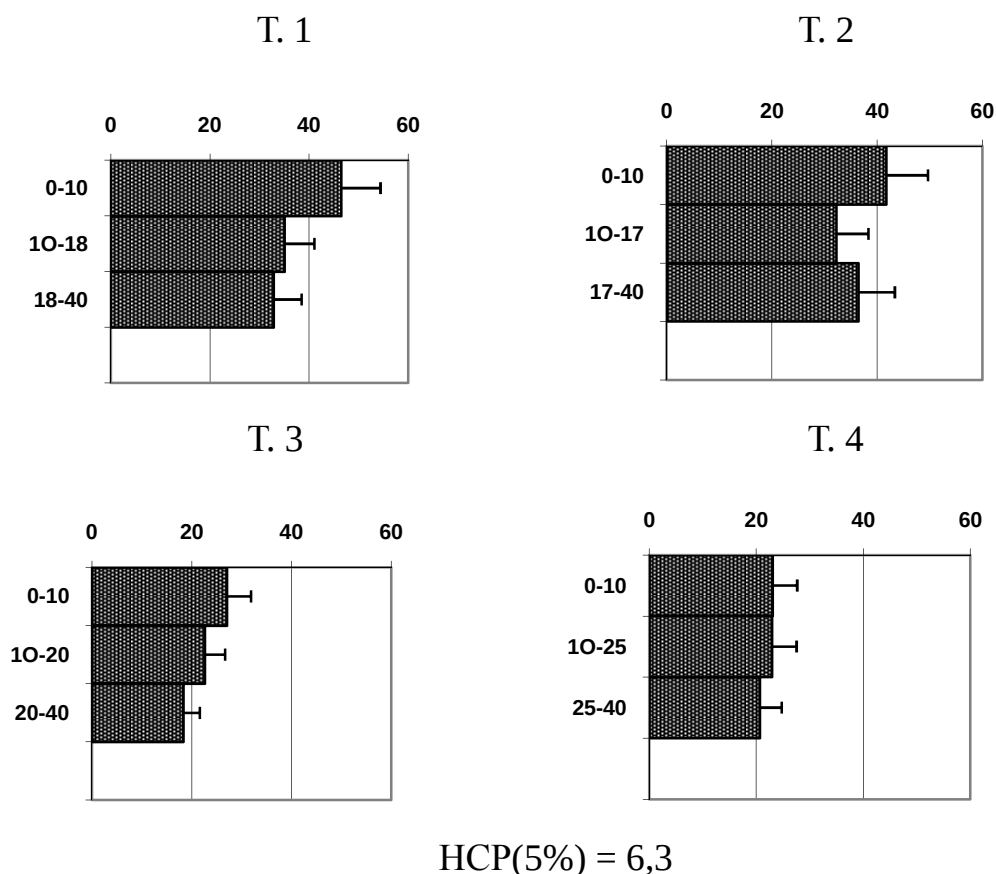


Рис. 1 а. Профильное распределение С-биомассы (мг С/ 100 г почвы) в исследованных темно-каштановых почвах (Обозначение см. табл. 1)

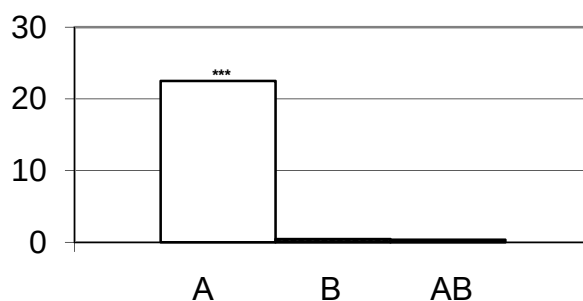


Рис. 1 б. Значения F критерия для различных факторов, влияющих на биомассу микроорганизмов: А – распахка в прошлом, В – слой почвы, АВ – взаимодействие факторов, ***- $p < 0,001$

В процессе проведения данного исследования встал вопрос об оценке силы влияния таких факторов, как характер сельскохозяйственного использования почвы (была ли она распахана или нет), и глубина по профилю почвы на изученные показатели. С использованием дисперсионного анализа был рассчитан F критерий для этих факторов и их взаимодействия. Влияние характера сельскохозяйственного использования почвы (был ли участок распахан в прошлом или нет) оказалось сильным и достоверным, влияние глубины по профилю оказалось незначимым (рис. 1, б). Достоверного влияния продолжительности залежной сукцессии и характера сельскохозяйственного

использования нераспаханной степи (целина или пастбище) на С-биомассы выявить не удалось.

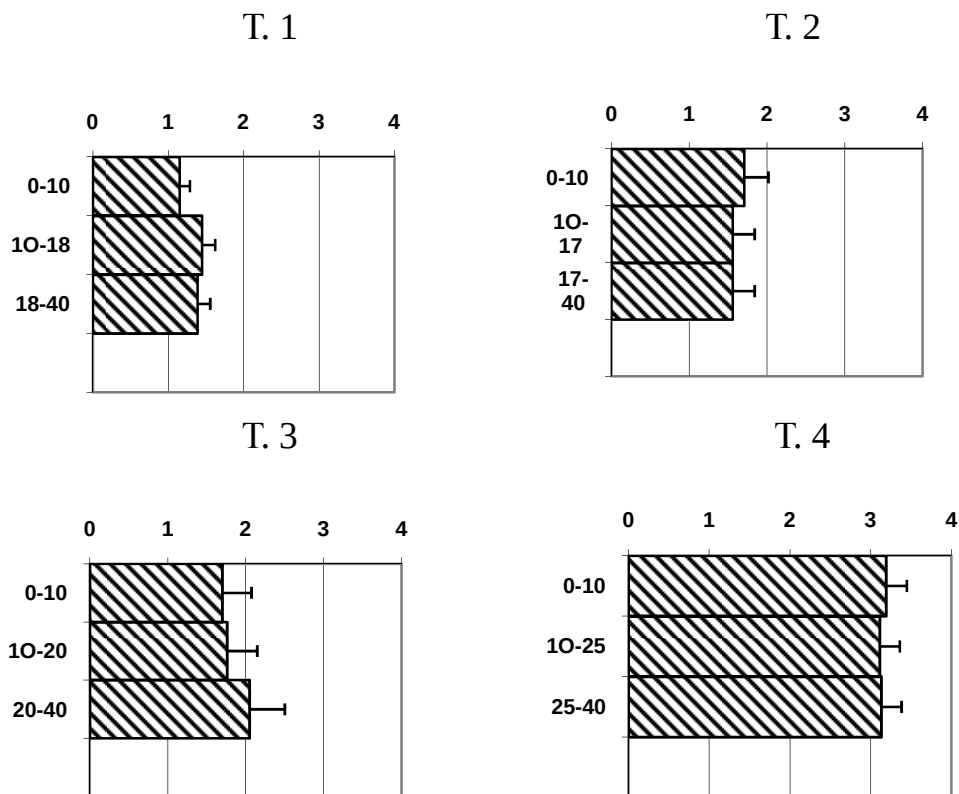


Рис. 2, а. Метаболический коэффициент (qCO_2) (мкг CO_2 –С/ мг С-биомассы в час) в профилях исследованных темно-каштановых почв (обозначение см. табл. 1)

Минимальная удельная активность микроббиомассы зафиксирована в целинной почве, а максимальная (в 2,7 раза больше, чем на целине) – в почве молодой залежи (рис. 2, а). Пастбище и старая залежь по данному показателю занимали промежуточное положение между целиной и молодой залежью (1,7 мкг $\text{CO}_2\text{--C/ мг С-биомассы}$ в час в верхнем горизонте).

характера сельскохозяйственного использования нераспаханной степи (целина или пастбище) на метаболический коэффициент выявить не удалось.

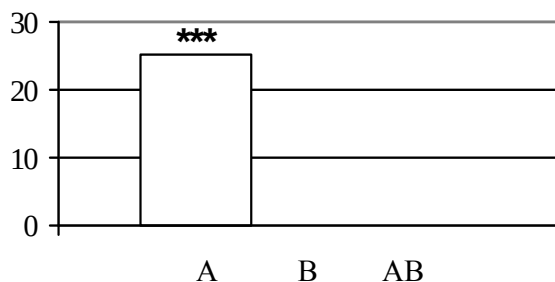


Рис. 2, б. Значения F критерия для различных факторов, влияющих на метаболический коэффициент:

A – распашка в прошлом, B – слой почвы, AB – взаимодействие факторов, ***- $p < 0,001$

Таким образом, проведенное исследование убедительно показало, что почвенно-микробиологические показатели могут успешно использоваться в практике экологического мониторинга сухих степей на темно-каштановых мучнистокарбонатных почвах Юго-Восточного Забайкалья. При этом С-биомасса, базальное дыхание и удельная активность почвенной микробиомассы могут быть рекомендованы для оценки характера предварительного использования почвы (был ли участок

распахан в прошлом), а показатели базального дыхания и удельной активности почвенной микробиомассы, кроме того, могут быть индикаторами сроков залежной сукцессии.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кремнев, А.И. Читинская область: краткий очерк природы, экономики и культуры / А.И. Крамнев. – Чита: Читинское кн. изд-во, 1959. – 160 с.
2. Железняк, И.И. Методы управления сезонным промерзанием грунтов в Забайкалье / И.И. Железняк, Р.М. Саркисян. – Новосибирск: Наука, Сиб. отделение, 1987. – 128 с.
3. Ногина, Н.А. Почвы Забайкалья / Н.А. Ногина. – Москва: Наука, 1964. – 314 с.
4. Schinner, F. Methods in soil biology / F. Schinner, R. Ohlinger, E. Kandeler, R. Margesin. – Berlin: Springer-Verlag, 1996. – 420 p.
5. Anderson, T.H. Determination of ecophysiological maintenance carbon requirements of soil microorganisms in a dormant state / T.H. Anderson, K.H. Domsch // Biol. Fert. Soil. – 1985. – V. 1. – P. 81–89.
6. Трофимов С.Я. Глобальные функции педосферы / С.Я. Трофимов, Г.С. Куст, В.Д. Васильевская [и др.] // Современные глобальные изменения природной среды. Т. 2. ; [Отв. ред. Н.С. Касимов, Р.К. Клиге]. – М.: Научный мир, 2006. – С. 228–264.
7. Плохинский, И.А. Биометрия / И.А. Плохинский. – М.: Изд-во МГУ, 1970. – 358 с.

УДК 624.131.41

А.М. Шкаруба, Л.Ю. Дитц, А.Ф. Путилин, А.В. Чичулин

ИПА СО РАН, Новосибирск

СГГА, Новосибирск

МИГРАЦИОННЫЕ ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ПОТОКИ КАК ОСНОВА ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ СИСТЕМЫ ВОДОСБОР – ВОДОЕМ

Рассмотрено влияние геохимических потоков на экологическое состояние системы водосбор-водоём. Выявлено, что основными источниками техногенного загрязнения являются вносимые минеральные удобрения, ядохимикаты и тяжелые металлы промышленных объектов. Интегральным экологическим показателем водоемов выступает концентрация и содержание загрязняющих веществ в донных отложениях.

A.M. Shkaruba, L.Yu. Dits, A.F. Putilin, A.V. Chichulin

The Institute of Soil Science and Agrochemistry of the Siberian division of Russian academy of sciences, Novosibirsk

SSGA, Novosibirsk

MIGRATION GEOCHEMICAL FLOWS AS THE BASIS FOR ECOLOGICAL RESEARCH OF FLOOD BASIN – RESERVOIR SYSTEM

The effect of geochemical flows on the ecological state of the flood basin – reservoir system is considered. It was revealed that the main sources of technogenic pollution are mineral fertilizers, pest-killers and heavy metals of the industrial projects. The integral ecological indicator of reservoirs is the concentration and the content of contaminants in bottom sediments.

Актуальность данной проблемы вызвана ростом антропогенных воздействий на природную среду, в том числе и на водоемы, являющиеся конечным звеном аккумуляции различных веществ, в том числе и загрязняющих. Водные экосистемы содержат значительную часть минеральных, органических и органо-минеральных соединений, которые поступают в результате поверхностного и почвенно-грунтового стока с водосборов, сброса промышленных, сельскохозяйственных и бытовых стоков. Указанные соединения мигрируют в виде взвесей и растворенных веществ, распределяются и аккумулируются во всех компонентах водных экосистем.

Основную роль в загрязнении водоемов различными веществами играют промышленные предприятия, расположенные вблизи водоемов. Промышленные выбросы оказывают значительную антропогенную нагрузку на систему водосбор-водоём, приводят к изменению природных условий формирования химического состава почв, растительности и водных объектов. Наиболее

сильное загрязнение почв, водоемов и растительности обнаруживается вблизи источников загрязнения, которое уменьшается по мере их удаления от промышленных предприятий. Ареалы высоких концентраций загрязнителей, например, тяжелых металлов в озерных водоемах, могут ограничиваться расстояниями от сотен метров до нескольких десятков км, в зависимости от природных условий, вида производства и условий водообмена самого водоема. За счет техногенных условий формируются ландшафты с несвойственными им химическими элементами и соединениями [1, 2].

Геохимические исследования водных и грунтовых потоков на водосборе и в водах замыкающих водоемов позволяют выявить как источники природных мигрантов, так и источники техногенного загрязнения. Показателями антропогенного воздействия на водные экосистемы являются содержание и концентрация различных загрязняющих веществ (тяжелых металлов, химических веществ, пестицидов, нефтяных загрязнений и т. д.) в воде, фитопланктоне, гидробионтах, рыбах, донных отложениях. Проявление миграционных потоков особенно наглядно фиксируется на естественных геосистемах, одними из представителей которых являются водосборные бассейны. Параметры миграции и аккумуляции химических элементов в системе водосбор-водоем можно рассматривать как интегральную характеристику, отображающую вещественно-энергетический обмен во времени и пространстве [1–3].

Водные объекты, в силу их специфического расположения в ландшафте, являются замыкающим звеном в миграционной аккумуляции веществ, поступающих в результате поверхностного и грунтового стоков с водосборов. В целом процесс миграции химических веществ в ландшафте отображается в двух составляющих – аккумулятивной и собственно миграционной [1]. Аккумулятивную составляющую выполняет в основном растительность, которая удерживает часть химических элементов от дальнейшей транспортировки. В процессе же водной миграции на водосборных бассейнах осуществляется собственно миграционный вынос элементов с поверхностным и почвенно-грунтовым стоком. Миграция химических элементов и условия ее проявления характеризуют водосборный бассейн как единую ландшафтно-геохимическую и техногенную систему (породы, почву, растительность, поверхностные и грунтовые воды). Поэтому изучение миграционных потоков различных элементов и проявление их последствий на водосборной территории необходимо проводить совместно в условиях природного и техногенного функционирования. При таком системном подходе появляется возможность получения и обработки миграционно-аккумулятивной информации о процессах, протекающих в почвенно-грунтовой толще водосборного бассейна и замыкающем водоеме в качественном и количественном выражениях, пригодных для весьма широкого спектра разнообразных целей - научных и практических. Например, для более обоснованного использования сельскохозяйственных угодий в соответствии с их агротехническим и экологическим состоянием, а также водных источников с учетом их геохимического состояния, для охраны природной среды и т. п.

На основе ландшафтно-геохимического подхода возможен прогноз природных и антропогенных факторов, вызывающих изменение вещественно-энергетического баланса территории, и ее экологического состояния. Прогноз позволяет выбрать оптимальный (компромиссный) вариант между природоохранными решениями той или иной проблемы и изменениями природной среды под влиянием антропогенных воздействий. Например, по изменениям показателей почвенно-геохимических свойств водосборного бассейна при проявлении эрозионных процессов (по направлениям миграции химических элементов в поверхностном или грунтовом стоке, в самом водоеме), можно судить о происходящих изменениях экологической обстановки в системе водосбор – водоем.

Среди компонентов водных экосистем значительная роль в аккумуляции различных веществ, в том числе и загрязняющих, принадлежит донным отложениям. Донные отложения являются своеобразным природным продуктом, который возникает и непрерывно накапливается на дне водоемов в результате сложных процессов, протекающих на водосборной поверхности и в водоеме. Это сложная система обладающая, наряду с почвами, памятью прошлых лет ее формирования и функционирования [4, 5].

Содержание и концентрация загрязняющих веществ в донных отложениях является интегрирующими показателями условий круговорота веществ в водоеме, отражают степень антропогенной нагрузки на водоем. Донные отложения водоемов являются конечным пунктом миграции химических элементов и органических веществ с водосборных бассейнов. По донным отложениям можно определить экологическое состояние и историю техногенного загрязнения водного объекта, например, тяжелыми металлами, пестицидами, удобрениями, а также источник и ареал его распространения, влияние на гидробионту, рыбы, фитопланктон и другие компоненты. Донные отложения обладают высокой адсорбционной способностью и поэтому аккумулируют загрязняющие вещества в значительных количествах [2, 6].

Различное поведение загрязняющих веществ в водных экосистемах обусловлено их индивидуальными химическими свойствами, формами нахождения и миграцией на водосборе, ландшафтными условиями в системе водосбор-водоем. Многообразный состав загрязняющих веществ в водных экосистемах формируется под влиянием механических, физических, химических, физико-химических и биологических процессов, протекающих на водосборной поверхности и в водоеме. Например, тяжелые металлы накапливаются в донных отложениях за счет их прочной связи с глинистыми минералами, гидроокисями железа и марганца, а также образующимися труднорастворимыми соединениями металлов с органическими и неорганическими соединениями, в результате ионного обмена, биологического поглощения с участием гидробионтов. В результате донные отложения накапливают в своей толще подавляющие количества загрязнителей, в результате чего происходит самоочищение водоемов. Процесс самоочищения водоемов от токсикантов может происходить и за счет увеличения биомассы фитопланктона [7].

Вместе с тем, наряду с сорбцией загрязняющих веществ донными отложениями, возможно вторичное загрязнение водных объектов за счет их десорбции из донных отложений в водную среду – при изменении ОВ-условий, величины рН придонных водных слоев, уплотнении осадка, под влиянием бактериальной флоры и при химико-деградационной трансформации самого загрязняющего вещества. При этом десорбция для некоторых металлов может быть избирательной [5, 6].

Однако процесс вторичного загрязнения водной среды за счет десорбции загрязнителей из донных отложений значительно уступает процессу их аккумуляции донными отложениями. Более того, процесс десорбции металлов из донных отложений в целом носит кратковременный характер, и в количественном отношении диффузионный поток в данном направлении незначительный и поэтому сорбция металлов преобладает над десорбцией. Так, некоторые исследователи речных и озерных систем отмечают, что содержание в донных отложениях тяжелых металлов, нефтяных загрязнений, накопившихся за достаточно длительный период времени, не представляют серьезной экологической опасности для вод, так как степень их загрязнения не превышает, во многих случаях, средних региональных фоновых показателей. Поэтому вторичное загрязнение придонных водных горизонтов из донных отложений не может значительно повлиять на экологическое состояние водоема [7]. Загрязнения водной среды вызывают нарушение функций у рыб и развитие эндемических патологий их органов. Тяжелые металлы способны проникать в ткани живых организмов и накапливаться в них в более высоких концентрациях, чем в окружающей водной среде. Ответом живых организмов на загрязнения среды их обитания является изменение структуры и численности популяций, нарушение видового разнообразия, исчезновение отдельных видов и др. последствия [6].

Техногенное загрязнение приводит к резкому изменению биохимических циклов в водных экосистемах. Химические элементы распределяются в водном потоке в зависимости от скорости осаждения взвеси, сорбции из раствора и процесса обмена между органическим веществом, живыми организмами и донными отложениями. В донных отложениях, гидробионтах, фитопланктоне, в рыбах наиболее полно отражаются масштабы и интенсивность техногенного воздействия на компоненты водных экосистем. Отражение геохимических особенностей водосборов в компонентах водной среды позволяет выделять по их химическому составу техногенные потоки и оценивать степень техногенной нагрузки на водные экосистемы. По результатам геохимических исследований можно дифференцировать территории по степени техногенного геохимического загрязнения (техногенной опасности) и определить пути его нейтрализации.

Процесс вещественной миграции элементов можно выразить как через коэффициент водной миграции, так и через кодово-цифровые характеристики (информационные слои) с использованием ГИС-технологий. Географические информационные системы (ГИС), позволяют моделировать природные процессы, изучать их механизм, связи и взаимодействия, получать новую количественную и качественную информацию. Они позволяют, на основе базы

данных (информационных слоев), построить информационную модель водосборного бассейна, определить источники образования и распределение потоков мигрирующих веществ. Для выявления полной картины водной миграции химических элементов, исследуются природные компоненты - порода, почва, речные, болотные и грунтовые воды, донные отложения, гидробионты, рыбы. В зависимости от детальности изучения миграционных потоков веществ, их формирования на водосборах, исследуются водотоки различных порядков водосборного бассейна. Результаты могут быть представлены в виде соответствующих информационных слоев по каждому природному компоненту водосборного бассейна и его мигрирующему элементу.

Таким образом, на основе исследования миграционных геохимических потоков растворенных и органических веществ, взвесей, коллоидов, тяжелых металлов и их аккумуляции в воде и донных отложениях возможна оценка общего экологического состояния компонентов водных экосистем.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ковда, В.А. Биогеохимия почвенного покрова [Текст] / В.А.Ковда. – М.: Наука, 1985. – 263 с.
2. Даувальтер, В.А. Факторы формирования химического состава донных отложений [Текст] / В.А. Даувальтер. – Мурманск: Издательство МГТУ, 2002. – 75 с.
3. Перельман, А.И. Геохимия ландшафта [Текст] / А.И. Перельман. – М.: Высшая шк., 1966. – 392 с.
4. Таргульян, В.О. Развитие почв во времени [Текст] / В.О. Таргульян // Проблемы почвоведения. М.: Наука, 1982. – С. 108–113.
5. Тарновский, А.А. Геохимия донных отложений современных озер (на примере озер Карельского перешейка). [Текст] / А.А. Тарновский. – Л.: Изд-во ЛУ. – 1980. – 126 с.
6. Моисеенко, Т.И., Кудрявцева, Л.П., Гашкина, Н.А. Рассеянные элементы в окружающей среде: технофильность, аккумуляция и экотоксикация. [Текст] / Т.И. Моисеенко, Л.П. Кудрявцева, Н.А. Гашкина, М.: Наука, 2006. – 261 с.
7. Кочарян, А.Г., Толкачев, Г.Ю. Формы существования тяжелых металлов в донных отложениях Иваньковского водохранилища [Текст] / А.Г. Кочарян, Г. Ю. Толкачев // Мелиорация и водное хозяйство. – 2009. – № 1. – С. 20–24.

© А.М. Шкаруба, Л.Ю. Дитц, А.Ф. Путилин, А.В. Чичулин, 2010

УДК 528.8

А.Г. Шарикалов¹, М.В. Якутин^{1,2}

¹СГГА, Новосибирск

²ИПА СО РАН, Новосибирск

ПРИНЦИП СРАВНЕНИЯ В ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОМ МОНИТОРИНГЕ ТЕРРИТОРИЙ НЕФТЯНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ СРЕДНЕЙ ТАЙГИ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

С использованием дистанционных методов зондирования земли построены ландшафтно-экологические карты Мамонтовского месторождения и Юганского заповедника. На основании построенных карт проведен сравнительный геоэкологический анализ состояния экосистем на территории Мамонтовского месторождения.

A.G. Sharikalov¹, M.V. Yakutin^{1,2}

¹Siberian State Academy of Geodesy (SSGA)

10 Plakhotnogo St., Novosibirsk, 630108, Russian Federation

²Institute of Soil Science and Agrochemistry (ISSA)

18 Sovetskaya St., Novosibirsk, 630099, Russian Federation

COMPARISON PRINCIPLE IN GEOECOLOGICAL MONITORING OF THE OIL-FIELDS TERRITORY OF MEAN TAIGA OF THE WESTERN SIBERIA

Landscape-ecological maps of the Mamontov field and the Yugan natural reservation are constructed. The comparative geoecological analysis of an ecosystems status on the Mamontov field territory is conducted with help of the constructed maps.

Нефтедобывающая промышленность в Западной Сибири относительно молода, но темпы освоения энергетических богатств данного региона, а также концентрация производства представляют значительную угрозу экологическому благополучию территории.

Целью данной работы является оценка возможности применения дистанционных методов в геоэкологическом мониторинге территорий нефтедобычи на примере Мамонтовского месторождения. Актуальность исследования обусловлена высокой степенью ранимости таёжных экосистем, а также значительным по силе продолжительности антропогенным воздействием на окружающую среду за время реализации проекта обустройства месторождения.

Объектом исследования являются нарушенные в результате нефтедобычи территории Мамонтовского месторождения в центральной части Среднеобской низменности Западносибирской равнины в подзоне средней тайги. Территория

расположена на левобережье р. Оби в междуречье Большого Югана и Большого Салыма, занимает часть бассейна р. Большой Балык. Северная часть площади лицензионного участка занята поймой р. Оби. В административном отношении оно находится в Нефтеюганском районе Ханты-Мансийского автономного округа Тюменской области. Освоение месторождения началось в 1970 году. В настоящее время проект находится в третьей стадии разработки, которая характеризуется снижением добычи нефти и прогрессирующим обводнением добываемой продукции [1]. Для сравнения в качестве территории, незатронутой хозяйственной деятельностью человека, выбрана территория Юганского заповедника (рис. 1). Его территория использовалась как “нуль отсчета” или “антропогенный фон” в данном исследовании [2].

Исследование проводилось дистанционными методами по данным двух спектрально-радиометрических снимков Landsat 7 ETM+. Один из снимков охватывал само месторождение, а второй площадь Юганского заповедника. Дата съемки обоих участков 2000 год. Обработка и анализ производились поочередно в программе Erdas Imagine 2010.

Изначально, все 30-метровые каналы каждого снимка были собраны в один geo-tiff файл (по средствам модуля Layer Stack). Далее для повышения детальности (spatial enhancement) был использован панхроматический канал высокого разрешения (15 метров). Так как в точности отображения границ Мамонтовского лицензионного участка и Юганского заповедника не было значительной необходимости, то были использованы официально публикуемые данные не высокой степени детальности. Область интереса (area of interest) для каждого участка была создана из shape файла, содержащего границы исследуемых территории. Космические снимки с выделенными участками представлены на рисунках 2, а и 3.

Анализ снимков производился в режиме автономной классификации (unsupervised classification), результат контролировался визуально. Изображение разделялось на ряд классов с последующим объединением в наиболее общие типы экосистем для дальнейших исследований. Для генерализации данных использовались внутренние ресурсы Erdas Imagine. Сначала, с помощью модуля Clump были вычислены «соседние» пиксели, а затем объекты, не выражающиеся в масштабе карты, были «поглощены» по средствам Eliminate [3]. По результатам работы были составлены ландшафтно-экологические карты Мамонтовского месторождения и Юганского заповедника, с помощью которых

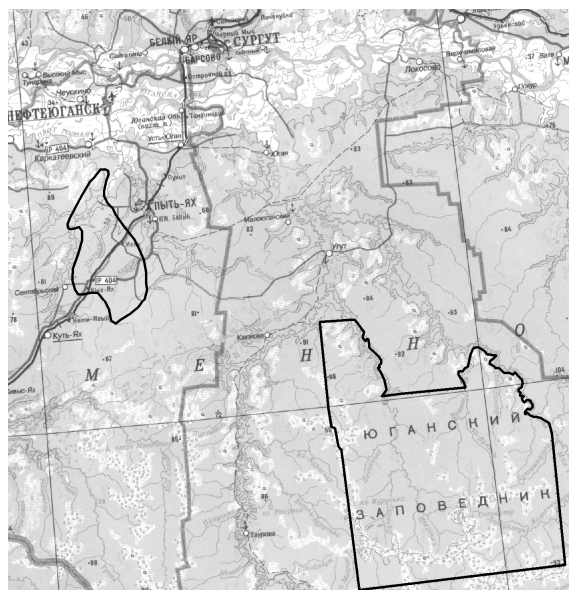


Рис. 1. Мамонтовское месторождение и Юганский заповедник

стало возможно определить площади основных классов экосистем на территории Мамонтовского лицензионного участка и Юганского заповедника. Для каждого класса экосистем определялся процент от общей площади, а также оценивалось изменение площади класса на территории месторождения по сравнению с заповедником. Хотя автономная классификация имеет свои ограничения, в данном исследовании её результат был вполне удовлетворительным. Классифицированные изображения представлены на рис. 2, б и 4. В табл. 1 представлены результаты анализа площадей различных выделов на сравниваемых территориях.

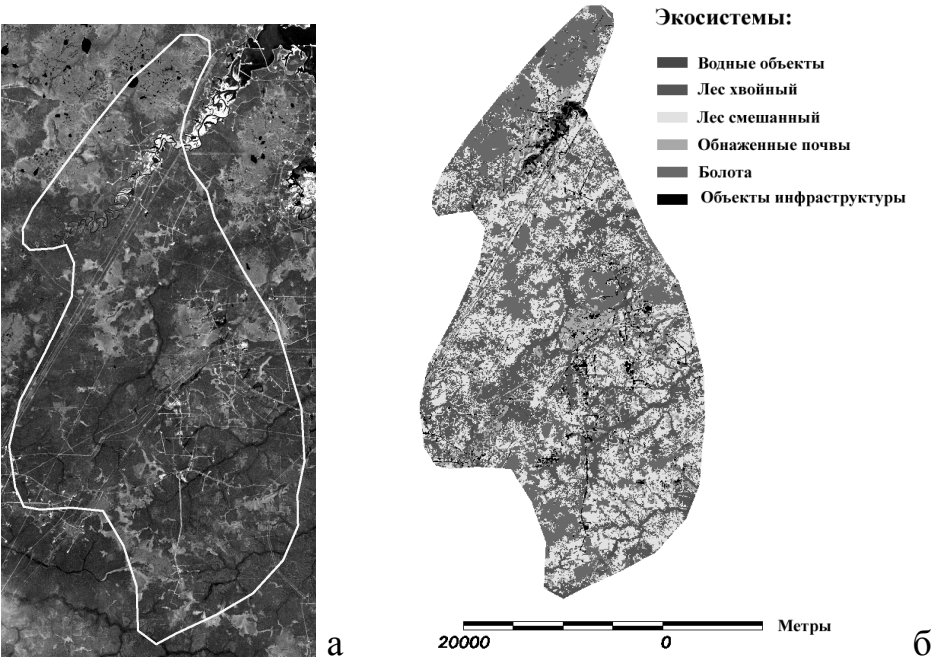


Рис. 2. Космический снимок Мамонтовского лицензионного участка (а) и классифицированная территория Мамонтовского лицензионного участка (б)

Таблица 1 Площади основных типов экосистем по спутниковым данным

Экосистемы	Мамонтовское месторождение		Юганский заповедник		Изменение площади при антропогенном воздействии
	S, га	S, %	S, га	S, %	S, %
Леса хвойные	31087	30,85	248316	37,33	6,48
Леса смешанные	33854	33,60	233775	35,15	1,55
Водные объекты	1833	1,82	22549	3,39	1,57
Болота	23772	23,59	160475	24,13	0,53
Объекты инфраструктуры	2859	2,84	0	0,00	-2,84
Территории без растительности	7349	7,29	0	0,00	-7,29
Общая площадь	100754	100,00	665115	100,00	0

В результате проведенного исследования были сделаны выводы о том, что на территории Мамонтовского нефтяного месторождения значительно (более,

чем на 6 %) снижена доля хвойных лесов. При этом 53 % от общей площади хвойных насаждений на территории Мамонтовского месторождения составляют древостои, среди которых преобладают сосновые породы. В меньшей степени представлены кедр и ель [4]. В меньшей степени снижена площадь смешанных лесов (на 1,6 %), водных объектов (на 1,6 %) и болотных экосистем (0,5 %).

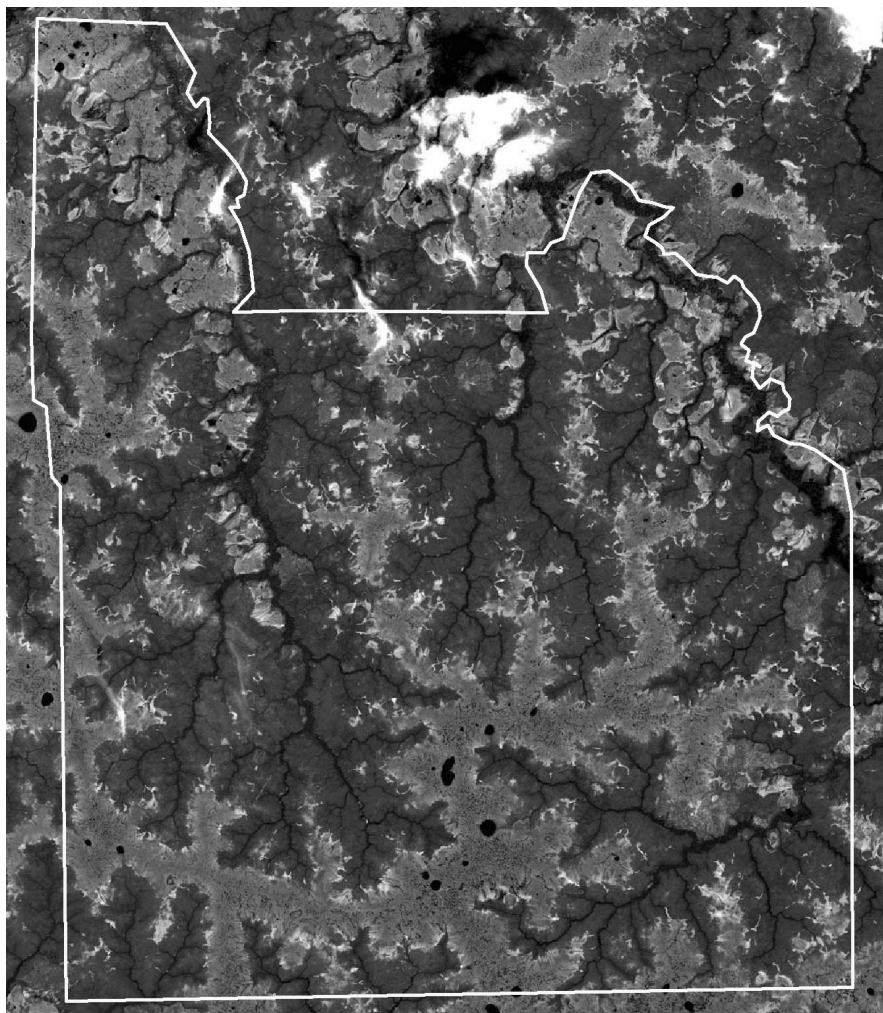


Рис. 3. Космический снимок Юганского заповедника

Почти 3 % территории находится под объектами инфраструктуры. Это автомобильные дороги, подъездные дороги, электросети, трубопроводы, кусты эксплуатационных скважин, кустовые и дожимные насосные станции, центральные пункты сбора и первичной подготовки нефти, установки компрессорного газлифта, компрессорные станции, базы производственного и материально-технического снабжения. Значительная доля территорий лицензионного участка занята территориями, лишенными растительности. Предположительно, важный вклад в это вносит критический износ оборудования и, как следствие, периодические масштабные разливы нефти [4].

Таким образом, использование данных дистанционного зондирования Земли позволяет достаточно быстро провести геоэкологический мониторинг территории нефтедобычи. При этом современные фотограмметрические программные продукты позволяют максимально упростить этот процесс.

В результате мониторинга Мамонтовского лицензионного участка установлено, что наиболее сильное влияние оказывается на лесные экосистемы, являющиеся в то же время наиболее ранимыми. Значительные территории превращаются в антропогенные пустыни преимущественно в результате разливов нефтепродуктов.

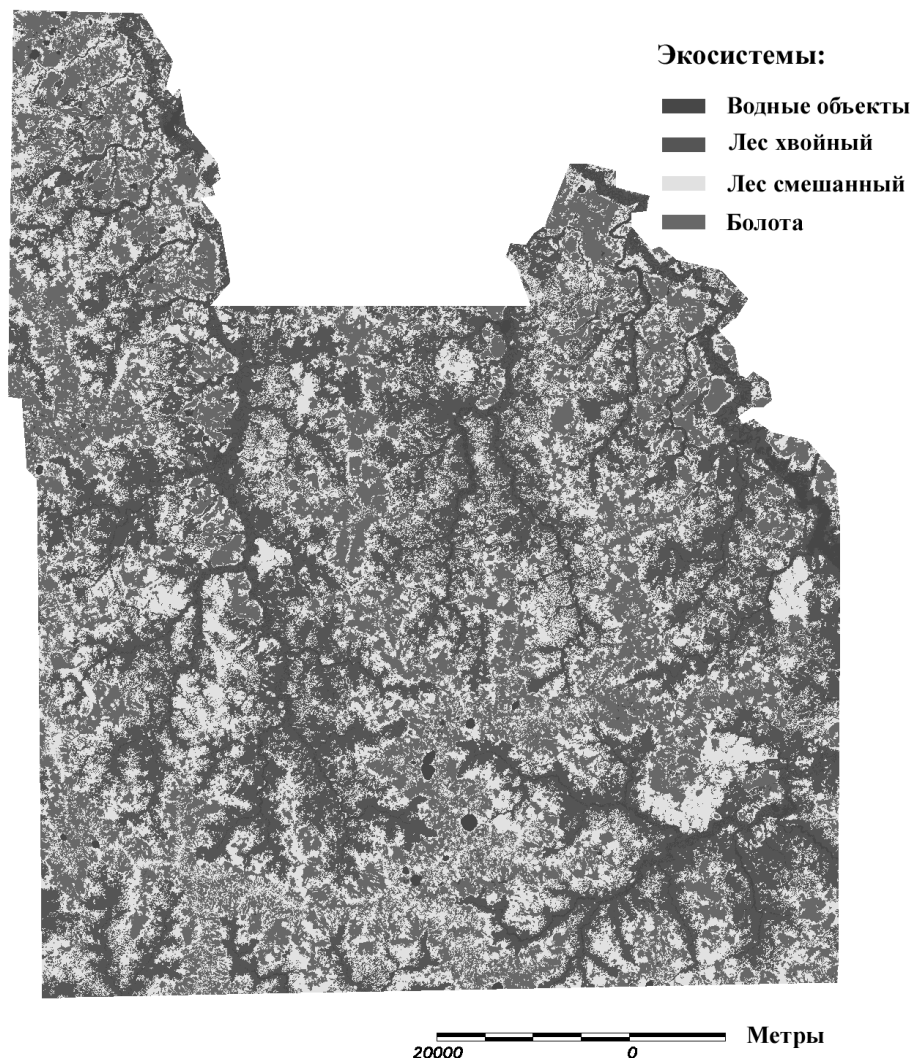


Рис. 4. Классифицированная территория Юганского заповедника

Хотя в настоящее время проект находится на стадии завершения нефтедобычи, очевидно, требуется активизация природоохранной деятельности для сохранения и восстановления ландшафтов, нарушенных за весь период его функционирования.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Проект обустройства Мамонтовского месторождения. III очередь. – Сургут: СургутНИПИнефть, 1994. – 164 с.
2. Виноградов, Б.В. Аэрокосмический мониторинг экосистем / Б.В. Виноградов. – М.: Наука, 1984. – 320 с.
3. Erdas Field Guide, August 2009 [Electronic resource] – Англ. – Режим доступа: <http://www.erdas.com/tabid/84/currentid/1050/default.aspx>

4. Проект установления водоохранных зон и прибрежных полос рек в границах Мамонтовского месторождения нефти Нефтеюганского района Тюменской области. – Тюмень: ТюменьГипроВодХоз, 1993. – 43 с.

© *А.Г. Шарикалов, М.В. Якутин, 2010*

УДК 502:630

Л.К. Трубина, К.П. Куценогий, Б.В. Селезнев, Д.В. Панов*

СГГА, Новосибирск

*ИХКГ СО РАН, Новосибирск

СБОР ДАННЫХ ПО ЦИФРОВЫМ ИЗОБРАЖЕНИЯМ ПРИ НАТУРНОМ МОДЕЛИРОВАНИИ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ

Приведены результаты использования цифровой стереосъемки во время натурального моделирования низовых пожаров, которые проводились на лесных площадках Красноярского края в процессе экспериментов в рамках международного проекта.

Рассмотрены возможности использования материалов цифровых наземных фотосъемок разных масштабов для информационного обеспечения подобных локальных экспериментов. Предложены методики проведения фотосъемок для формирования интерактивных 3D-фотопанорам растительного покрова и изучения динамики продвижения фронта огня в процессе контролируемого выжигания.

L.K. Trubina, K.P. Koutsenogii, B.V. Seleznyov, D.V. Panov*

SSGA, Novosibirsk

*ICKC SBRAS, Novosibirsk

DIGITAL IMAGE DATA COLLECTION FOR FULL-SCALE MODELING OF FOREST FIRES

The stereophotography data produced during full-scale modeling of ground fires are presented. The modeling involved photography of forest blocks in Krasnoyarsk region as the experiments in the context of the international project.

The possibilities of using digital ground photography of different scales for the local experiments dataware are considered. The paper offers the methods of photography for producing interactive 3D-photopanoramas of the growth and the research of the fire front advance dynamics in the process of the controlled burning out.

Лесные пожары являются мощным природным и антропогенным фактором, существенно изменяющим функционирование и состояние лесов. Исследованию природы лесных пожаров уделяется достаточно большое внимание. Анализ естественных лесных пожаров, возникающих от неизвестных источников возгорания и стихийно распространяющихся по территории, не позволяет выявлять ряд факторов, определяющих поведение пожара и степень его воздействия на экосистему. Для этого требуется учет локальных особенностей лесных массивов, которые обусловлены рельефом подстилающей

поверхности, структурой лесных горючих материалов и др. Получение сведений о пожарных режимах, характерных для конкретной экосистемы, может осуществляться по результатам экспериментальных выжиганий. Натурное моделирование пожарных опытов в рамках международного проекта проводилось на лесных площадках в Красноярском крае.

В общем комплексе работ, осуществляемых при проведении «пожарных» экспериментов, включая пред- и постпожарные учеты и регистрацию распространения огня, применялись методы цифровой наземной стереофотосъемки. Предложены методики проведения фотосъемок для формирования интерактивных 3D-фотопанорам и отслеживание динамики продвижения фронта огня в процессе контролируемого выжигания.

Применение материалов фотосъемок стало возможным с внедрением технических и программных средств по получению и обработке цифровых изображений. Расширение функций цифровых фотокамер, их оснащение объективами с переменным фокусным расстоянием, наличие разных режимов съемки, позволяют оперативно получать снимки в разных природных условиях в широком диапазоне масштабов.

Натурное моделирование лесных пожаров проводится на лесных участках небольших размеров. В этом случае, реалистичное отображение состояния растительного покрова на момент обследования можно осуществить путем создания виртуально-интерактивных фотопанорам. Отличительная особенность таких фотопанорам заключается в визуализации их на мониторе в 3D-интерактивном режиме. Для достижения эффекта объемности фотосъемка должна проводиться фотокамерой со штатива с последовательным разворотом на 360°: при трех положениях оптической оси – горизонтальном, под углом 45° вверх и 45° вниз. Обработка фотоснимков заключается в их совмещении по идентичным точкам и формировании единого изображения, что выполняется в специализированной программе. Такая фотопанорама обеспечивает лучший обзор и больший объем визуальной информации, чем на обычной «плоской». При их этом легко реализуется увеличение выбранных зон, тем самым достигается максимально полное и детальное представление о состоянии лесной растительности. Виртуально-интерактивные фотопанорамы значительно повышают качество визуального дешифрирования изменений растительного покрова.

Для определения особенностей распространения огня опробованна синхронная стереофотосъемка. В этом случае, две фотокамеры располагали на штативах на краю участка таким образом, чтобы в зону перекрытия попадал весь участок. Синхронизация работы фотокамер обеспечивалась пультом управления. Для масштабирования модели, формируемой по стереопарам, на участке разбивается сеть реперных точек, отмеченных металлическими стержнями. С этой же целью можно использовать точки, замаркированные на стволах деревьев, если таковые попадают на участок. Фотосъемка производится с заданной частотой фотографирования, которая зависит от скорости ветра и скорости выгорания напочвенного покрова. Выполнять съемку рекомендуется в

ручном режиме, что обеспечивает минимальный интервал фотографирования 0,5 секунды.

При регистрации контролируемого выжигания на участке размером 6×10 метров стереофотосъемка осуществлялась камерами Pentax K200 с указанным интервалом. Методика определения координат кромки огня основана на совместной обработке стереопар, полученных в разные моменты времени, в программном продукте PhotoModeler, который позволяет производить построение 3D-модели по любому количеству снимков. Существенным аргументом в пользу этого программного продукта является реализация в нем разных вариантов внешнего ориентирования модели, как по известным элементам внешнего ориентирования снимков, так и по тестовым объектам, и точкам с известными пространственными координатами, либо можно ограничиться только масштабированием модели. Соответственные точки для построения модели отмечаются на всех снимках, где они отобразились, в монокулярном режиме, с частичной автоматизацией процесса. Совместная обработка стереопар, за счет возникающих дополнительных геометрических связей и условий, позволяет повысить точность построения модели, а соответственно – искомых величин.

Для оценки точности определения пространственных координат точек по стереопарам в лабораторных условиях был создан тест объект (2*5 м), который по размерам повторяет экспериментальную площадку. На тест объект была нанесена сеть опорных точек в виде калиброванных металлических стоек с известной высотой. Выполнена стереофотосъемка и обработка 20 изображений. Для ориентирования моделей использовалось не менее 10 точек с известными координатами, кроме того учитывались дополнительные геометрические условия. Точность оценивалась по контрольным точкам, среднеквадратические отклонения на которых составили: по оси X – 1,25 см, по Y – 4,15 и по оси Z – 2.64 см.

Как уже отмечалось, была выполнена апробация предложенной методики идентификации фронта огня в процессе контролируемого выжигания по материалам цифровых стереофотосъемок летом 2009 года. Для одного из участков во время эксперимента было получено более 30 стереопар. Изменение поведения огня по результатам обработки семи стереопар (на разные моменты времени) показано на рис. 1.

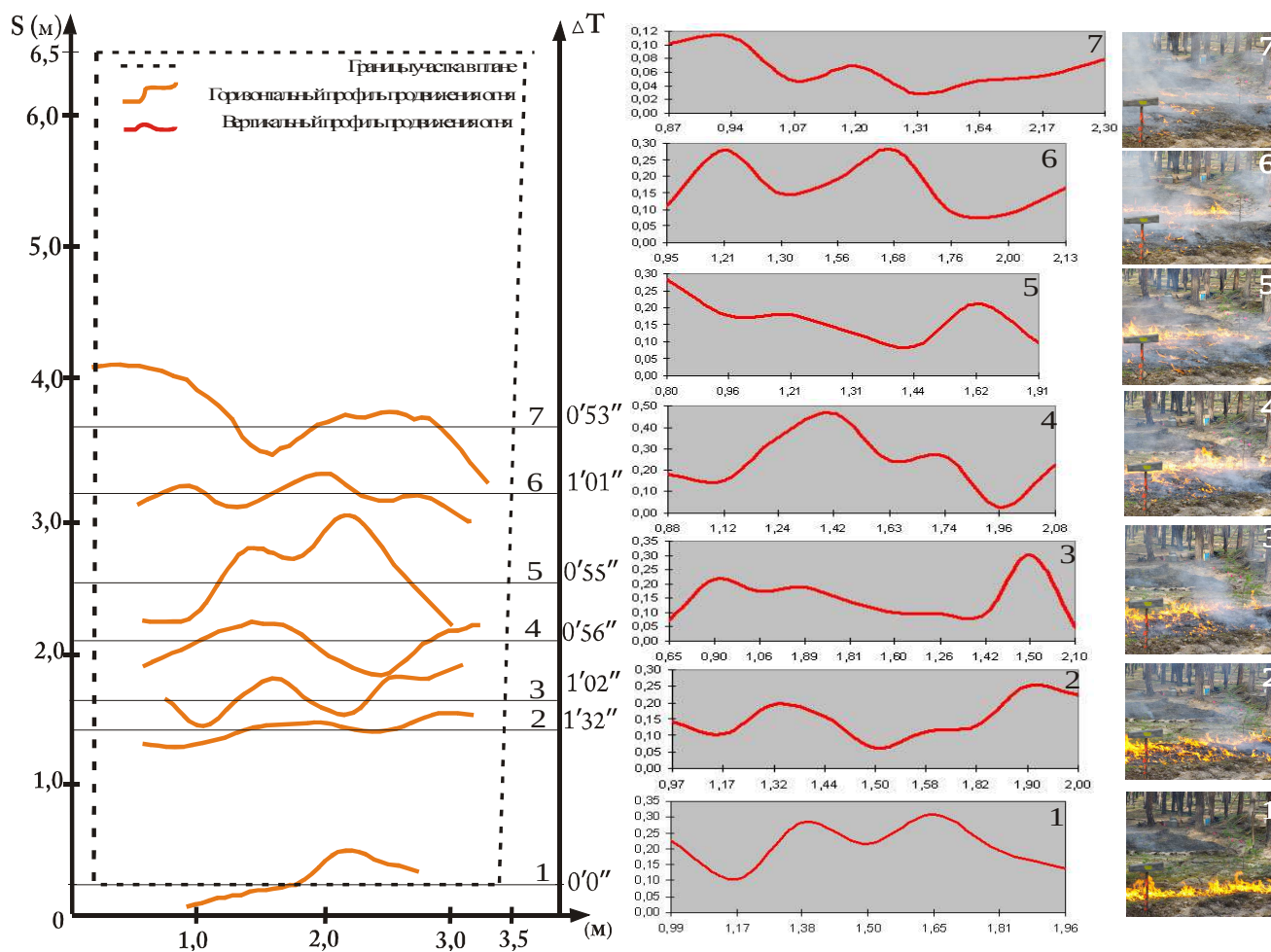


Рис. 1. Графики процесса горения на экспериментальном участке

Полученные результаты можно считать предварительными. Они показали пригодность наземной цифровой стереофотосъемки для определения некоторых особенностей распространения огня по участку при локальных экспериментах. Благодаря этому намечено продолжение исследований для оптимизации как методики проведения фотосъемки, так и обработки стереопар.

Работа выполнена при финансовой поддержке МНТЦ (Проект МНТЦ # 3695).

© Л.К. Трубина, К.П. Куценогий, Б.В. Селезнев, Д.В. Панов 2010

УДК 502.2

Л.К. Трубина, А.В. Задонских

СГГА, Новосибирск

НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ ФОРМИРОВАНИЯ УЧЕБНЫХ ЭЛЕКТРОННЫХ РЕСУРСОВ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ ГЕОЭКОЛОГОВ

При подготовке геоэкологов на первый план выходит междисциплинарная подготовка, поскольку выпускник должен быть компетентным в области естественных наук, наук о Земле, экологии и прикладной экологии, уметь ориентироваться в многообразии экологической информации, критически анализировать ее. Потоки информации требуют систематизации и переработки, а также представления в форме, позволяющей студентам адекватно воспринимать необходимый объем знаний. В значительной мере это можно реализовать за счет создания и внедрения электронных учебных ресурсов, особенно по специальным дисциплинам. Содержание последних должно наглядно отображать базовые природные процессы, протекающие при различных антропогенных воздействиях, и методы их оценки.

L.K. Trubina, A.V. Zadonskikh

SSGA, Novosibirsk

SOME ASPECTS OF DEVELOPING EDUCATIONAL ELECTRONIC RESOURCES FOR TEACHING GEOECOLOGY

The feature of the curriculum for the geoecology major is interdisciplinary training, as the graduates should be competent in natural sciences, earth sciences, ecology and applied ecology, be able to grasp a great amount of ecological information and analyze it. The flows of information are to be systematized, processed and presented in the appropriate form so that the students could perceive the relevant volume of knowledge. The objective may be achieved by the development and introduction of electronic educational resources, in particular in special subjects. The content of the latter is to vividly demonstrate the basic natural processes resulting from different anthropogenic impacts and the methods of estimating them.

Основные требования к содержанию образовательной программы определяются задачами, которые должен уметь решать выпускник в современных быстроменяющихся условиях. При подготовке геоэкологов на первый план выходит междисциплинарная подготовка, поскольку выпускник должен быть компетентным в области естественных наук, наук о Земле, экологии и прикладной экологии, уметь ориентироваться в многообразии экологической информации, критически анализировать ее. Важной

составляющей является выполнение экологического проектирования и экспертизы, оценки воздействий на окружающую среду, экологического мониторинга. Для этого необходимо основательно разбираться в федеральных законах и кодексах, нормативных и иных документах, которых на сегодняшний день существует великое множество. В ближайшей перспективе можно ожидать их увеличение. Огромные потоки информации требуют систематизации и переработки для представления их в форме, позволяющей студентам адекватно воспринимать необходимые знания, способствующей формированию комплексного и творческого подхода к решению наиболее острых и сложных экологических проблем. В полной мере это можно реализовать созданием и внедрением учебных электронных ресурсов по специальным дисциплинам, содержание которых должно отражать базовые природные процессы, протекающие при различных антропогенных воздействиях, и методы их оценки.

Электронные учебные издания обеспечивают комбинирование разных форм представления информации, структурирование больших объемов данных, организацию быстрого поиска и доступ к мировым информационным ресурсам.

Основные требования, предъявляемые к электронным учебным средствам:

- Достаточность, наглядность, полнота, современность и структурированность учебного материала;
- Многослойность представления учебного материала по уровню сложности;
- Своевременность и полнота контрольных вопросов и тестов;
- Интерактивность, возможность выбора режима работы с учебным материалом;
- Наличие в каждом предмете основной, инвариантной и вариативной частей, которые могут корректироваться.

Формирование контента учебных электронных изданий на базе специального инструментария и с соблюдением перечисленных требований как раз и позволяет организовать учебный процесс, повышающий мотивацию к познавательной деятельности.

На данном этапе в России создано и внедрено достаточно большое число программных и технических разработок, реализующих применение информационных технологий в образовании. Но, при создании электронных изданий методическим вопросам, на ваш взгляд, не всегда уделяется достаточное внимание, так как значительная часть учебных электронных пособий представляет аналоги существующих учебников. Электронный учебник не должен повторять книгу. Так же как просмотр фильма не заменяет чтения книги, по которой он был поставлен, так и наличие электронного учебника не должно заменять изучения обычного учебника, а напротив, побуждать взяться за книгу. Именно поэтому для создания электронного учебника недостаточно взять хороший учебник, снабдить его навигацией и богатым иллюстративным материалом и воплотить на экране компьютера.

Электронный учебник не должен превращаться ни в текст с картинками, ни в справочник. Функция электронного учебника в том, чтобы максимально облегчить понимание и запоминание (причем активное, а не пассивное) наиболее существенных понятий, вовлекая в процесс обучения все разнообразные возможности человеческого мозга, в частности, слуховую и эмоциональную память, а также зрительное восприятие. Следует учитывать, что в современном информационном мире передать через любой учебник все знания о предмете невозможно. Важно, чтобы был освоен базис знаний и умение самообучаться.

Электронных изданий такого рода, которые могут использоваться для обучения геоэкологов пока явно недостаточно, хотя по общеобразовательному циклу дисциплин есть некоторый выбор. Можно отметить электронный учебник "Экология", в основу которого положен учебник "Экология", авторов Передельского Л.В., Коробкина В.И., Приходченко О.Е.. Учебник составлен в соответствии с требованиями действующего Государственного образовательного стандарта и программы, рекомендованной Министерством образования и науки Российской Федерации. К особенностям продукта относятся включение следующих составляющих: презентации с анимацией и звуком, подробные тренировочные тесты, контрольные тесты, словарь терминов.

Что касается дисциплин по основам природопользования и прикладной экологии, включающих оценку воздействия на окружающую среду, экологический мониторинг, нормирование и снижение загрязнения окружающей среды, то таких изданий нет. Создание электронных обучающих средств по этим дисциплинам наиболее актуально, поскольку объемы циркулирующей информации о состоянии элементов окружающей среды и факторах, оказывающих воздействие на них, постоянно растут. Многообразие такой информации неизбежно, поскольку с каждым компонентом природной среды связана информация различного рода.

Поскольку объектами изучения являются компоненты природной среды, то особую роль приобретает образная наглядная форма представления изучаемого материала, тем более, что основным видом восприятия информации при работе с компьютерными средствами обучения является зрительное.

Формы представления информации в виде зрительных образов постоянно совершенствуются. Наиболее эффективной формой представления информации о природной среде являются геоизображения, к которым относятся цифровые модели местности, цифровые модели рельефа, электронные карты, аэро- и космические снимки. Для познания природы не заменимы 3D- геоизображения, поскольку объемный образ усиливает ощущения и представления об объекте, обогащает процесс мышления, помогает осмыслению связей и отношений между изучаемыми объектами. Вместе с тем математическая (геометрическая) суть геоизображения оставляет за ним возможности графического образа, как некоторой конфигурации, структуры, позволяющей определить метрические характеристики объектов. Географы, геологии, почвоведы и другие специалисты в области наук о Земле, подчеркивают, что форма, морфология

геосистемы непосредственно связаны с ее генезисом, а структура изображения в полной мере отражает качественные и количественные характеристики объекта. Таким образом, 3D-геоизображение включает в себе такую пространственную информацию, которую сложно или невозможно воспроизвести в вербальной или цифровой форме. Изучение, а также внедрение изображений в процесс мышления, и особенно, в формирование пространственных знаний и представлений у студентов, является предметом многих психологических и психофизических исследований в педагогике, геоинформатике и других науках.

При иллюстрации особенностей природных объектов реалистичность достигается при использовании:

- Объемных моделей биологических объектов по стереопарам фотоснимков, для наблюдения их на мониторе с помощью приспособлений для стереоскопического рассматривания [2];
- Интерактивных 3D-фотопанорам окружающей среды;
- Анимационных роликов по результатам круговой фотосъемки объекта.

Каждая форма представления информации имеет свои особенности. Специфические свойства стереомоделей позволяют при их рассматривании на мониторе в стереоскопическом режиме увидеть сфотографированные объекты достаточно близкими к их реальному виду. Следует отметить, что при формировании стереомоделей нет ограничений, связанных с пространственными размерами биообъекта. Например, можно стереоскопически наблюдать ландшафт, съемки которого выполнены с самолета, изучать в деталях устройство лапок насекомых или цветка по изображениям, полученным в режиме «макро», а также внутреннее строение листа или клетки по снимкам, получаемых с помощью микроскопа.

Просматривая интерактивную 3D-фотопанораму, можно получить больший объем визуальной информации, чем на обычной фотографии. Управляя клавишами или мышью, возможно оглядеться вокруг, приблизить или отдалить интересующий объект, развернуть картину под нужным углом. Такая интерактивность виртуальных 3D-фотопанорам позволяет реалистично отображать разные ландшафты, или геоморфологические особенности рельефа.

Объекты небольших размеров можно рассматривать со всех сторон, создавая анимационные ролики по результатам круговой фотосъемки объекта.

Перечисленные формы представления объектов природной среды используются при разработке электронных учебных пособий на кафедре экологии и природопользования.

Понятно, что представление методического материала по каждой дисциплине будет иметь свои особенности. В частности, для компьютерного сопровождения дисциплины «экологическое проектирование и экспертиза» обязательным элементом является наличие структурированной информационной базы с возможностью ее оперативного обновления по каждому направлению природоохранной деятельности, возможность быстрого поиска нормативных актов и методических материалов, предписывающих

осуществлять различные виды деятельности определенными способами или налагающие ограничения на конкретные виды деятельности.

Требуется большая методическая работа по созданию высококачественных учебных электронных изданий для реализации подготовки геоэкологов на современном уровне.

© Л.К. Трубина, А.В. Задонских, 2010

УДК 581.55

В.А. Степанова¹, Н.П. Миронычева-Токарева^{1,2}

¹Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, Новосибирск

²СГГА, Новосибирск

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ УГЛЕРОДА В ТОРФЯНОЙ ТОЛЩЕ ОЛИГОТРОФНОГО КОМПЛЕКСА СРЕДНЕЙ ТАЙГИ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Приведены новые данные по запасам углерода в живом и мертвом растительном веществе олиготрофных болот средней тайги. Показано, что в экосистемах олиготрофных болот с запада на восток запасы углерода в мертвом растительном веществе увеличиваются, а в живом - уменьшаются.

V.A. Stepanova¹, N.P. Mironycheva-Tokareva^{1,2}

¹Institute of Soil Science and Agrochemistry of RAS, Novosibirsk

²Siberian State Academy of Geodesy, Novosibirsk

CARBON RESERVE OF OLIGOTROPHIC BOGS THE MIDDLE TAIGA OF WESTERN SIBERIA

In the paper the new data about carbon stock in living and dead plant matter in ombrotrophic mires in the middle taiga are presented. It was shown, in ombrotrophic mire ecosystems the carbon stock increased in the dead plant matter and it decreased in the living plant matter from west to east.

Введение

Биосферные механизмы Земли представляют собой систему сопряженных биогеохимических циклов, ведущим из которых является цикл органического углерода. Главным резервуаром с длительным временем пребывания углерода в нем является углерод почвы, включающий углерод торфа. Накопление углерода в нем указывает на направление процесса в той или иной растительной зоне в масштабе многих сотен и тысяч лет. Вместе с тем именно этот резервуар подвержен быстрому разрушению в результате антропогенной деятельности и крайне медленному восстановлению.

Климатические условия подзоны средней тайги способствуют развитию болотной растительности и распространению болотных массивов, которые в современных ландшафтах занимают до 34 % общей площади. Сильная обводненность территории средней тайги со множеством первичных и вторичных озер приводит к образованию олиготрофных массивов, которые сливаются в обширные болотные системы. В средней тайге развитие олиготрофных выпуклых болот в голоцене предопределялось равнинным рельефом поверхности и благоприятными климатическими условиями (Лисс и др., 2001). Современное состояние болот: их протяженность, мощность торфяной

залежи, является следствием их исторического развития. Торф, который накапливается в результате отмирания и неполного разложения болотной растительности, содержит до 98 % органического углерода. Связанный углерод надолго выводится из круговорота.

В связи с тем, что болота в ходе длительного саморазвития активно распространяются в таежных ландшафтах Западной Сибири, исследование вещественного состава торфов становится все более актуальным для этой территории.

Целью данной работы являлось выявление особенностей накопления и распределения углерода в торфяниках олиготрофного комплекса средней тайги Западной Сибири.

Объекты и методы исследований

Район исследований охватывает подзону средней тайги. Исследования проводились на ключевом участке «Мухрино».

Характеристика климатических условий района исследований приведена в табл. 1. С запада на восток при одинаковой среднегодовой температуре количество осадков увеличивается как в целом за год, так, что особенно важно, и в летние месяцы. Отмечены более низкие температуры в зимний период на востоке.

Таблица 1 Климатические характеристики района исследований

Местоположение метеостанции	Осадки, мм			Средняя температура, Т°С		
	Год	X-III	IV-IX	годовая	января	июля
Ханты-Мансийск (61° с.ш.; 69° в.д.)	494	180	314	-2.9	-21	17.8

На ключевом участке “Мухрино” выбран выпуклый олиготрофный комплекс и заложены следующие пробные площадки: гряда в грядово-мочажинном комплексе (ГМК), олиготрофной топи и ряме.

Характеристика пробных площадей представлена в таблице (табл. 2). Описание растительных сообществ проводилось по общепринятым методикам. На выделенных площадках послойно отбирались пробы торфа по 10 см до подстилающего горизонта включительно. Содержание углерода определялось на элементарном анализаторе C и S.

Запасы углерода в живом и мертвом растительном веществе определяли расчетным методом. Он состоит из приходной части, поступающей с чистой первичной продукцией (NPP) и расходной, состоящей из разложения растительного вещества. Предварительно определяли содержание органического вещества и углерода в процентах расчетным способом [2]:

$$B = 100\% - A,$$

$$C = B/2, \quad (2)$$

где B – содержание органического вещества, % от навески;

A – зольность, %;

C – содержание углерода, % от навески.

Производили пересчет содержания углерода в граммах на м² по формуле:

$$C1 = C * D/100 \%, \quad (3)$$

где C1 – запас углерода, гС/м²;

D – запасы растительного вещества, г/м².

Таблица 2 Геоботаническая характеристика экосистем

Координаты	Пробные площадки	Растительное сообщество	Доминанты
Ключевой участок «Мухрино»			
Выпуклое олиготрофное болото «Мухрино» 60° 54' С.Ш.; 68° 40' В.Д.	Рям	Сосново-кустарничково-сфагновое	<i>Pinus sylvestris</i> , <i>Chamaedaphne calyculata</i> , <i>Ledum palustre</i> , <i>Sphagnum fuscum</i> , <i>S. angustifolium</i> , <i>S. magellanicum</i> ,
	Гряда	Сосново-кустарничково-сфагновое	<i>Pinus sylvestris</i> , <i>Pinus sibirica</i> , <i>Ledum palustre</i> , <i>Andromeda polifolia</i> , <i>Sphagnum fuscum</i> ,.
	Олиготрофная топь	Осоково-шейхцериево-сфагновое	<i>Andromeda polifolia</i> , <i>Scheuchzeria palustris</i> , <i>Carex limosa</i> , <i>Sphagnum balticum</i> .

Результаты и обсуждение

На основе данных по запасам растительного вещества в болотном комплексе в исследуемых экосистемах и содержания элементов во фракциях растительного вещества были рассчитаны запасы элементов в экосистемах в слое 0–30 см. На долю углерода приходится примерно 49 % от общего запаса растительного вещества. Запасы углерода в разных экосистемах составили от 4164 до 5221 гС/м², причем наибольший запас углерода наблюдался в ряме, а наименьший в осоково-сфагновой топи (табл. 3). Это обусловлено в большей степени разницей в количестве очеса сфагновых мхов в сообществах. В топи сфагновый покров, а, следовательно, и слой сфагнового очеса, имеет гораздо более рыхлое строение, чем в других экосистемах.

Таблица 3 Запасы углерода в болотных экосистемах средней тайги, г/м²

Фракции	Рям	Гряда	Топь
Фотосинт. фитомасса кустарничков	49.16	42.48	4.82
Фотосинт. фитомасса трав	5.28	12.75	27.25
Фотосинт. фитомасса мхов	220.38	172.76	255.40
Общая фотосинт. фитомасса	274.82	227.99	287.47
Ветви кустарничков	428.76	394.22	28.56
Корни кустарничков	165.31	171.54	38.15
Корни трав	65.72	111.98	553.18
Общая нефотосинт. фитомасса	659.78	677.74	619.88
Вся фитомасса	934.60	905.73	907.35
Ветошь	-	3.76	81.98
Подстилка	25.09	17.25	3.12
Сухостой	21.07	3.41	5.81
Очес мхов	4240.27	4245.32	3165.67
Общая мортмасса	4286.43	4269.74	3256.59
Все растительное вещество	5221.03	5175.47	4163.94

На долю углерода фитомассы приходится от 16 до 22 % от общего запаса углерода в растительном веществе. В ряду экосистем – рям, гряда, мочажина, топь запас углерода кустарничков снижается от 643 до 72 гС/м², а в органах травянистых растений возрастает от 71 до 580 гС/м². Во фракции живых частей мхов максимум запаса углерода наблюдался в сообществе мочажины – 292 гС/м².

Общее количество углерода в живом растительном веществе составляет 910 гС/м², а в мертвом растительном веществе рья 5221 гС/м².

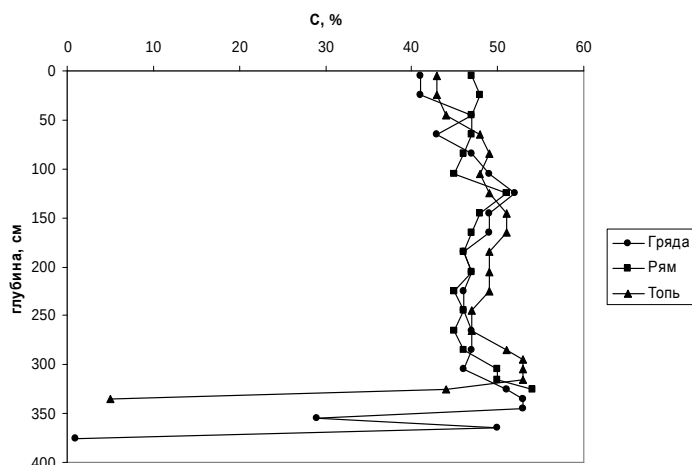


Рис. 1. Распределение общего углерода в олиготрофном комплексе средней тайги Западной Сибири

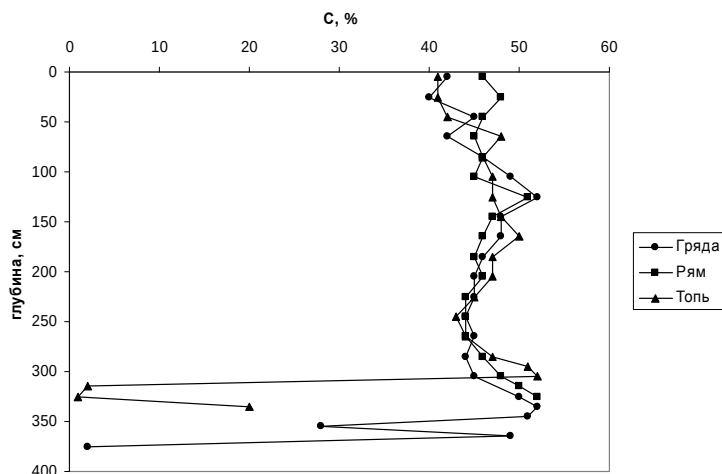


Рис. 2. Распределение органического углерода в олиготрофном комплексе средней тайги Западной Сибири

Мощность торфяной залежи колеблется в пределах 3,0–3,5 м во всех экосистемах комплекса. Содержание общего и органического углерода в залежи распределено практически равномерно, кривые повторяют свои колебания в пределах 10 %. Отклонения по профилю составляют 7–10 %. Резкое уменьшение его содержания регистрируется при контакте с минеральной частью болотной почв (рис. 1, 2). Колебания органического углерода

регистрируются на глубине 3,7 м. Его содержание в нижней части торфяной залежи профиля топяной экосистемы увеличивается до 55 %, снижаясь к поверхности до 42 %. Наиболее равномерно по профилю органический углерод распределен в экосистеме рья. На глубине 2,0–2,5 м. процентное содержание органического углерода во всех трех экосистемах близко и составляет 40 % от объемной массы торфа, что может говорить о увеличении

зольности, за счет прошедших пожаров или заноса минеральных частиц с речными водами.

Выводы

Общее количество органического углерода в живом растительном веществе составляет 910 гС/м², а в мертвом растительном веществе рья 5221 гС/м².

Мощность торфяной залежи колеблется в пределах 3,0–3,5 м во всех экосистемах комплекса. Содержание общего и органического углерода в залежи распределено практически равномерно, кривые повторяют свои колебания в пределах 10 %. Отклонения по профилю составляют 7–10 %. Резкое уменьшение его содержания регистрируется при контакте с минеральной частью болотной почв.

Работа выполнена в рамках и при финансовой поддержке гранта РФФИ 08-05-92501-НЦНИЛ_a

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Лисс О.Л., Абрамова Л.И., Аветов Н.А., Березина Н.А. и др. Болотные системы Западной Сибири и их природоохранное значение. – Тула: Гриф и К°, 2001. – 584 с.
2. Аринушкина Е.В., Руководство по химическому анализу почв. – М.: изд-во Моск. Унив-та, 1961. – 488 с.

© В.А. Степанова, Н.П. Миронычева-Токарева, 2010

УДК 541.182.3:551.510.552

Ю.Н. Самсонов¹, О.А. Беленко², В.А. Иванов³

¹ Институт химической кинетики и горения СО РАН, Новосибирск

² Сибирская государственная геодезическая академия, Новосибирск

³ Сибирский государственный технологический университет/Институт леса СО РАН, Красноярск

ДЫМОВАЯ АЭРОЗОЛЬНАЯ ЭМИССИЯ ПРИ ЛЕСНЫХ ПОЖАРАХ В ЦЕНТРАЛЬНОЙ СИБИРИ

В статье представлены количественные данные по дисперсным распределениям дымовой аэрозольной эмиссии, полученные при проведении 18 натурно-модельных пожарных опытов непосредственно на таежной территории Красноярского края в 2007–09 гг.

Yu.N. Samsonov¹, O.A. Belenko², V.A. Ivanov³

¹ Institute of Chemical Kinetics and Combustion, SB RAS, Novosibirsk, Russia

² Siberian State Academy of Geodesy (SSGA), Novosibirsk, Russia

Siberian State Technological University/Institute of Forest, SB RAS, Krasnoyarsk

SMOKE PARTICULATE EMISSION FROM FOREST FIRES IN CENTRAL SIBERIA

The paper presents quantitative data on the dispersal distributions of smoke particulate emissions from 18 modeling fires conducted at a taiga territory of the Krasnoyarsk region in 2007-09.

Введение

Спутниковые наблюдения показывают, что пожары ежегодно происходят на площади 10–14 млн. га в лесных 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 (собственные и литературные данные), 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 (иногда именуется сажей или black carbon, что не всегда идентично). Такие частицы, 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 потенциальное климатическое действие аэрозольной эмиссии (охлаждение)

является компенсирующим к действию газовых продуктов горения (диоксида углерода, метан, другие парниковые соединения), гипотетически приводящих к глобальному потеплению. Поэтому сведения о количестве, химическом и дисперсном составе дымовой эмиссии от крупномасштабных лесных пожаров являются необходимыми для создания и верификации компьютерных моделей глобального или регионального погодного-климатического тренда. Они важны в исследованиях оптических и химических свойств атмосферы, а также для оценок респираторного качества приземного воздуха.

В статье представлены результаты по дисперсным и морфологическим свойствам дымовой эмиссии, полученные в 2007–09 гг. в рамках исследований пожаров в лесах Красноярского края, проводимых совместно российскими специалистами (Институт леса СО РАН, Институт химической кинетики и горения СО РАН, Сибирская государственная геодезическая академия) и коллабораторами из Лесных служб США и Канады. Исследования дымовой эмиссии от лесных пожарах проводятся около 10 лет, результаты представлены в нескольких публикациях. Однако по-прежнему необходимы сведения о химическом и дисперсном составех дымовой эмиссии при лесных пожарах. Дисперсные и морфологические характеристики дымовых частиц могут дать информацию о феноменологическом и физико-химическом механизмах аэрозолеобразования при разных режимах горения биомассы.

Проведение натурно-модельных лесных пожаров и отбор аэрозольных дымовых проб для анализа химического состава

Исследования 2007–09 гг. проводились в виде натурно-модельных пожаров на таежной территории в среднем течении р. Ангара. Для каждого опыта (всего 18) на лесной территории формировалась площадка 6×12 м (100×100 м в трех опытах 2007 г.). Над площадками, на высоте 0.5–1.5 м, устраивалось покрытие из полиэтиленовой пленки, которое сохраняло их сухими в дождливую погоду (лето 2008 г.). Вокруг площадок формировались защитные полосы в виде почвенных полос, препятствующих выходу огня за пределы площадок (в виде лесных просек вокруг участков 100×100 м в опытах 2007 г.). 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 (10–30 т/га). Зажигание проводилось в виде «огневой ленты» по наветренному краю площадки. Скорость продвижения огневого фронта зависела от условий опыта (запас горючего материала на площадке и его сухость, сила приземного ветра) и варьировалась от 0.5 м/мин (2007 г.) до 3 м/мин. При пред-пожарных учетах, а также во время и после проведения опыта велись документальные записи, позволяющие сохранить сведения об условиях и характере каждого пожара. Это является преимуществом натурно-модельных пожарных опытов, позволяющих проводить комплексные исследования лесных пожаров в контролируемых и документируемых условиях. Проведение учетов и контролируемых измерений при стихийных лесных пожарах практически

невозможно. Во время горения и некоторое время после того, как огневой фронт дошел до края площадки, производился отбор дымовых аэрозолей прокачкой дыма через аэрозольные фильтры двух типов: фильтры АФАХА из тонко-волоконного полимерного материала и стекловолоконные фильтры Gelman. Объемные скорости и длительности прокачки составляли 120–130 л/мин и 3–6 мин для фильтров АФАХА, 30 л/мин и 5–10 мин – для фильтров Gelman. Это позволяло в течение каждого опыта (2–3 часа для участков 100 × 100 м, 30 мин для площадки 12 м) собирать 4–8 проб на стекловолоконные и 6–12 проб на полимерные фильтры. Фильтры заранее просушивались в течении 5–7 дней над слоем свежeproкаленного цеолита до полной сухости, взвешивались и хранились в пластиковых пакетах. После опытов фильтры доставлялись в лабораторию, где вновь проводилось «просушивание и взвешивание». Таким способом определялась масса аэрозольного вещества, собранного на фильтре, по этим данным рассчитывались массовые концентрации дыма в местах отбора проб. Во время опытов фильтродержатели удерживались над горячей/дымящей поверхностью на высоте 0.5–1 м, потоки дыма имели здесь почти вертикальное восходящее движение. В такой позиции на фильтры попадали только что образовавшиеся «горячие» аэрозоли, еще не подвергнутые вторичным физико-химическим трансформациям (насыщению атмосферной влагой) и химическим реакциям в свободной атмосфере (с окислами азота и серы). В этом также заключается особенность модельных пожарных опытов, в которых имеется возможность отбора дымовых аэрозолей с их исходным химическим составом.

Отбор дымовых проб для определения дисперсных и морфологических свойств дымовой эмиссии

С целью определения дисперсных характеристик эмиссии производилось осаждение дымовых частиц на рабочие ступени инерционных импакторов двух типов: в диапазоне от ≈ 50 до ≈ 0.1 мкм – на пятиступенчатый каскадный импактор (сконструирован и изготовлен в ИХКГ СО РАН, принцип импакции основан на поворотах воздушно-дымового потока на 90° на каждом каскаде и его ускорении для последующего каскада); в диапазоне от ≈ 5 –10 до ≈ 100 мкм – на т.н. ротационный импактор открытого типа. Технические характеристики каскадного импактора следующие: на первой ступени осаждаются частицы с аэродинамическими диаметрами свыше 33 мкм, на второй – в диапазоне 33–19 мкм, на третьей – 19–7.5 мкм, на четвертой – 7.5–3 мкм. Первые четыре ступени представляют собой стеклянные пластины, лицевые стороны которых были покрыты тонким липким слоем Апиезона. Пластины просушивались и взвешивались, после опытов вновь проводилось просушивание и взвешивание, позволяющее определить количество осевшего на них дымового вещества той или иной дисперсной фракции. Пластины с частицами фотографировались на цифровом микроскопе Axioscope 2 plus. Для определения дисперсных свойств сфотографированных частиц применялись компьютерные программные средства MapInfo. Пятая ступень представляет собой два последовательно закрепленных фильтра АФАХА, на которых осаждаются частицы с размерами менее 3 мкм. Количество осажденного вещества на фильтрах определялось

взвешиванием, элементный химический состав – методом рентгено-флуоресцентного анализа с синхротронным излучением (РФА СИ).

Ротационный импактор представляет из себя металлический стержень с длинами плеч 20 см. Центр стержня закреплен на оси электромотора, вращающейся с частотой около 3 000 об/мин. На разных расстояниях от оси, от 5 до 20 см, на стержне закреплены узкие (3–4 мм), но длинные (25–30 мм) стеклянные пластины, покрытые слоем Апиезона. Вращающиеся пластинки вводились в дым на 15–30 сек, здесь происходила импакция дымовых частиц на пластины. Во время пожарных опытов также применялся оптический счетчик аэрозольных частиц ПКЗВ 906 для измерения дисперсных характеристик тонких фракций дымовой эмиссии в диапазоне ≈ 0.3 –10 мкм. Чтобы отсасывать частицы непосредственно из высокотемпературной зоны горения с помощью металлической трубки, поток горячего дыма из трубки смешивался с избытком холодного воздуха, охлажденная таким образом смесь поступала в счетчик.

Распределение дымовой аэрозольной эмиссии по дисперсным фракциям

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 формально могли бы жить там месяцами (в реальной атмосфере частицы живут 10–15 дней, поскольку они «вымываются» дождевыми осадками), однако частицы размером 30–50 мкм осели бы на землю в течение нескольких часов (дым при наземном пожаре поднимается на высоту 0.3–1 км, при крупномасштабных интенсивных пожарах дым поднимается на 3–5 км). 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 31 импакторного измерения фракционного состава эмиссии в 16 натурно-модельных пожарах, проведенных как на небольших площадках 6 × 12 м, так и на крупных участках 100 × 100 м (2007 г.). Средние доли дисперсных фракций и их стандартные отклонения таковы: 1-я ступень (частицы крупнее 33 мкм по аэродинамическому диаметру) – 0.5 ± 0.6 %; 2-я ступень (интервал 33–19 мкм) – 1.2 ± 1.0 %; 3-я ступень (19–7.5 мкм) – 2.5 ± 2.1 %; 4-я ступень (7.5–3 мкм) – 7.1 ± 5.9 %; 5-я ступень (менее 3 мкм) – 88.7 ± 7.7 %. Как видим, основная масса дымовой аэрозольной эмиссии, свыше 90 %, заключена в весьма тонких частицах менее 7.5 мкм (в реальности менее 3–5 мкм, см. далее). Суммарная доля грубодисперсных частиц, крупнее 7.5 мкм, относительно мала, около 5 %. Необходимо сделать уточнение, касающееся метода инерционной импакции грубых аэрозолей. Известно, что крупные частицы (диаметром 20–50 мкм и больше), переносимые в дымовом потоке, очень трудно «повернуть и втянуть» в импактор и затем довести до 1-й ступени без потерь на входном отверстии и стенках подводящих каналов. Во-вторых, речь идет об объектах,

возникших вследствие выгорания органического материала из первичной растительной крупинки. После (почти) полного выгорания органики образуется пепловая частица, состоящая из остаточного углеродного материала (обугленная целлюлоза) и остаточного минерального вещества (K_2CO_3 и $CaCO_3$). Пепловая частица обычно имеет тонкую пластинчатую форму, она механически непрочная. При попадании в быстрый и резко изменяющийся по направлению воздушный поток в каналах импактора (или же при столкновении с пластиной импактора) она может разрушиться, давая осколки, способные долететь до последующих ступеней. Оба случая имеют место в наших опытах, так что истинное распределение должно быть несколько иным: – чуть больше вещества на 1-й и 2-й ступенях (вероятно 5–10 % суммарно), но поменьше на 4-й и 5-й ступенях (это показано на рис. 1 в виде условной кривой поверх самой гистограммы). Однако из данных следует, что массовая доля малых частиц, 3–5 мкм и меньше, всегда является преобладающей. Измерения оптическим счетчиком тонких фракций дымовой эмиссии, соответствующих 4-й и 5-й ступеням импактора, показали (рис. 2 с дифференциальными функциями распределения счетных концентраций), что средне-счетные размеры частиц при разных условиях горения биомассы варьировались в диапазоне 0.3–0.7 мкм (медианно-массовые размеры d_m около 1–2 мкм). 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. Весьма близкие логнормальные распределения тонких фракций дымовых аэрозолей были найдены при горении лесов в Северной Америке. Морфологические структуры грубодисперсных дымовых частиц, 20–50 мкм и более, соответствуют как минерально-почвенным веществам (кварцевые песчинки), так и не полностью сгоревшим растительным крупинкам (пепел). Тонкие дымовые частицы обычно содержат в себе вещества, характерные для лесной биомассы (желто-коричневые хвойные смолы и лигнины), а также довольно много (черного) элементного углерода.

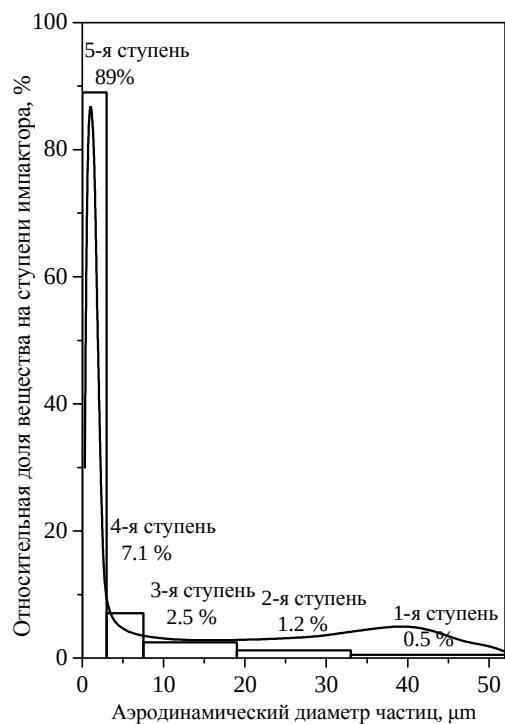


Рис. 1. Гистограмма массового распределения дымовой эмиссии по дисперсным фракциям

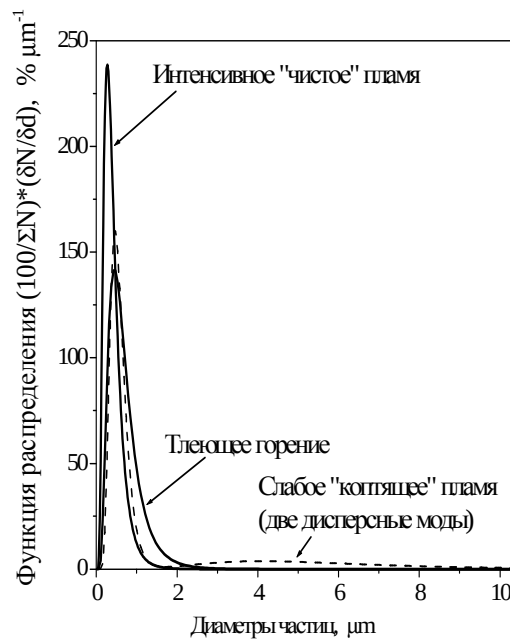


Рис.2. Дифференциальные функции распределения относительных счетных концентраций тонкодисперсных дымовых частиц

Работа была поддержана Международным научно-техническим центром (ISTC Project 3695) и грантом РФФИ 08-05-00083

© Ю.Н. Самсонов, О.А. Беленко, В.А. Иванов, 2010

УДК 551.58; 502(571.14)

Л.В. Воронина, Е.Б. Руденских

СГГА, Новосибирск

ЭКСТРЕМАЛЬНО ХОЛОДНЫЕ ЗИМЫ КАК ПОКАЗАТЕЛЬ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО РИСКА

В статье проводится анализ температурного режима холодных зим. Выполнена статистическая обработка материала за двадцатилетний период, выбраны значения минимальных температур, разбитых по определенным градациям, дана оценка особо холодных зим, подчёркивается их отрицательное экологическое воздействие на природу и человека.

L.V. Voronina, Ye.B. Rudenskikh

SSGA, Novosibirsk

EXTREMELY COLD WINTERS AS AN INDEX OF ENVIRONMENTAL RISK

The paper presents analysis of cold winter seasons temperature conditions. The twenty-years period data have been statistically processed, the values of the minimal temperatures chosen and graded. The extremely cold winters are characterized, their unfavourable ecological effect on the nature and people is emphasized.

Потепление климата, отмеченное на протяжении последнего полувекового периода, несёт на себе ряд особенностей, среди которых главными являются те, что потепление характерно в основном для северного полушария и что оно обусловлено температурным режимом именно зимних периодов. Однако, на фоне общего повышения температур, в пределах холодного периода года возможны их понижения, а в отдельные годы очень значительные. Учитывая тот момент, что колебания температур носят глобальный характер и в конечном итоге выливаются в острую социально-экономическую и даже политическую проблему, появляется необходимость более пристального изучения погодного режима за периоды не только тёплых, но и холодных зим.

В данном случае мы ставим перед собой задачу провести анализ температурного режима холодных зимних периодов. В этих целях приводим средние многолетние значения температуры воздуха в наиболее холодные зимние месяцы – декабрь, январь, февраль в отдельности по метеостанциям Левобережья и Правобережья Новосибирской области (табл. 1).

Как видно из таблицы, многолетние значения зимних температур в наиболее холодном месяце – январе в Новосибирской области достаточно низкие, колеблются в пределах от -16.4 (-17.0 °C) в Левобережье до -16.3- (-17.6) – в Правобережье. В зимние месяцы, а в январе особенно, НСО как правило находится в области глубокого антициклона, по территории нашей

области проходит отрог Азиатского максимума – ось Воейкова. Это способствует общему выхолаживанию всей поверхности, и особых широтных различий не наблюдается. Холодно везде и в течение всего зимнего периода. Провинциальность, однако, проявляется в несколько более низких температурах в Правобережье области, т. е. при движении к востоку. Также отмечаются более низкие температуры в районах повышенного рельефа (предгорья Салаирского кряжа – данные метеостанции Маслянино).

Таблица 1 Средняя многолетняя температура воздуха, °С

Месяц	Декада	Левобережье					Правобережье				
		Барабинск	Татарск	Чистоозерное	Купино	Баган	Болотное	Тогуцин	Огурцово	Посевная	Маслянино
XII	1	-14.9	-14.0	-14.1	-14.4	-14.3	-15.3	-15.8	-14.6	-14.4	-15.7
	2	-17.8	-17.0	-16.8	-17.3	-17.5	-17.4	-17.8	-17.1	-16.7	-18.2
	3	-18.3	-18.1	-18.2	-18.4	-18.6	-17.9	-18.1	-17.9	-17.7	-18.9
	Ср. мес.	-17.0	-16.4	-16.4	-16.7	-16.8	-16.9	-17.2	-16.5	-16.3	-17.6
I	1	-19.2	-18.9	-18.5	-18.6	-18.7	-18.0	-18.0	-18.3	-17.6	-18.6
	2	-19.7	-19.6	-19.8	-19.8	-19.7	-18.0	-18.8	-18.6	-18.0	-19.9
	3	-20.7	-20.3	-20.8	-20.5	-20.9	-19.6	-20.3	-19.6	-18.9	-21.1
	Ср. мес.	-19.9	-19.6	-19.7	-19.6	-19.8	-18.5	-19.0	-18.8	-18.2	-19.9
II	1	-20.2	-19.6	-19.7	-20.4	-20.3	-18.9	-19.5	-19.1	-18.4	-20.0
	2	-17.7	-17.5	-17.9	-18.0	-18.4	-16.3	-16.9	-17.0	-16.6	-18.1
	3	-16.9	-16.8	-16.8	-17.4	-17.3	-15.1	-15.8	-15.8	-15.3	-16.4
	Ср. мес.	-18.3	-18.0	-18.1	-18.6	-18.7	-16.8	-17.4	-17.3	-16.8	-18.2

Для более детального рассмотрения низких температур в зимний период нами была поставлена задача проанализировать их изменчивость за длинный ряд лет. За 20-летний период были выбраны показатели среднемесячных температур воздуха по 14 метеостанциям, расположенным в разных зонах Новосибирской области: подтаёжной, лесостепной и степной. Для большей наглядности полученного материала значения температуры воздуха в НСО были разбиты по градациям: от -25 до -30, от -30 до -35, от -35 до -40 °С, т. е. отобраны наиболее низкие температуры, значения которых были намного ниже среднемноголетних. Для примера из 20-летнего периода приводим выбранные пределы низких температур только за некоторые годы (табл. 2).

Анализ таблицы приводит к выводу о высокой повторяемости низких температур. Так, температуры от -25° до -30 °С были отмечены в каждый год 20-летнего периода. В таблице выборочно приведены годы, когда число случаев с низкими температурами воздуха было наибольшим. Действительно, в зиму 1998 г. температуры от -25°С до -30 °С держались по 18 дней в подтайге, 17 – в лесостепи и 13 дней в степной зоне. Причём в этом же году отмечены случаи ещё более низких температур: от -30° до -35°С, которые удержались по 6,5 и 5 дней в тех же зонах соответственно, и даже самых низких от -35° до -40 °С.

Отмечено, что в 1968–1969 гг. наблюдалась аномально холодная зима, когда абсолютный минимум температуры по НСО достигал -45°С, -51°С, а

январь был холоднее обычного на 10–12 °С. Такие морозы были обусловлены вторжениями арктического воздуха. Антициклоны с Баренцева моря, из районов Таймыра и низовьев Енисея распространяли своё влияние вплоть до юга Западной Сибири.

Таблица 2 Повторяемость температур воздуха в различных градациях

Зона	Метеостанция	Год	Температуры воздуха в °С в градациях		
			от -25° до -30°	от -30° до -35°	от -35° до -40°
Подтайга	Кыштовка	1986	10	7	2
		1987	13	4	3
		1988	9	2	0
		1990	9	8	1
		1991	9	4	1
		1993	13	2	0
		1994	15	9	0
		1998	18	6	1
		2002	11	6	1
		2004	14	3	0
Лесостепь	Татарск	1986	11	3	0
		1987	8	4	1
		1988	8	2	0
		1990	6	4	0
		1991	8	3	0
		1993	4	2	0
		1994	16	3	0
		1998	17	5	1
		2002	8	2	0
		2004	8	0	0
Степь	Карасук	1986	4	0	0
		1987	7	5	1
		1988	11	2	0
		1990	4	1	0
		1991	6	2	0
		1993	7	0	0
		1994	10	2	0
		1998	13	5	0
		2002	5	1	0
		2004	9	0	0

Предельно холодной была зима 2005–2006 гг. На фоне экстремально холодного января особенно низкими были температуры его третьей декады (табл. 3).

Сравнение данных в табл. 1 и 3, т. е. конкретной зимы 2005–2006 гг. с многолетними значениями, подчёркивает, что декабрь во всех подзонах Левобережья был теплее многолетней величины, начало февраля также теплее, но не одинаково во всех подзонах. Резко контрастировал по температуре январь, среднедекадная температура января во всех зонах была ниже нормы. Безусловно, различия наблюдались между Левобережьем и Правобережьем. Например, в Маслянино, Посевной температура во вторую декаду января

приближалась к среднемноголетней. Но минимальная температура везде была ниже нормы, а абсолютный минимум температур был перекрыт в четырех районах области (табл. 4).

Таблица 3 Средняя декадная и средняя месячная температура воздуха за зиму 2005–2006 гг., °С

Месяц	Декада	Левобережье					Правобережье				
		Барабинск	Татарск	Чистозерное	Купино	Баган	Болотное	Тогучин	Огурцово	Посевная	Маслянино
XII 2005	1	-17.2	-16.0	-16.2	-16.5	-17.1	-18.5	-18.9	-17.5	-16.0	-19.0
	2	-15.1	-14.5	-14.3	-14.3	-15.2	-18.5	-20.1	-18.1	-15.7	-20.8
	3	-16.2	-15.4	-15.6	-15.6	-16.1	-14.9	-17.6	-15.2	-13.0	-17.1
	Ср. мес.	-16.2	-15.3	-15.4	-15.5	-16.1	-17.2	-18.8	-16.9	-14.8	-18.9
I 2006	1	-24.6	-23.9	-24.2	-24.5	-24.8	-21.8	-22.2	-22.8	-22.7	-23.6
	2	-27.5	-26.9	-25.3	-23.1	-22.3	-28.7	-25.9	-23.6	-20.6	-21.2
	3	-34.5	-34.0	-34.6	-34.4	-34.8	-34.2	-34.0	-33.3	-32.4	-34.8
	Ср. мес.	-29.0	-28.5	-28.4	-27.6	-27.5	-28.2	-27.6	-26.8	-25.5	-26.8
II 2006	1	-16.0	-15.9	-15.8	-15.4	-15.5	-17.6	-17.1	-15.5	-14.0	-14.9
	2	-17.3	-17.0	-18.2	-18.3	-18.6	-14.6	-14.4	-16.7	-15.9	-16.8
	3	-16.9	-16.0	-17.7	-18.2	-18.8	-16.1	-16.9	-16.5	-15.5	-17.2
	Ср. мес.	-16.7	-16.3	-17.2	-17.2	-17.5	-16.1	-16.1	-16.2	-15.1	-16.2

Таблица 4 Абсолютный минимум температуры воздуха в °С в январе 2006 г.

Метеостанция	Прежний абсолютный минимум	Новый абсолютный минимум	Дата	Разность температур
Карасук	-45.6°С в 1969	-46.5	25 января	0.9
Квашино	-44.9°С в 1969	-45.0	25 января	0.1
Усть-Тарка	-49.1°С в 2001	-49.9	24 января	0.8
Чаны	-47.1°С в 2001	-48.1	24 января	1.0

Таким образом, погода 2005–2006 гг. считалась и более холодной. Волны холода были обусловлены системой меридиональной циркуляции, когда глубокий высотный циклон распространился до пятиметрового слоя тропосферы над Сибирью и сохранился в течение месяца.

Экстремально холодной была погода и в январе 2010 года. Своеобразие холодной погоды в этот год заключалось в том, что резких понижений температуры до абсолютного минимума как в зиму 2005–2006 года, в январе 2010 не наблюдалось. Но в то же время весь месяц температура воздуха держалась в пределах от -28 до -32 -34 °С, и в итоге январь 2010 года по сообщению Новосибирского Гидрометцентра был градуирован как самый холодный в сравнении с январями других лет на протяжении последнего 70-летнего периода

Наблюдениями гидрометсети отмечены холодные зимы в годы: 1919/1920, 1929/1930. 1940/1941, 1966/1967, 1968/1969, 1999/2000, 2005/2006 и, наконец, 2009/2010 гг. Внимательный анализ повторяемости холодных зим приводит к

выводу, что по большей части периоды низких температур падают на конец каждого десятилетия.

Экологические последствия холодных зим очень велики и как правило предельно пагубны. Например, морозный период января 2006 года был настолько сильным и неожиданным, что ежедневные донесения об ущербе и жертвах напоминали фронтовые сводки: перерасход топлива в котельных, обрыв линий электропередач, сбои в работе железнодорожного транспорта, прекращение движения автобусов, обморожения людей, переохлаждения животных, аварии на дорогах, замерзания с летальным исходом.

Климат чаще других компонентов природы создаёт условия лимитирующего фактора. Одним из таковых являются холодные зимы, которые определяют экстремальные условия обитания людей. Изучение повторяемости холодных зим за длинный ряд лет и выявление системы в этом процессе помогут с большей долей вероятности производить предсказания, а это, безусловно, окажет положительное воздействие для проведения своевременной защиты от грозного явления природы – студеных зим.

© Л.В. Воронина, Е.Б. Руденских, 2010

УДК 502

Н.Ю. Пичугина, Л.В. Воронина

СГГА, Новосибирск

ОЦЕНКА БИОКЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ НОВОСИБИРСКОЙ ОБЛАСТИ

Для определения «жесткости» погоды в Новосибирской области использован индекс Сайпла, который учитывает влияние отрицательных температур и скорости ветра на человека. Индекс вычислен для территории Новосибирской области за несколько лет. Используются критерии тепловых нагрузок на человека и результаты расчётов. В соответствии с этим дана оценка теплоощущения человека в разные годы и месяцы зимнего и летнего периодов. Сделан вывод о дискомфортных биоклиматических условиях в зимний период и вполне благоприятных - в летний.

N.Yu. Pichugina, L.V. Voronina

SSGA, Novosibirsk

NOVOSIBIRSK REGION BIOCLIMATIC CONDITIONS ESTIMATION

To determine the weather severity in Novosibirsk region Siple index is used, which takes into account the negative- temperature and wind speed effect on people. Several years index was calculated for the territory of Novosibirsk region. The criteria of temperature loads on a man and calculations data were used. In accordance with the above said the estimations of a man heat sensation in summer and winter months are presented for different years. The conclusion was made of bioclimatic conditions being uncomfortable in winter and quite comfortable in summer.

Среди многочисленных элементов климата первостепенное экологическое значение для человека имеют температура и относительная влажность воздуха, скорость ветра и давление.

Новосибирская область расположена в умеренном континентальном поясе, для которого характерны значительные колебания среднемесячных (до 38 °С) и абсолютных (до 91 °С) температур воздуха. Ярко выражены четыре времени года: продолжительная зима, сравнительно короткое теплое лето и краткие переходные сезоны – весна и осень. Годовое количество осадков (250–500 мм) невелико и неравномерно распределено по сезонам года с максимумом в летние месяцы.

Среднемесячная температура воздуха на территории области в июле, по многолетним наблюдениям, составляет от 17,5 до 20,0 °С. В дневные часы она превышает 20 °С, достигая в отдельные годы предельных значений от 36 до 40 °С.

Зимние температуры воздуха по всей территории области отрицательные и составляют в январе от минус 18,3 до минус 20,3 °С. Самые низкие температуры отмечаются в декабре, январе и достигают в отдельные годы от минус 40 до минус 50 °С [2].

Для проведения анализа комфортности климата НСО мы взяли 9 станций: Кыштовка (подтайга), Барабинск (северная лесостепь), Татарск (южная лесостепь), Купино (колочная степь), Баган (типичная степь), Карасук (сухая степь), Болотное (северная лесостепь), Огурцово (южная лесостепь) и Маслянино (подтайга). Также были сделана выборки за 10 лет, начиная с 1999 года, включающие в себя следующие значения: среднемесячную и среднегодовую температуры воздуха, среднемесячную и среднегодовую относительную влажность воздуха, среднемесячную скорость ветра.

Для проведения наиболее объективной оценки особенностей влияния климатических параметров на человека, используют комплексные показатели, включающие в себя упомянутые метеорологические элементы – биоклиматические индексы.

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.

К основным параметрам, включаемым в информацию о влиянии климатических условий на человека, относятся температура воздуха и относительная влажность, скорость ветра и давление.

Показателем тепловой чувствительности является эффективная температура ЭТ. Этот показатель, получивший широкое распространение, характеризует теплоощущения одетого человека и получен опытным путем для ряда сочетаний температуры и относительной влажности воздуха при неподвижном воздухе, при котором эффект теплоотдачи и теплоощущения будет одинаковым. Одинаковое теплоощущение в неподвижном воздухе сохраняется при следующих сочетаниях температуры окружающей среды и относительной влажности воздуха:

Таблица 1 Взаимосвязь температуры воздуха и относительной влажности воздуха при неподвижном воздухе

T,°C	17,8	18,9	20,1	20,7	21,7	3,22	23,2
f,%	100	80	60	50	40	30	20

В табл. 2 представлены критерии тепловых нагрузок в зависимости от сезона года.

Аналитическое выражение для ЭТ предложено А. Миссенардом:

$$\text{ЭТ} = t - 0,4(t-10)(1-f/100), \quad (1)$$

где f – относительная влажность воздуха;

t – температура воздуха в градусах Цельсия [1].

Анализ полученных данных показывает, что на территории НСО за холодный период (с ноября по март с 1999 по 2008 год) ЭТ находится в средних пределах от -39,6 до -5,1 °С, что характеризует зимние условия на исследуемой территории от «холодно» с «умеренной» нагрузкой на организм человека до «крайне холодно» с «чрезвычайно высокая вероятность замерзания». Минимум наблюдался в подтайге в январе 2006 года и составил -42,7 °С. Теплее всего было в ноябре 2004 года в Огурцово, где полученное значение ЭТ составило +0,2 °С.

Таблица 2 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

Значения ЭТ в теплый период (с мая по сентябрь) изменяются по территории от -4 до 24,9 °С, что характеризует биоклиматические условия от «холодно» с «умеренной» нагрузкой на организм человека до «жаркого», так же с «умеренной» нагрузкой на организм человека. Самым прохладным значением в области, рассчитанным по формуле А.Миссенарда является -5,4 °С (апрель 2006 года, Болотное). Максимальное значение для НСО наблюдалось в июле 1999 года в Карасуке и составило оно +26,2 °С.

Влияние отрицательных температур воздуха и скорости ветра на тепловое состояние оценивается также с помощью ветро-холодового индекса Сайпла, который рассчитывается по следующей формуле:

$$W = (9,0 + 10,9 \cdot \sqrt{v - v_0}) \cdot (33 - t), \quad (2)$$

v – скорость ветра на высоте 2 м (м/сек),

t – температура, °С,

W – ветрово-холодовый индекс, ккал/м²*ч.

Оценка теплоощущения проводится по шкале:

$W > 600$ – прохладно,

$W > 800$ – холодно,

$W > 1\,000$ – очень холодно,

$W > 1\,200$ – жестко холодно,

$W > 2\,500$ – невыносимо холодно.

Индекс Сайпла более чем другие баллы «жесткости погоды» отражает ощущение холода, которое испытывает человек. Хотя и он не имеет серьезного научного обоснования, т.к. не учитывает влияние теплозащитных свойств одежды на теплоотдачу организма человека. Однако практически применимость его оправдана тем, что выносливость человека к воздействию низких температур, в конечном счете, определяется незащищенными частями тела, т. е. лицом и шеей [1].

Так как ветро-холодовой индекс Сайпла считается для сезонов с отрицательными температурами, то чаще всего его применяют только для зимних месяцев. Но особенность климата НСО является то, что к зимнему периоду можно отнести март и ноябрь. И поэтому мы рассчитали значение «жесткости погоды» и для них.

Проанализировав полученные значения, можно сказать о следующем: январь 2006 года можно считать самым холодным за последние десять лет, начиная с 1999 года. Здесь значение индекса Сайпла по всей области выше 1200 (Кыштовка-1547, Маслянино-1204), что по приведенной шкале относится к «жестко холодному» ощущению холода. Январь 2007 года, наоборот, оказался самым щадящим за рассматриваемый период. Среднее значение «жесткости погоды» по области: 1131,2 – «очень холодно». Теплее всего было в Правобережье в северной лесостепи – 993 («холодно»). Холоднее было в колючей степи- 1223 («жестко холодно»).

Среднее значение 1271,56, полученное по данным второго месяца зимы 2001 года, показывает, что месяц был «жестко холодным». Максимальное значение индекса наблюдалось в Багане- 1387 («жестко холодно»), минимальное значение - в Болотном- 1132 («очень холодно»). Февраль 1999 был самым теплым за десять лет, но по шкале он относится к «очень холодному» (1060,77). Очень холодно было в Купино и Багане-1185, с Маслянино значение составило 908-«холодно».

В среднем, за последние 10 лет, первый месяц календарной весны по Сайплу можно отнести к «очень холодному». Тем не менее, март 1999 градуируется как «жестко холодный»: Купино-1340 («жестко холодно»), Болотное-1041 («очень холодно»). В марте 2008 года было «холодно» (945,94), и значения по станциям были относительно равными.

Самым холодным последним месяцем календарной осени, по полученным значениям, является ноябрь 2000 года. Здесь среднее значения индекса на территории НСО составило 1113,82- «очень холодно». Максимальное значение W наблюдалось в Купино-1209 («жестко холодно»). Теплее было в Маслянино-1024 («очень холодно»). Самый теплый ноябрь был в 2008 году, когда среднее значение Сайпла составило 892 – «холодно». В целом, ноябрь 2008 года похож на март 2008 года, когда разница между значениями «жесткости погоды» была не очень высока.

Декабрь 2002 года относится к «жестко холодному» – среднее значение 1353. Максимум наблюдался в Купино-1461 («жестко холодно»), минимум – в Болотном-1196 («очень холодно»). Самым теплым считается декабрь 2003, хотя

по шкале Сайпла он относится к «очень холодному». Максимум вновь в Купино- 1196 («очень холодно»), минимум в Болотном- 926 («холодно»).

Для аналитической оценки теплоощущений одетого человека (летняя одежда одного типа) И.В. Бутьевой была предложена нормальная эквивалентно-эффективная температура (НЭЭТ), учитывающая влияние температуры, влажности воздуха и скорости ветра:

$$\text{НЭЭТ} = 0,8 \cdot \text{ЭТ} + 7 \text{ } ^\circ\text{C}, \quad (3).$$

Комфортными приняты НЭЭТ в пределах от +17 °С до +22 °С[1].

В апреле, мае, сентябре и октябре НЭЭТ достигает положительных значений, но они не достаточны для комфорта. Хотя май 2000, 2005–2007 годов по значениям НЭЭТ находится в зоне комфорта.

В июне и августе НЭЭТ попадает в комфортные значения. Исключение составляет июнь 2003-2006 года, когда границы предела комфортности были превышены от 0,1 до 1,7 °С. Самый теплый месяц года – июль превышает комфортные значения на 0,2–2,5 °С.

Проанализировав полученные результаты, можно сказать о следующем: зимы на территории Новосибирской области остро дискомфортны для человека. По критериям тепловых нагрузок полученные значения попадают в градации от «очень холодно» с «сильной угрозой обморожения» до крайне холодно» с «чрезвычайно высокой вероятностью замерзания».

По значениям ветро-холодового индекса Сайпла зимы с 1999 года попадают под шкалу «очень холодно»- «невыносимо холодно».

Что же касается лета, то в среднем оно попадает в градацию комфортного. Исключение составляет июль, когда по показателю эффективной температуры (ЭТ) и нормальной эквивалентно-эффективной температуры (НЭЭТ), полученные значения оказались выше верхней границы комфортности климата.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Руководство по специализированному климатологическому обслуживанию экономики [Текст]/ под ред. д-ра геогр. наук, проф. Н.В. Кобышевой. – С.Пб.: Росгидромет, 2008. – 336 с.

2. Воронина Л.В. Экстремальность климата Новосибирской области и его экологическое значение для природных комплексов [Текст] / Л.В. Воронина, Н.Ю. Пичугина // ГЕО-Сибирь-2008. Т. 3: Дистанционные методы зондирования Земли и фотограмметрия, мониторинг окружающей среды, геоэкология. Ч.2: сб. материалов IV Междунар. науч. конгр. «ГЕО-Сибирь-2008», 22–24 апр. 2008 г., Новосибирск. – Новосибирск: СГГА. – 2008. – С. 90–94.

© Н.Ю. Пичугина, Л.В. Воронина, 2010

УДК 502.33(571.16)

О.Г. Невидимова¹, Е.П. Янкович²

¹ИМКЭС СО РАН, Томск,

²ТПУ, Томск

ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ГИДРОТЕРМИЧЕСКОГО РЕЖИМА ТЕРРИТОРИИ НА РИСКИ ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ

В работе проанализирована пространственно-временная изменчивость полей температуры и осадков, как важнейших элементов климата. Проведена оценка гидрологической уязвимости территории и рисков водопользования в современных условиях изменения климата. Исходные данные обработаны с использованием геоинформационных технологий.

O.G. Nevidimova¹, E.P. Yankovich²

¹Institute of monitoring of Climatic and Ecological Systems SB RAS (IMCES)

10/3 Akademicheskoy Ave., Tomsk, 634055, Russian Federation

² The Institute of Geology and Oil & Gas Industries, Tomsk Polytechnic University
30 Lenin Avenue, Tomsk, 634050, Russian Federation

INFLUENCE OF CHANGING OF HYDROTHERMAL CONDITIONS OF THE TERRITORY ON WATER CONSUMPTION RISKS

In the article a research of spatio-temporal variability of temperature and precipitation was carried out, hydrological vulnerability valuation of a territory under present-day conditions of climate fluctuation was made. Initial data were processed with use of GIS Technology.

Нарастающее «давление» климатических изменений, как и увеличивающаяся вариабельность гидрометеорологических характеристик на различных уровнях пространственной локализации непосредственным образом отражается на динамике и состоянии природных объектов. Новые природно-климатические условия в свою очередь приводят к изменениям во многих сферах природопользования, влияя на освоение и развитие региона. Для разработки эффективных стратегий природопользовательских мероприятий, в частности на территории Томской области, необходимы как надежная информация об изменениях климата, так и анализ рисков, обусловленных природно-климатическими особенностями территории в совокупности со спецификой социально-экономического и эколого-географического положения.

Цель данной работы заключается в исследовании пространственно-временной изменчивости полей температуры и осадков, как важнейших элементов климата, оценке гидрологической уязвимости территории и рисков водопользования в современных условиях изменения климата.

Изменение климата включает сдвиги в частотности и масштабе спорадических погодных явлений, а также непрерывное повышение температуры приземного воздуха и трансформацию влажностного режима. Повышение средней температуры поверхности на протяжении последних 50 лет, по оценке МГЭИК, составило $0,6^{\circ}\text{C}$. Для выявления фактического изменения метеоклиматических условий на территории Томской области были проанализированы ряды наблюдений за температурой и осадками по 22 метеостанциям и 13 гидропостам Томской области за период с 1976 по 2006 гг.

Согласно полученным оценкам, на всей территории отмечался рост температуры со средней скоростью 0.34°C за 10 лет. Для обширной равнинной

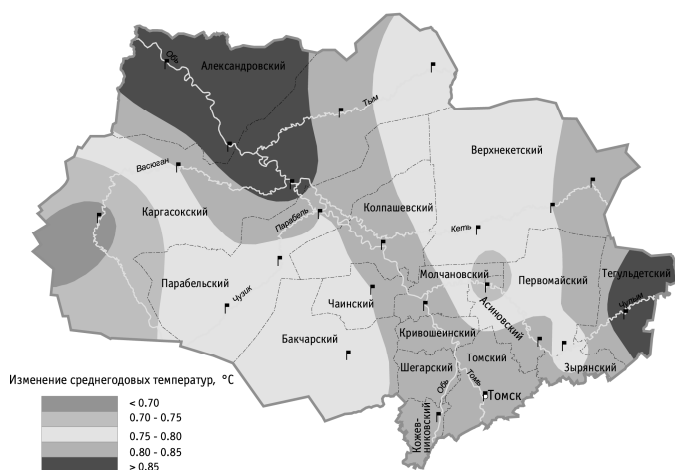


Рис. 1. Изменение среднегодовых температур

территорий области фактически полученные значения повышения средней температуры за исследуемый период колеблются от 0.92°C до 0.68°C (рис. 1). Наиболее интенсивным потепление было в северных районах Томской области и на юго-востоке, наименее – в западных районах. Обращает на себя внимание субмеридианально ориентированная зона, тяготеющая к главной водной артерии области – Оби и ее крупным притокам – Томи, Парабели, Васюгану, Тыму и характеризующаяся относительно высокими значениями повышения средней температуры (до 0.85°C).

Анализ временной изменчивости количества осадков показал, что в целом в регионе основной тенденцией является увеличение количества осадков (рис. 2). Причем, величина роста среднегодового количества осадков в 2.5 раза

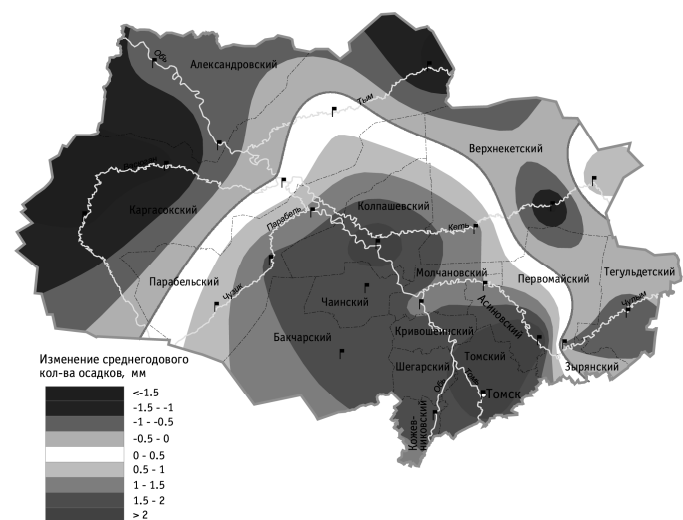


Рис.2. Изменение среднегодовых сумм осадков

превышает величину снижения количества осадков, хотя обе величины невелики и по абсолютному значению не превышают 2.8 мм за исследуемый период. 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:

субмеридианально ориентированная зона, тяготеющая к главной водной артерии области – Оби и ее крупным притокам – Томи, Парабели, Васюгану, Тыму и характеризующаяся относительно высокими значениями повышения средней температуры (до 0.85°C).

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, а также достаточно значимое снижение сумм осадков для отдельных районов востока Томской области. В условиях роста среднегодовых температур, особенно при потеплении самой холодной части зимы, снижение количества осадков создает предпосылки для деградации многолетней, реликтовой мерзлоты и для активизации термокарстовых явлений.

Указанные тенденции меняют соотношение тепла и влаги, которое определяет динамику природно-климатических процессов, в том числе и режим функционирования гидросети исследуемой территории.

Поскольку гидрологические условия оказывают значительное влияние на особенности водопользования в Томской области, то для выбора оптимального варианта развития стратегии природопользования территории с учетом гидрологических ограничений необходимы комплексные, интегральные индикаторы, характеризующие уязвимость территории от гидрологических явлений. В основе предлагаемой интегральной оценки лежат показатели напряженности, где под напряженностью понимается степень опасности разрушения функциональных связей между компонентами системы, обеспечивающими целостность и устойчивое развитие системы (территории, экосистемы и пр.) [2, 3]. При построении системы показателей в рамках данного подхода учитывается характер взаимосвязей в тех компонентах геосистемы, которые обуславливают деградацию системы. Зная степень напряженности, можно оценить риск природопользования для исследуемой территории – чем выше уровень напряженности, тем более уязвима территория и больше вероятность ее разрушения в условиях нерегламентированного освоения. Гидрологическая напряженность рассчитывается по формуле

$$NG = \sum_{i=1}^5 k_i / 5, \text{ в которой учитываются количественные характеристики}$$

следующих гидрологических факторов: низкий уровень воды определяется по максимальному количеству дней в году с низким уровнем; ледовые явления – комплексный показатель, в котором учитываются продолжительность ледоходов, продолжительность ледостава и раннее начало ледовых явлений; высокий уровень воды определяется по максимальной продолжительности стояния высоких вод (дней в году); сток наносов (объем перемещаемых наносов), а также сток талых вод. Коэффициенты (шкала от 0.1 до 1), соотнесенные с каждым фактором, отражают роль этого фактора в возникновении опасных ситуаций. Особенности пространственного распределения гидрологической напряженности на территории Томской области показаны в табл. 1.

Проведенный выше анализ климатических и гидрологических особенностей территории в условиях, когда меняется температурно-влажностный режим, позволяет подойти к оценке той части рисков водопользования, которая возникает в результате интенсификации деятельности человека в пределах пойменно-руслowych комплексов. Для более полной оценки

водопользования необходимо определить социально-экологические последствия этой деятельности или степень экологической напряженности. В первую очередь острота ситуации зависит от особенностей расселения людей, проживающих вблизи потенциального источника опасности, социальной, инфраструктурной, производственно-технической реализации этих особенностей.

Применительно к климатическим и гидрологическим условиям территории интегральная оценка ситуации, формирующейся в водопользовании Томской области, осуществлялась путем объединения оценок климатического, гидрологического и социально-экологического содержания. 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.

Таблица 1 Структура опасных гидрологических явлений и гидрологическая напряженность Томской области

Река	Гидрологический пост	Количество дней с низким уровнем воды, баллы	Ледовые явления, баллы	Высокие уровни воды, баллы	Объем стока наносов, баллы	Интенсивность поступления талых вод, баллы	гидрологическая напряженность, баллы	степень гидрологической напряженности,
Обь	Молчаново	0,7	1,2	1,8	6	0,7	2,08	высокая
	Колпашево	0,7	1	2	6	0,5	2,04	
	Прохоркино	0,7	1,8	1,3	6,5	0,8	2,22	
	Александровск.	0,7	1,4	1,1	3,6	0,7	1,5	повышенная
Чулым	Тегульдет	1,2	1,8	1,8	0,5	0,6	1,18	средняя
	Батурино	0,8	1,4	2	1	0,8	1,2	
	Зырянское	0,8	1,8	1,2	0,8	0,7	1,06	
Томь	Томск	0,9	1,4	1,3	1,3	0,8	1,14	средняя
Васюган	Ср. Васюган	1	1,8	1,8	0,2	0,8	1,12	
Кеть	Родионовка	0,7	2,2	0,7	0,3	0,7	0,92	
Тым	Напас	0,3	2,6	1,8	0,1	0,7	1,1	
Чузик	Осипово	0,2	1,8	1,2	0,1	0,8	0,82	пониженная
Парабель	Новиково	0,3	1,8	0,7	0,1	0,8	0,74	

В результате комплексного анализа климатической, гидрологической и социально-экономической напряженности была получена общая оценка рисков водопользования. Проведенные расчеты в пределах области свидетельствуют о

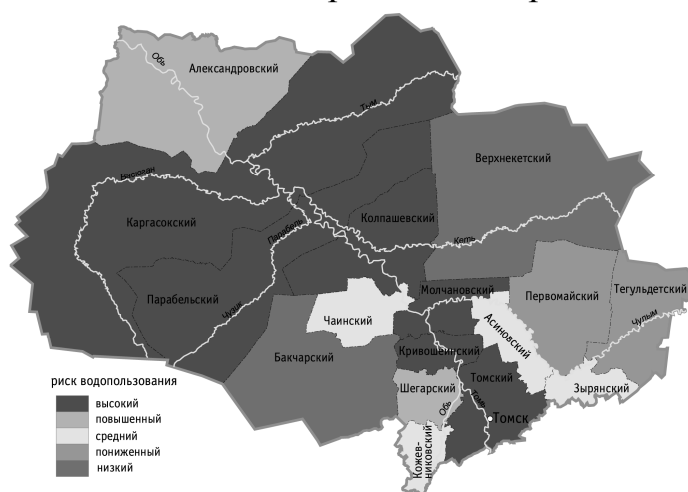


Рис. 3. Риски водопользования в Томской области

широком диапазоне оценок (различие на порядок). Результаты расчетов представлены на рис. 3. Степень напряженности ситуации в области определяется следующими 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 очевидную 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, Каргасокский, 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 риск водопользования можно отнести к массовому риску. Территориальная дифференциация данного вида рисков обусловлена в большей степени гидрологическими и социально-экономическими особенностями, чем метеоклиматическими условиями Томской области.

В заключении отметим, что проведенные исследования позволили выявить ряд особенностей климатических и гидрологических условий Томской области и на фактическом материале проанализировать влияние климатических, гидрологических и социально-экономических факторов на пространственное распределение и степень рисков водопользования.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Невидимова О.Г. Анализ природно-климатических опасностей на территории Томской области для оценки рисков природопользования [Текст]: / Невидимова О.Г., Мельник М.А., Волкова Е.С. // Экология урбанизированных территорий. – 2009. – № 2. – С. 71–77.
2. Невидимова О.Г. Подход к ранжированию территории по степени безопасности природопользования [Текст]: / Невидимова О.Г., Янкович Е.П. // ГЕО-Сибирь-2009. Т. 4. Дистанционные методы зондирования Земли и фотограмметрия, мониторинг окружающей среды, геоэкологии. Ч. 2 : сб. матер. V Междунар. научн. конгресса «ГЕО-Сибирь» – Новосибирск: СГГА, 2009. – С. 73–78.

© О.Г. Невидимова, Е.П. Янкович, 2010

УДК 681.3.06-551.51

Ю.И. Молородов

Институт вычислительных технологий СО РАН, Новосибирск

П.Е. Ширшов

НГУ, Новосибирск

ИНФОРМАЦИОННО-ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ СРЕДА ДЛЯ ХРАНЕНИЯ И ОБРАБОТКИ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ ДАННЫХ НАБЛЮДЕНИЙ

Многие аспекты деятельности человека требуют исследования процессов динамически изменяющихся во времени. Как правило, результатом этих исследований являются временные ряды физической величины: давления, температуры, концентрации каких-либо веществ и пр. Эти измерения разнообразны по своим форматам представления и хранения и часто, представляют собой значительные объемы. В связи с этим возникает задача хранения, формирования отчетов по совокупности хранимых данных, обработки с помощью современных математических алгоритмов и представления результатов обработки в табличном или графическом видах.

Одной из задач экологических исследований является мониторинг состояния атмосферы. В настоящий момент на территории г. Новосибирска расположены посты наблюдений за загрязнением атмосферы. На них производятся регулярные замеры концентраций различных химических веществ, с интервалами от 1 мин. до 1 суток (до 500 тыс. замеров в год). Результаты этих замеров заносятся в файлы различных форматов, что вызывает необходимость перед дальнейшей обработкой и анализом преобразовывать их к унифицированному формату. Анализ собранных данных требует применения различных математических алгоритмов (вейвлет-, кластерного, факторного анализа, и т.д.). Лучше всего это делать с помощью современных веб-ориентированных информационно-вычислительной сред, позволяющих пользователям оперативно вносить новые данные, строить отчеты по хранимым данным, обрабатывать отчеты различными алгоритмами и визуализировать их.

В рамках реализации этой задачи была разработана модульная структура, позволяющая объединять схожие по предназначению компоненты, использовать одни и те же способы обработки, анализа и визуализации данных, а также расширяемая модель данных для хранения скалярных временных рядов. Разработанные в рамках проекта решения могут быть адаптированы для других задач, в которых требуется хранение и математическая обработка аналогичных рядов данных.

Y.I. Molorodov

Institute of Computational Technologies SB RAS, Novosibirsk

P.E. Shirshov

Novosibirsk State University, Novosibirsk

INFORMATION AND COMPUTING ENVIRONMENT FOR STORAGE AND PROCESSING TIME SERIES DATA OF OBSERVATIONS

Many aspects of human activity require investigation processes dynamically changing over time. As a rule, the result of these investigations are time-series of physical quantities: pressure, temperature, concentration of any substance, etc. These measurements are diverse in their presentation and storage, and often represent a significant amount. In this connection there arises the problem of storage, reporting of aggregate data storage, processing with sophisticated mathematical algorithms and presentation of processing results in tabular or graphical form.

One of the objectives of environmental studies is to monitor the state of the atmosphere. At the moment of Novosibirsk are observation posts for air pollution. They made regular measurements of concentrations of various chemicals, with intervals of 1 min. up to 1 day (up to 500 thousand measurements per year). The results of these measurements are entered in the files of different formats, making it necessary to further processing and analysis to convert them to a unified format. Analysis of collected data requires the application of various mathematical algorithms (wavelet, cluster, factor analysis, etc.). The best way to do this by using modern web-based information-computing mediums, allowing users to quickly enter new data, build reports on stored data, process reports of various algorithms and visualize them.

As part of this task was developed by a modular structure that allows to combine similar in purpose components that use the same methods of processing, data analysis and visualization, and extensible data model for storing scalar time series. Developed in the framework of the draft decision could be adapted for other tasks that require the storage and mathematical processing of similar data sets.

Введение

Одной из важной задачей современности является обеспечение условий комфортного проживания населения на территории государства. Важной характеристикой условий такого проживания являются качество атмосферного воздуха, состояние снежного покрова и субмикронная фракция атмосферного аэрозоля. Объектом мониторинга является территория крупного индустриального областного центра – г. Новосибирска.

Новосибирск является мегаполисом (с населением более 1.5 млн. человек), большим количеством автомобильного транспорта и массой других антропогенных источников. Атмосфера города подвержена сильному загрязнению, в том числе и влиянию атмосферными аэрозолями. При этом можно выделить, по крайней мере, два его источника. Первичным источником аэрозоля является автомобильный транспорт, пыль, образующаяся при истирании дорожного покрытия и автомобильных шин. Свой вклад вносят предприятия тепло- и электроэнергетики, металлургические, химические либо строительные комбинаты, сжигание ископаемого топлива, биомассы и промышленно-бытовых отходов. Древесные растения, выделяют в

окружающую среду фитоорганические соединения, создавая своеобразный экологический фон.

Атмосферный аэрозоль (АА) по своему химическому и дисперсному составу является сложной разнородной системой. К числу важнейших типов аэрозоля относятся различные алифатические (цепочечные органические соединения и циклические соединения, таких как циклогексан) и ароматические соединения природного и антропогенного происхождения (C_{org}). Вторичный C_{org} может образовываться при каталитических и фотохимических реакциях различных газообразных углеводородов. Изучение качественного и количественного содержания органических веществ в аэрозолях являются важным критерием для оценки загрязнения атмосферы и окружающей среды. Для этого на территории г. Новосибирска службами Гидрометеоцентра расположены посты наблюдения за состоянием атмосферы. На них производились, в соответствии с рекомендациями ВОЗ, измерения в воздухе атмосферы содержания пыли, сажи, диоксида серы SO_2 , озона, оксида углерода CO , диоксида азота NO_2 , оксида азота NO , сероводорода H_2S , фенола CH , фтористого водорода HF , аммиака NH_3 , формальдегида CH_2O и др. Измерения производились регулярно в течение дня с интервалом в 6 часов.

Субмикронную фракцию; атмосферного аэрозоля на территории города и условно чистой его территории замеряют специалисты ИХКиГ СО РАН. Пробы атмосферных аэрозолей (озон, субмикронная фракция аэрозолей и др.) отбираются на посту наблюдений ИХКиГ СО РАН, расположенного в 30 км к юго-востоку от г. Новосибирска в 300 м. от пос. Ключи на ионосферной станции ИГМ СО РАН. Пос. Ключи отдален от крупных антропогенных источников, но загрязнение атмосферы в этой точке отбора может происходить как за счет переноса вредных примесей от г. Новосибирска, так и от других местных источников. При этом измерения проводились в течение суток с интервалом в 1 минуту. Объемы данных, полученных на постах наблюдений значительны по объемам и разнообразию. Это обстоятельство делает необходимым и актуальным использование автоматизированных информационно-вычислительных. Использование электронных версий, позволит рядовому пользователю облегчить рутинную доставку результатов наблюдений, хранение, доступ к ним в любое время и их математическую обработку.

В качестве численных характеристик загрязнения территории выбраны результаты наблюдений, получаемые на постах наблюдений за загрязнением воздуха Гидрометеослужбы. Здесь измеряют содержания пыли, сажи, диоксида серы (SO_2), озона, окиси углерода (CO), диоксида азота (NO_2), оксида азота (NO), сероводорода (H_2S), фенола (CH), фтористого водорода (HF), аммиака (NH_3), формальдегида (CH_2O). Субмикронную фракцию; атмосферного аэрозоля на территории города и условно чистой его территории замеряют специалисты ИХКиГ СО РАН.

Исходя из сказанного актуальной задачей является создание технологической среды для интеграции и аналитической обработки формируемых информационных ресурсов мониторинга состояния окружающей

природной среды в зоне действия предприятий НСО. Ее можно решить с помощью современных веб-ориентированных информационно вычислительных систем, позволяющих пользователям оперативно вносить новые данные, строить отчеты по хранимым данным, обрабатывать отчеты различными алгоритмами и визуализировать их.

Модель данных

Из данных мониторинга можно выделить основные характеристики:

1. Дата проведения измерения
2. Результат измерения
3. Станция, на которой было проведено измерение.
4. Объект измерения (*воздух, пыль, ветер, химический элемент...*)
5. Измеряемая характеристика (*температура, концентрация, состав, направление ветра, скорость ветра...*).
6. Инструмент, которым проводилось измерение.
7. Метод обработки исходных данных.

Некоторые из них, такие как характеристики 5-7 являются по большому счету справочными. Их набор со временем может меняться. Так характеристика «Станция» обладает следующими свойствами:

1. Географические координаты.
2. Тип станции (передвижная, стационарная...).
3. Регион (служебное свойство, задает параметры карты, на которой должна отображаться станция).

Данное описание может быть представлено в виде следующей диаграммы (рис. 1).

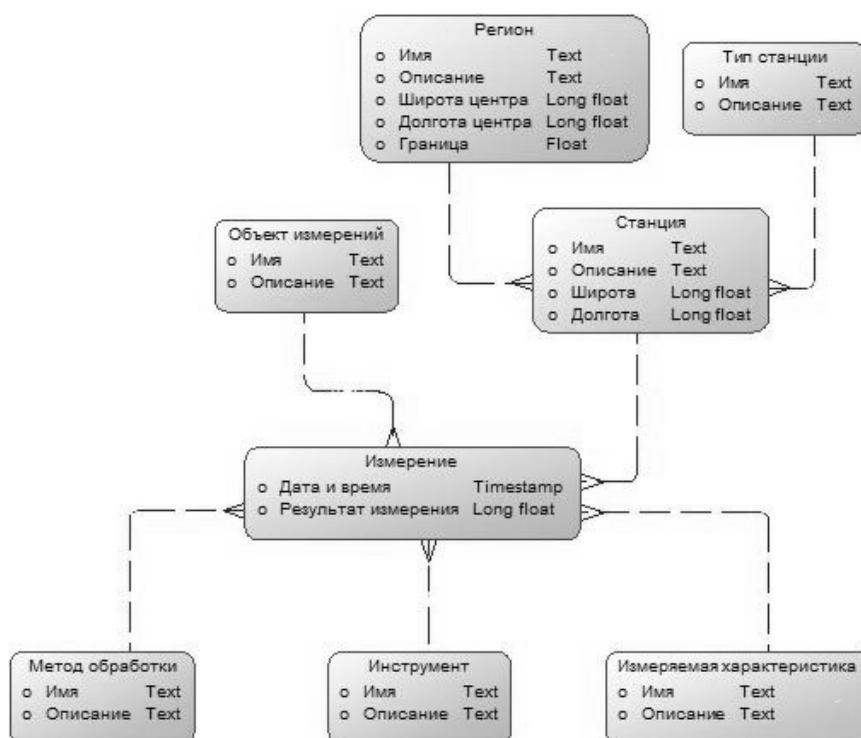


Рис.1. Логическая модель данных

На ее основе была сформирована следующая объектная модель данных (рис. 2).

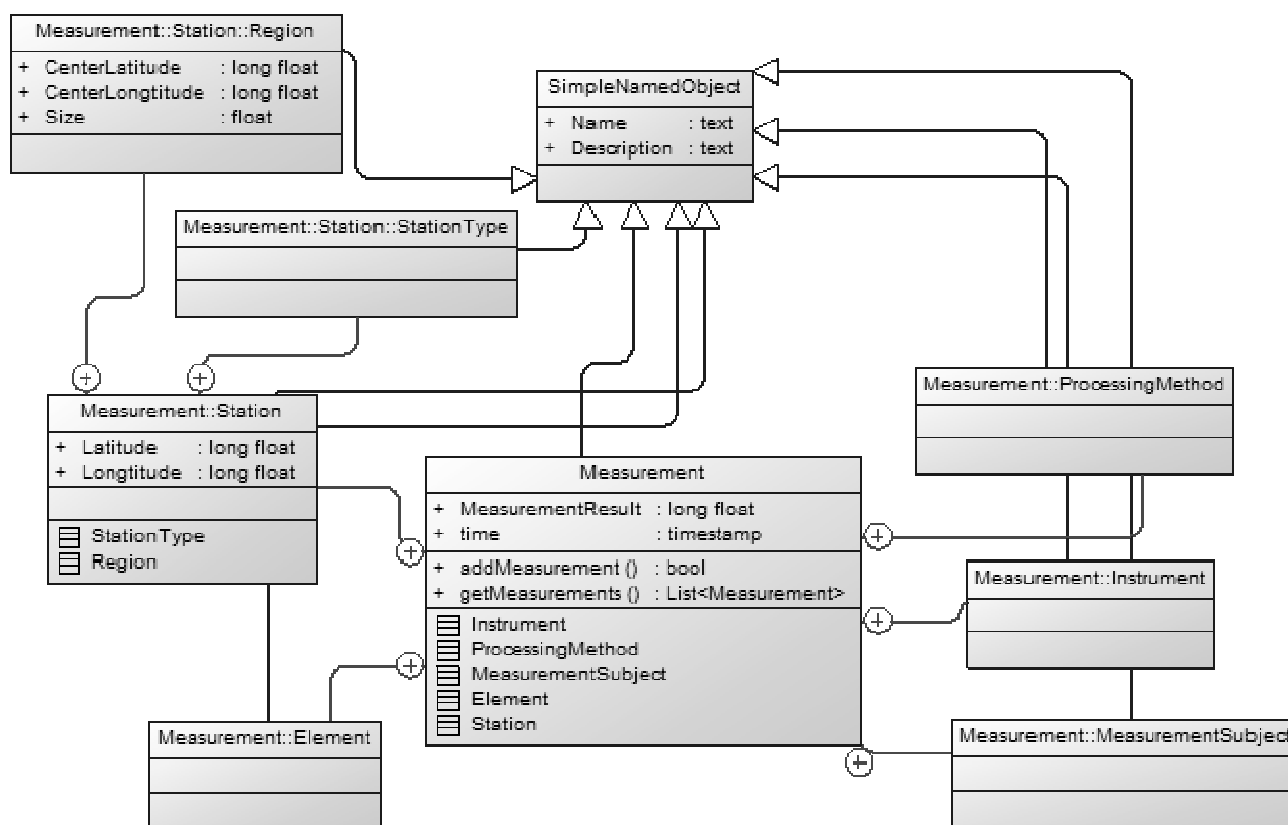


Рис. 2. Объектная модель данных

Данные измерений представляют собой временные ряды скалярных вещественнозначных функций, представленные в виде пар $\langle D, V \rangle$, где D – дата и время проведения замера, V – результат измерения. Каждому такому ряду соответствует определенный набор метаданных. В результате анализа исходных данных представленных различными организациями, был определен следующий, общий для всех задач набор метаданных:

Пост наблюдений, на котором производились измерения. Параметрами этого свойства являются координаты поста наблюдений и его тип (например, пост наблюдений за загрязнением атмосферы, ...)

Объект измерения. Единственным параметром этого свойства является его название. Например, давление, температура, скорость ветра, атмосферный аэрозоль и пр.

Измерявшаяся характеристика объекта измерений. Это свойство обладает двумя параметрами: название измерявшейся характеристики (например, концентрация того или иного атмосферного аэрозоля), а также ее размерность (например, мг/м^3).

Инструмент (прибор), с помощью которого производились измерения. Единственной характеристикой этого свойства является название прибора.

Метод предварительной обработки данных (например, почасовое усреднение). Единственной характеристикой этого свойства является название метода.

Такого набора метаданных достаточно для описания временных рядов результатов измерений характеристик атмосферы.

Архитектура информационно-вычислительной системы

Информационно-вычислительная среда основана на расширяемой модели данных, обеспечивающей условия для интеграции скалярных временных рядов данных. Результаты математической обработки представляются с помощью менеджера географических карт и генератора отчетов. Важной перспективной задачей является создание интегрированной информационно-вычислительной телекоммуникационной среды, которая бы позволила обеспечить решение задач комплексного анализа данных для систем мониторинга различных классов.

Такая система должна оперировать многодисциплинарными и разнотипными данными мониторинга: маркированными точечными полями, линиями, полигонами, временными рядами, геофизическими полями, растровыми последовательностями аэрокосмических наблюдений и т. д. Для извлечения из данных существенной информации и знаний средства комплексного анализа должны интегрировать всю доступную информацию и всё имеющиеся знание об изучаемом явлении.

Программная реализация модели данных выполнена следующим образом: Для каждого типа метаданных создается отдельная таблица реляционной СУБД. Эти таблицы обладают следующей структурой: $\langle \text{MPK}_k, \text{DESCR}^k, C_1^k, \dots, C_i^k, \dots \rangle$, где MPK_j – первичные ключи, C_i^k – значения специфичных для каждого типа метаданных характеристик, DESCR^k – необязательное текстовое описание.

Данные измерений хранятся в отдельной таблице, в виде единичных значений, с каждым из которых ассоциирован набор метаданных ряда и отметка о времени проведения замера значения. Эта таблица обладает следующей структурой: $\langle \text{PK}, D, V, \text{MPK}_1, \dots, \text{MPK}_k \rangle$, где D – дата и время проведения замера, V – результат измерения, PK – первичный ключ, MPK_j – значения первичных ключей для записей из таблиц, соответствующих базовому набору метаданных и задающих связь типа многие-к-одному между результатами измерений и метаданными.

Для задания связей между записями в таблице результатов измерений и дополнительными метаданными, а также для иерархической организации метаданных используются таблицы со структурой вида $\langle \text{MPK}_k, \text{TRK}_k \rangle$, где MPK_j – значение первичного ключа из одной из таблиц, хранящей дополнительные метаданные, TRK_j – значение первичного ключа из таблицы, хранящей целевые записи, с которыми должна быть связана запись из таблицы метаданных. Также введены служебные метаданные “регион” и “предметная область”, относящиеся, соответственно, к постам наблюдения и измерениям. Свойство “регион” предназначено для задания параметров ассоциированной с постом наблюдения карты, “предметная область” – для задания предметной области, к которой имеет отношение тот или иной временной ряд. Для работы с СУБД используется технология ORM (объектно-реляционного проецирования, Object – Relational mapping), что позволяет работать с объектным представлением модели данных, а также абстрагироваться от целевой СУБД.

Заключение

Реализованная в рамках работы система позволит более эффективно проводить исследования и прогнозирование качества атмосферного воздуха с привлечением широкого круга специалистов. Предложенная система является одним из первых шагов к реализации распределенной информационно-вычислительной среды для поддержки мультидисциплинарных исследований Сибири. Перспективным направлением развития системы является использование преимуществ технологий Semantic Web при реализации схем метаданных и алгоритмов информационного поиска.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Мониторинг качества атмосферного воздуха для оценки воздействия на здоровье человека. Копенгаген: Региональные публикации ВОЗ // Европейская серия. – 2001. – № – С. 293.
2. ГОСТ 17.2.1.03-84. Охрана природы. Атмосфера. Термины и определения контроля загрязнения
3. Назаров А.А. Асимптотический анализ марковизируемых систем. – Томск: Изд-во Том. ун-та, 1991. – 158 с.

© Ю.И. Молородов, П.Е. Шишов, 2010

УЧАСТИЕ ВОДОРΟΣЛЕЙ В РЕКУЛЬТИВАЦИИ ОТВАЛОВ

Появление и развитие водорослей в субстратах отвалов представляет первоначальный этап формирования альгогруппировок. Этот факт подтверждается и в пионерном освоении грунтов техногенных отвалов. При этом сформированные альгогруппировки играют важнейшую функциональную роль.

N.A. Malachova¹, N.P. Mironycheva-Tokareva²

¹Novosibirsk state agrarian university, Novosibirsk

²Siberian State Academy of geodesy, Novosibirsk

PARTICIPATION OF ALGЕ IN RECULTIVATION OF COAL MINE SPOIL

Appearance and development of algae in substrata of dumps represents a pristine stage of formation algal communities. This fact proves to be true and in pioneer development of soils of technogenic dumps. Thus generated algal groups play the major functional role.

Природный ландшафт является естественно-историческим образованием, сформированным совокупным и одновременным действием факторов географической среды. В противовес этому техногенный ландшафт – антропогенное производное с предельной степенью нарушенности взаимосвязей этих факторов (Реймерс, 1990). Наиболее характерными представителями таких ландшафтов можно считать отвально-карьерные системы, сформировавшиеся при разработке полезных ископаемых и, в частности, при открытой разработке каменного угля. На первом этапе его формирования создаётся каркасная основа. В ходе рекультивационных мероприятий она трансформируется в карьерно-отвальную систему.

Среди ведущих механизмов трансформации техногенных отвалов в естественные являются биологические процессы, сопровождающие становление и развитие биоценозов. Основные их участники – первоначально поселяющиеся в субстратах отвалов организмы. Среди них особое внимание заслуживают водоросли. Эта группа растений благодаря способности к фотосинтезу играет значительную роль в накоплении органического вещества, являясь звеном продуцентов в круговороте, связывающего почвогрунты с литосферой и биосферой Земли. Они способны вступать во взаимодействие со

всеми компонентами биогеоценозов и тем самым выполнять значимую роль в их функционировании.

Развитие водорослей на субстратах идёт по модели стимулирования (Миркин и др., 2002). При этом поселяющиеся виды улучшают условия обитания для новых. На поверхность субстрата в процессе водно-ветровой эрозии заносятся различные водоросли, часть из которых погибает, другая остаётся в неактивном состоянии и только некоторые, способные вегетировать в данных условиях, начинают развиваться. В процессе жизнедеятельности клетки водорослей выделяют одни вещества, в том числе и химически активные (кислоты, щелочи, ферменты) и поглощают другие (Голлербах, Штина, 1969). За счёт указанных процессов около клеток возникают зоны с ослабленной токсичностью субстрата. В таких зонах поселяются бактерии, микроскопические грибы, простейшие, которые вместе с водорослями образуют своеобразный "сгусток жизни" на поверхности токсичного безжизненного субстрата. Функционирование приводит к расширению его площади, заселению новых видов водорослей, увеличению видового разнообразия альгогруппировок.

Среди пионеров в освоении вновь образовавшихся поверхностей отвалов рассматривается группа синезелёных водорослей, представленная видами сем. *Chroococcaceae* p.p. (*Gloeotheca*, *Gloeocapsa*), сем. *Oscillatoriaceae* (рода *Phormidium*, *Microcoleus*, *Plectonema*) и пор. *Nostocales* (под *Nostoc*) (Штина и др., 1985). По данным К. Starmach (1966), *Nostoc commune*, в отличие от *N. microscopicum*, развивается уже на выветренных камнях. В некоторых случаях первоначальное заселение субстрата синезелёными водорослями происходит лишь на отдельных участках, а пионерами освоения выступают мелкие диатомовые и зелёные водоросли, легко заносимые ветром (Дорохова, 1989).

Ведущее положение в видовом составе альгогруппировок техногенных отвалов, образовавшихся в результате добычи угля, занимают виды синезелёных водорослей (Тарчевский, Штина, 1967; Шушуева, 1977, 1985). Зелёные водоросли по числу видов, так же как и синезелёные, весьма разнообразны. Основными причинами их видового богатства являются слабощелочная и щелочная реакция среды, слабая обеспеченность субстратов азотом, а в степной зоне и недостаток влаги. Флора жёлтозелёных водорослей небогатая и пополняется медленно: вплоть до 10–15-летнего возраста обнаруживаются лишь убиквисты. Водоросли данной группы появляются на сравнительно старых участках отвалов в разнотравно-злаковых и злаковых растительных ассоциациях (Штина, 1985).

При отсутствии в техногенных отвалах скрепляющего материала (гумуса, окислов железа) биологическое закрепление водорослями следует рассматривать как начальный этап формирования противозрозионного барьера (Трофимов, Клевенская, 1989). Нитчатые талломы и пустые влагалища оплетают и скрепляют частицы субстрата механическим путём, а слизистые влагалища чехлов, оболочек клеток их склеивают. Длина нитей синезелёных водорослей в 1 г почвогрунтов достигала на бестранспортных отвалах 23 м, на автомобильных – 3,5 м; число колоний ностока соответственно 91 тыс. и 30 1

тыс. (Неганова, 1975). В почвах степной зоны длина трихома *Microcoleus vaginatus* в 2–3 раза выше (Пивоварова, 1974), нежели в отвальных субстратах.

Отмечается участие водорослей в круговоротах углерода и азота отвальных пород. По данным И.Л. Клевенской с соавторами (1985), биомасса водорослей в отвальных субстратах в 30 раз превысила таковую в зональных почвах. Дефицит азота на начальных этапах освоения субстрата отвалов компенсировался развитием *Microcoleus vaginatus* и *Chlorhormidium montanum*. Эти виды водорослей способны аккумулировать азот из рассеянного состояния в воздухе и внутри грунтов отвалов за счёт деятельности олигонитрофильных бактерий, находящиеся в слизистых чехлах этих водорослей (Шушуева, 1977). По данным экспериментальных исследований в дерновинках *Chlorhormidium montanum* содержание азота колебалось от 2,29 до 2,38 %, что равноценно содержанию этого элемента у бобовых растений на отвалах и во много раз превышает содержание у злаков и разнотравья (Паринкина, 1990). По азотфиксации синезелёные водоросли не отличались от штаммов почвенных водорослей (Трофимов, Клевенская, 1989). Количество накопленного азота в условиях культуры за 45 дней составило от 28,7 до 62,3 мг N/г сухого вещества (Штина, 1985).

Водоросли играют немаловажную роль в перераспределении микроэлементов почвогрунтов: в их талломах по сравнению с образцами субстратов отвалов содержалось меди, марганца и цинка в 15–50 раз, а кобальта и молибдена в 3–4 раза больше (Шушуева, 1977). Помимо всего этого представители рода *Chlorhormidium* отдела зелёных водорослей способны выделять белок, хорошо усвояемый рядом беспозвоночных, тем самым, создавая зоны повышенной активности микробного пула (Некрасова, 1977).

Наблюдения за развитием альгологической компоненты в нарушенных экосистемах показали, что водоросли занимают ведущее положение в возврате органического вещества и химических элементов в почву (Артамонова, 1985). При этом резко возрастает функциональная нагрузка диатомовых водорослей, обусловленная повышенным содержанием воды и силикатных форм Fe_2O_3 и Al_2O_3 . Богатые жирами и высоким содержанием углерода они становятся центрами биологической активности. В восстановлении биогенного кремнезёма грунтов отвалов участвуют: *Hantzschia amphioxys*, *Pinnularia borealis*, *Navicula mutica* и другие виды (Шушуева, 1977). Численность живых клеток диатомовых водорослей в различные годы наблюдений достигала по ежемесячным определениям 569 тыс. кл./см², пустых панцирей – также иногда до 569 тыс. кл./см². Поглощение кремния происходит в виде раствора силикатной взвеси на клеточной мембране, а затем переводится в нерастворимую форму (Cameron, Blank, 1966). При этом установлено, что минимальное количество биогенного кремнезёма, поступившего в грунты после гибели диатомовых водорослей, составило 47,3–1 200,9 кг/га с максимумом на поверхности почвы без подстилки и травы. При этом общее биомассовое значение водорослей в грунтах отвалов, подверженных рекультивации, может варьировать от 3,06 до 32,2 г/м² в исследованном слое 0–1 см сырого веса (Шушуева, 1977).

Таким образом, появление и развитие водорослей в субстратах отвалов представляет первоначальный этап формирования альгогруппировок. Этот факт подтверждается и в пионерном освоении грунтов техногенных отвалов. При этом сформированные альгогруппировки играют важнейшую функциональную роль.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Артамонова, В.С. Развитие водорослевых сообществ в почвах при антропогенном воздействии / В.С. Артамонова // Микробиоценозы почв при антропогенном воздействии. - Новосибирск: Наука, 1985. – С. 111–123.
2. Голлербах, М.М., Штина, Э.А. Почвенные водоросли / М.М. Голлербах, Э.А. Штина. – Л.: Наука, 1969. – 228 с.
3. Дорохова, М.Ф. Формирование и значение группировок почвенных водорослей в условиях промышленного загрязнения (на примере угледобычи) / М.Ф. Дорохова / : Автореф. дис. ... канд. биол. наук. – М: МГУ, 1989. – 24 с.
4. Клевенская, И.Л., Трофимов, С.С., Таран, С.А. Сукцессия и функционирование микробиоценозов в молодых почвах техногенных экосистем Кузбасса / И.Л. Клевенская, С.С. Трофимов, С.А. Таран // Микробиоценозы почв при антропогенном воздействии. – Новосибирск: Наука, 1985. – С. 3–21.
5. Миркин, Б.М., Наумова, Л.Г., Соломещ, А.И. Современная наука о растительности / Б.М. Миркин, Л.Г. Наумова, А.И. Соломещ. – М: Логос, 2002. – 254 с.
6. Неганова, Л.Б. Развитие почвенных водорослей на промышленных отвалах как первый этап их зарастания / Л.Б. Неганова / : Автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Свердловск: УрГУ, 1975. – 22 с.
7. Некрасова, К.А. Использование мембранных фильтров в почвенно-альгологических исследованиях. // Журнал общей биологии. — 1977. – Т. 38. – № 1. – С. 41–47.
8. Пивоварова, Ж.Ф. Сравнительная характеристика альгосинузий под некоторыми растениями горных степей Исык-Кульской котловины Тянь-Шаня и юго-восточного Алтая / Ж.Ф. Пивоварова // Известия СО АН СССР. – 1974. – Вып. 5. – № 5. – С. 25–32.
9. Реймерс, Н.Ф. Природопользование: словарь-справочник / Н.Ф. Реймерс. – М: Наука, 1990. – 150 с.
10. Тарчевский, В.В., Штина, Э.А. Развитие водорослей на промышленных отвалах // Современное состояние и перспективы изучения почвенных водорослей в СССР / В.В. Тарчевский, Э.А. Штина / : Тезисы докладов межвуз. конф. / Кировск. с.-х. ин-т - Киров: Кировск. с.-х. ин-т, 1967. – Т. 20. – Вып. 40. – С. 146–150.
11. Трофимов, С.С., Клевенская, И.Л., Рагим-Заде, Ф.К. Проблема восстановления техногенно-нарушенных земель / С.С. Трофимов, И.Л. Клевенская, Ф.К. Рагим-Заде // Основы использования и охраны почв Западной Сибири. – Новосибирск: Наука, 1989. – С. 96–163.

12. Штина, Э.А., Неганова, Л.Б., Ельшина, Т.А. Особенности почвенной альгофлоры в условиях техногенного загрязнения. // - Почвоведение. – 1985. – № 10. – С. 97–107.
13. Шушуева, М.Г. Формирование водорослевых группировок на отвалах угольных разработок в Кузбассе / М.Г. Шушуева /: Автореф. дис. ... канд. биолог. наук. - Л.: ЛГУ, 1977. – 24 с.
14. Шушуева, М.Г. Почвенные водоросли в биогеоценозах степной зоны Северного Казахстана. - Ботан. журнал. – 1985. – Т. 70. – № 1. – С. 23–33.
15. Cameron, R.E., Blank, G. B. Soil studies-desert microphlora. XI. Desert soil algae survival at extremely low temperatures. // Space Progr. Summary / Jet Propulsion Lab. – 1966. – Vol. 4. – № 37–34. – P. 174–181.
16. Starmach, K. Flora Slodkowodna. Cyanophyta - sinice. Glauchophyta / K. Starmach. – Glauchofity. – Warszawa – Pastwowe wydawnictwo naukowe, 1966. – 807 p.

© Н.А. Малахова, Н.П. Миронычева-Токарева, 2010

УДК 556:504 (571.14)

П.В. Кузельная

СГГА, Новосибирск

ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МАЛЫХ РЕК НОВОСИБИРСКА

В статье дана геоэкологическая характеристика малых рек Новосибирска, показано изменение качества воды в водоемах, в результате негативного влияния города и даны рекомендации для ее улучшения.

P.V. Kuzelnia

Siberian State Academy of Geodesy (SSGA)

10 Plakhotnogo Ul., Novosibirsk, 630108, Russian Federation

THE GEOECOLOGICAL CHARACTERISTIC OF THE SMALL RIVERS OF NOVOSIBIRSK

In article the geoecological characteristic of the small rivers of Novosibirsk is given, change of quality of water in reservoirs is shown, as a result of negative influence of a city and recommendations for its improvement are given.

Малые реки оказывают существенное влияние на формирование качества воды более крупных водных объектов в черте города, вместе с тем являясь приемниками сточных и ливневых вод. Все малые реки города Новосибирска впадают в реку Обь, основной источник водоснабжения, образуя локальные очаги загрязнения, что серьезно сказывается на качестве потребляемой воды.

Река любого размера является природным фактором, поэтому может изменить свое русло, расход воды и ее состав. Процессы урбанизации могут усиливать изменения геоэкологических характеристик реки. Качество речной воды зависит от многих компонентов природной среды: жидких и твердых осадков, условий рельефа и геологического строения местности, грунтовых вод, характера почв и растительного покрова. Для малых рек свойственна незначительная самоочищающая способность, небольшой расход воды, малая водообеспеченность, небольшая скорость течения, малая глубина, что в совокупности определяет неблагоприятные условия смешения и разбавления загрязнений. Поэтому малые реки испытывают наибольшую антропогенную нагрузку, которая определяет потенциальную опасность ухудшения качества воды и нарушения условий водопользования на отдельных участках малых рек. В основном реки загрязнены хозяйственно-бытовыми и промышленными сточными водами. Все эти показатели находятся в тесном взаимодействии и для каждой реки проявляются по-разному. Именно поэтому для разработки

решений по стабилизации качества воды малых рек необходимо дать геоэкологическую характеристику каждой реки в отдельности.

В черте Новосибирска протекают малые реки Каменка, Ельцовка 1 и 2, Плющиха и Пашенка. До недавнего времени состояние рек характеризовалось специалистами как "очень грязное".

В результате того, что на большем протяжении вышеперечисленные реки протекают в районах жилой застройки, эта территория служит их водосбором. Кроме того в них осуществляется сброс большого количества сточных вод без очистки, в результате чего они интенсивно загрязняются, как отбросами животного происхождения, так и химическими токсическими веществами и бактериальной микрофлорой, расходы которых в сотни раз превышают расходы самих рек.

Река Каменка берёт своё начало в районе посёлка Ленинский на территории Новосибирского района. Протекает по территории Новосибирска в Дзержинском и Октябрьском районах города, одновременно является границей территорий Октябрьского и Центрального, Дзержинского и Октябрьского районов г. Новосибирска, впадает в р. Обь в районе старого железнодорожного моста.

Протяжённость реки – 24 км. Ширина до 7 м, глубина от 0,15 до 1,5 м. В р. Каменку впадает ряд притоков – ручьёв. В районе поселка Каменка Новосибирского района русло реки перегорожено дамбой и используется в качестве пруда – накопителя. На территории города от ул. Кошурникова и до впадения её в р. Обь русло Каменки забрано в железобетонный коллектор протяжённостью около 5 км и замыто песком.

Река Плющиха протекает в правобережной части города по территории Октябрьского района. Своё начало река берёт вблизи посёлка Раздольное, Новосибирского района, впадает в р. Иня в районе ул. Плющихинской.

Протяжённость реки 12 км, ширина до 5 м, глубина 0,15–0,6 м. В р. Плющиху впадает ряд притоков – ручьёв, протекающих в тальвегах оврагов и низин. Питание реки осуществляется паводковыми, поверхностными и подземными водами. Площадь бассейна водосбора составляет около 20 км, из них половина площадей водосбора расположена в городской черте. Районы садовых участков и частной застройки, примыкающие к реке, захламлены мусором и бытовыми отходами. В районе пересечения реки с ул. Большевицкой происходит заиливание русла.

Река Ельцовка-1 – самая короткая из всех водных объектов г. Новосибирска. Протяжённость реки – 6,5 км, ширина – до 3,0 м, глубина 0,1–0,8 м. Бассейн водостока реки полностью формируется на территории города. Питание реки осуществляется за счёт паводковых и поверхностных вод. Река пересекает территории Калининского и Заельцовского районов и впадает в р. Обь в районе начала ул. Шорная. Пойма р. Ельцовка-1 застроена плановыми гаражами, не оборудованными локальными очистными сооружениями, захламлена свалками бытового и строительного мусора, оказывающего отрицательное влияние на состояние загрязнённости водоёма. Водосбор реки усложнён тем, что на значительном протяжении (до 1,5 км на территории

Калининского района и до 1 км на территории Заельцовского района) русло реки заключено в трубу.

Река Тула протекает в левобережной части г. Новосибирска. Берёт свое начало на границе Новосибирского сельского и Ордынского районов. На территории города русло р. Тула является границей между территориями Ленинского и Кировского районов города до её пересечения с ул. Станиславского. Протяженность 25 км. В черте города 7–8 км ширина русла 4–5 м., глубина 0,25–0,5 м, скорость течения до 0,3 м/сек., расход воды 1.25 м³/сек.

Река Тула является одной из самых загрязнённых городских рек. Основные загрязнители – крупнейшие городские предприятия машиностроительного комплекса, стройиндустрии, металлообработки, расположенные в бассейне водосбора реки. Вследствие этого содержание загрязняющих веществ промышленного происхождения в речной воде превышает содержание ПДК по железу, меди, нефтепродуктам, фенолам, СПАВ, цинку и др. от нескольких ПДК до десятков раз.

Река Ельцовка-2 протекает по территории Калининского, Заельцовского районов в северо-восточной части г. Новосибирска и впадает в р. Обь в районе начала ул. 2-Сухарная. Истоком реки является озеро Спартак. Питание озера и реки осуществляется за счёт ключей, паводковых и поверхностных вод, а также за счёт сточных вод промышленных предприятий. Протяженность реки – около 12 км, ширина до 5 м, глубина 0,1–1,2 м. Площадь бассейна водосбора составляет около 20 км.

В своём течении по правому берегу в реку вливается ряд ручьёв. В верхнем течении река заключена в железобетонный коллектор, а речные долины перекрыты дамбами ныне не действующих золоотвалов № 1 и № 2 Новосибирской ТЭЦ-4. Размещение золоотвалов в русле реки привело к подтоплению и обводнению выше расположенных участков городской территории. Создана потенциально опасная экологическая ситуация, вызванная возможным заилением и разрушением коллекторов под чашей золоотвала № 2, что может вызвать подъём уровня воды

В своём нижнем течении река протекает по территории Заельцовского парка – наиболее благоприятной в экологическом плане территории, не подвергающейся значительному техногенному воздействию. Гидравлический режим работы реки также крайне неравномерен. Наибольшие расходы характерны для весеннего паводкового периода и периода интенсивных дождей.

Практически на всём протяжении реки территория водоохранных зон захламлена свалками мусора и промходов.

Стало очевидным, что эффективность мер по снижению загрязнения водоемов сточными водами зависит не только от техники их отчистки и обезвреживания, но и от комплексного решения ряда технико-экономических и плано-организационных задач.

Главная проблема малых рек в Новосибирске заключается в том, что они не имеют категорию водопользования, экологического статуса и установленных нормативов природопользования. Поэтому нельзя произвести количественный контроль над содержанием вредных веществ, сбрасываемых предприятиями,

оценить изменение качества воды, появление посторонних запахов и привкусов. Именно поэтому по берегам малых рек такое количество свалок, ведутся строительные работы, в ходе которых совершенно не учитывается близость воды. Поэтому уровень дна некоторых рек повысился на два-три метра, ухудшился водоток, подтопление близлежащих построек стало частым явлением. Во многих реках отмечено содержание солей тяжелых металлов. Тула, Плющиха, Ельцовка-1, Каменка по сути превратились в канализационные коллекторы.

Таким образом, для сохранения малых рек как компонентов природной среды необходимо:

- Источник малых рек и территорию вокруг сделать зоной рекреации, таким образом, сохраняя его от антропогенной деятельности, которая могла бы принести вред всей реки.
- Присвоить малым рекам определенный статус, создать нормативы по предельно допустимым сбросам, в которых бы учитывались: размер водоема, скорость течения и самоочищающаяся способность реки.
- Организовать локальную отчистку прибрежной зоны от многолетних загрязнений, а берега спланировать так, чтобы в водоемы не поступал поверхностный сток с территории города.

© П.В. Кужельная, 2010

УДК 504

М.А. Креймер

СГГА, Новосибирск

АНТРОПНЫЙ ПРИНЦИП В СОЗДАНИИ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ГРАДОСТРОИТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Обоснованы экологические, санитарно-гигиенические и эпидемиологические разделы ИСОГД на основе антропоного принципа.

M.A. Kreymer

SSGA, Novosibirsk

ANTHROPIC PRINCIPLE IN DESIGNING URBAN DEVELOPMENT INFORMATION SYSTEM

Ecological, sanitary-hygienic and epidemiologic sections of the urban development management information system are grounded on the basis of anthropic principle.

Наряду с законодательным и финансовым обеспечением социальной деятельности общества и экономической – государства, является важным информационное обеспечение человека, как носителя различных интересов. Градостроительный кодекс, направленный на удовлетворение территориальных интересов различных слоев общества, нуждается в документированных сведениях о развитии территории (статья 56). Модели развития территории заложены в других кодексах Российской Федерации и представлены следующим образом по категориям землепользования.

Земли водного фонда. Водный кодекс поделил территорию России на 20 бассейновых округов, в которых выделяются гидрографические районы и водохозяйственные участки, необходимые для разработки Схемы рационального использования и охраны водных ресурсов. По берегам рек устанавливаются водоохранные зоны. Эти региональные регламенты ограничивают строительство и устанавливают нормы допустимого воздействия на водные объекты при сбросе сточных вод.

Земли лесного фонда в интересах настоящих и будущих поколений поделены на леса, выполняющие защитные функции, эксплуатационные и резервные. В лесном кодексе определены правила районирования лесов, выделение лесничеств и лесопарков. Основным документом является Лесохозяйственный регламент, определяющий правила использования, охраны, защиты, воспроизводства лесов, виды разрешенного использования лесов; возрасты рубок, расчетную лесосеку, сроки использования лесов.

Особо охраняемые природные территории включают следующие территориальные образования: государственные природные заповедники, в том числе биосферные; национальные парки; природные парки; государственные природные заказники; памятники природы; дендрологические парки и ботанические сады; лечебно-оздоровительные местности и курорты; земли природоохранного, рекреационного и историко-культурного назначения.

Земли населенных пунктов могут включать другие категории землепользования, организованные в Генеральном плане как функциональные зоны. Несмотря на различные классификации, применяемые на землях населенных пунктов (санитарно-гигиенические, градостроительные), сохраняется геоэкологическое проектирование и экспертиза по охране атмосферного воздуха, воды водоемов, используемой в питьевых целях, санитарной очистки территории, проектирования полигонов по захоронению твердых бытовых отходов.

Охрана атмосферного воздуха на территории населенных пунктов осуществляется в соответствии с гигиеническими требованиями к обеспечению качества атмосферного воздуха населенных мест (СанПиН 2.1.6.1032-01) и обязательной организацией санитарно-защитных зон и санитарной классификацией предприятий, сооружений и иных объектов (СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03).

Гигиена воды водоемов обеспечивается при установлении двух категорий водопользования, места спуска сточных вод и контроля качества самоочищения до санитарно-гигиенических норм. Регламент приведен в гигиенических требованиях к охране поверхностных вод (СанПиН 2.1.5.980-00). Для сохранения качества питьевых вод путем снижения риска аварий создаются зоны санитарной охраны источников водоснабжения и водопроводов питьевого назначения (СанПиН 2.1.4.1110-02).

Гигиена почвы включает выполнение гигиенических требований к размещению и обезвреживанию отходов производства и потребления (СанПиН 2.1.7.1322-03).

Земли сельскохозяйственного назначения наиболее многочисленные и неразрывно связанные с биосферными процессами. Сельскохозяйственная деятельность человека усиливает миграцию химических элементов и вносит чужеродные в виде удобрений и ядохимикатов. На самих землях становятся актуальными проблемы истощения плодородия, деградации и химического загрязнения.

Земли промышленности включают не только территории с полезными ископаемыми и промышленными объектами, но и транспортные магистрали, связи. Эти объекты расположены «поверх» земель водного и лесного фонда. Они условно отделены от особо охраняемых природных территорий и земель населенных пунктов и сельскохозяйственного назначения. Поэтому для сосуществования на смежных территориях промышленные объекты в проектной документации должны иметь а) Проекты нормативов предельно допустимых выбросов вредных веществ в атмосферный воздух (ПДВ), б) Проекты нормативов предельно допустимых сбросов сточных вод в водоемы

(ПДС), и в) Проекты нормативов образования отходов и лимитов на их размещение (ПНООЛР). Эти затратные по стоимости исполнения и времени согласования документы, без которых экологические платежи взимаются в многократном размере.

Любая экономическая и социальная деятельность не может осуществляться вне требований Земельного кодекса, установившего 7 категорий землепользования и кадастровый учет земель. Как геоэкологические элементы они образуют следующую эволюционную последовательность. После образования круговорота воды в природе (именуемом как земли водного фонда) появились условия для устойчивого существования растительности (именуемой как земли лесного фонда). В последующем на них человек в своих интересах установил особо охраняемые природные территории. Территории с благоприятной средой обитания стали землями населенных пунктов, а плодородные – землями сельскохозяйственного назначения. Наличие полезных ископаемых и территорий, выгодных для инженерного строительства, позволили создать земли промышленности.

В нормотворческой иерархии градостроительный кодекс занимает верховное положение, но опирается на законодательные принципы перечисленных выше кодексов и федеральных законов. В информационной системе обеспечения градостроительной деятельности (ИСОГД) экологические и санитарно-гигиенические обстоятельства развития представлены в виде «иных необходимых ... сведений ... об изученности природных и техногенных условий на основании результатов инженерных изысканий».

Необходимо подчеркнуть, что ландшафтное районирование и административно-территориальное деление условны относительно биогеохимических процессов, в первом случае из-за многообразия природных комплексов и ограниченности методов экологических исследований, а во втором случае – зависят от политических возможностей и подчинены истории цивилизации. Обеспечение информацией в границах, предусмотренных градостроительным кодексом, всегда будет не полным, так как сама информация выстраивается в интересах «ведомственных» кодексов, без учета необходимой интеграции в градостроительной деятельности.

Для построения единого информационного пространства градостроительной деятельности необходимо принять «градостроительный квант», определяемый социально-биологической сущностью человека. Перечисленные выше природообразовательные проекты по категориям землепользования подтверждают наличие антропоного принципа, при всей его дискуссионности.

Ежесуточная потребность человека в питьевой воде предопределяет создание первой категории водопользования, зон санитарной охраны, разработку норм предельно допустимого воздействия на водные объекты, проекта водоохраных зон, Схемы рационального использования и охраны водных ресурсов, гидрографическое районирование и пр.

Ежесекундная потребность человека в атмосферном воздухе предопределяет функциональное зонирование территории населенного пункта,

обеспечение зелеными зонами для очищения воздуха, соблюдение предельной численности населения и негативных факторов в соответствующих зонах, создание санитарно-защитных зон вокруг опасных объектов и пр.

Спутником цивилизации является опережающий рост отходов, которые необходимо временно складировать на территории города, организовывать централизованный вывоз на полигоны, которые должны быть изолированы от возможности поступления ингредиентов и инфекций в окружающую среду.

Земная поверхность содержит старые свалки отходов, кладбища, скотомогильники; донные отложения рек и водоемов – ареалы токсических веществ и агентов инфекционных и паразитарных заболеваний.

Антропоцентрический принцип является важным методологическим положением для схемы территориального планирования, когда экономика региона должна быть самодостаточной и самокупаемой. Антропоцентрический принцип становится не нужным, если производится преимущественно продукция на экспорт. Если доходная часть бюджета зависит от источников сырья, научных достижений и наличия покупателей, то расходная часть – от демографического состояния общества. Разность двух частей определяет прибыль и законодательство по ее сбору и распределению.

Поэтому перед Схемой территориального планирования единицы административно-территориального деления и Генеральным планом населенного пункта стоят важные задачи интеграции условно, но локально распределенных биогеохимических процессов, которые сгруппированы по 6 категориям землепользования.

Информационная система обеспечения градостроительной деятельности в части прочей (экологической, санитарно-гигиенической и эпидемиологической) информации не будет привязана к сложившемуся административно-территориальному делению. Как правило, такая информация имеет количественное значение, изменяющееся с природными циклами, но не имеет качественных пороговых критериев. Для большинства показателей благоприятные уровни создаются и поддерживаются инженерно-техническими сооружениями и наличием самоочищающей способности объектов окружающей среды.

В устойчивом развитии единицы административно-территориального деления здания и сооружения будут играть историко-культурную роль и ИСОГД. Более важную роль играет изученность и наличие процессов самоочищения воды водоемов, атмосферного воздуха, обезвреживания отходов производства и жизнедеятельности. По крайней мере, в действующем санитарно-гигиеническом законодательстве учитывается этот природный фактор, который позволяет получать природную ренту. В градостроительном кодексе (2004 г.) отсутствует понимание роли процессов ассимиляции, используемые санитарной практикой.

В ИСОГД важным разделом должно стать таблично-графическое представление самоочищающей способности природных комплексов с учетом их экстремальных состояний.

УДК 574.4

Н.П. Косых, А.М. Перегон

Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, Новосибирск

ЛАНДШАФТНАЯ СТРУКТУРА БОЛОТ И ИХ ПРОДУКТИВНОСТЬ

Определена ландшафтная структура олиготрофных болотных массивов северной и южной подзон Западной Сибири. Дана количественная оценка вклада углерода с чистой первичной продукцией в заболоченные почвы исследуемых территорий.

N.P. Kosykh, A.M. Peregon

Institute of Soil Science and Agrochemistry SB RAS (ISSA SB RAS)

Novosibirsk, Russian Federation

LANDSCAPE STRUCTURE BOG AND THEIR PRODUCTION

Defined landscape structure oligotrophic bog North and South of sub-areas of Western Siberia. Describes quantification of carbon contribution with net primary production in peatlands.

Обширность и труднодоступность заболоченных территорий Западной Сибири определяют трудности в оценке площадей болот, которые к настоящему времени значительно устарели, отличаются невысокой точностью и часто не совпадают друг с другом. Основная цель данной работы заключалась в определении площадей различных типов болотных комплексов, которая позволит распространить данные количественной оценкой чистой первичной продукции болотных экосистем на болота подзон в пределах таежной зоны Западной Сибири.

В каждой подзоне в пределах таежной зоны Западной Сибири были заложены ключевые участки, для которых по материалам космической съемки созданы электронные карты, позволяющие оценить соотношение площадей основных типов ландшафтных единиц для выбранной территории. Возможность сравнения полученных результатов по площадным соотношениям ландшафтов и величины продукции обеспечивается наличием единой легенды. Оценка чистой первичной продукции (NPP) растительного покрова сделана по единым методикам, разработанных для определения продукции мхов, наземной и подземной продукции трав и кустарничков (Косых и др., 2003).

Расчетные сочетания микроландшафтов в пределах комплексных ландшафтов, полученные с помощью дистанционного метода, позволяют распространить экспериментальные данные по продукции отдельных видов растительности на всю территорию болотного массива и, в дальнейшем, на всю территорию подзоны. В подзоне северной тайги была создана электронная

ландшафтная карта масштаба 1 : 100 000 на основе материалов космической съемки (табл. 1).

Поскольку данные по продукции растительности в грядово-мочажинных комплексах были получены отдельно для гряд и мочажин, необходимо было определить их площадь. Соотношение площадей микроландшафтов в пределах олиготрофных болотных комплексов Северной тайги в отсутствии материалов дистанционного зондирования высокого разрешения было установлено экспертно (табл. 2).

Таблица 1 Площади основных типов ландшафтов на ключевом участке «Ноябрьск»

Типы ландшафтов	Площадь, га	% общей площади	%, площади болот и заболоченных лесов
Дренированные территории (автоморфные леса)	51 658	42	
Пойменные и долинные леса	4 551	5	
Заболоченные леса и лесоболотные комплексы	10 153	8	8
Сосново-кустарничково-сфагновые болота (рямы)	10 263	8	22
Олиготрофные болотные комплексы	11 435	10	43
Болотные комплексы на вечной мерзлоте	19 688	16	17
Мезотрофные болота (с преобладанием атмосферного питания)	3 152	3	7
Мезотрофные болота (атмосферное питание и грунтовые воды)	1 661	1	3
Озера	4 028	3	
Другие земли	5 430	4	
Площадь болот с учетом заболоченных лесов	56 352	46	
Общая площадь	122 018	100	

Таблица 2 Сочетания микроландшафтов в пределах олиготрофных болотных комплексов

Типы ландшафтов	Площадь экосистем				Общая площадь, га
	гряд % и га	мочажин % и га	Озерков, % и га	бугров, % и га	
Олиготрофные болотные комплексы	42 и 4803	37 и 4182	21 и 2450	-	100 и 11 435
Болотные комплексы на вечной мерзлоте	0	25 и 5002	34 и 6684	41 и 8002	100 и 19 688
Итого:	4 803	9 184	9 132	8 002	31 123

В выделенных микроландшафтах была определена продукция наиболее распространенных экосистем, которая представлена в табл. 3. Продукция рассчитана как средняя величина, определенная за три года наблюдений. Продукция изменяется на севере зоны от 178 до 480 гС/м² в год. Основной вклад в продукцию дают три фракции растительного вещества. Наибольший вклад в общую продукцию дает фракция подземных органов (BNP) и затем фракция мхов (ANPмхов). Вклад надземной продукции (ANPтрав и кустарничков) не превышает 10 %.

Таблица 3 Продукция основных типов экосистем северной тайги, гС/м² в год

Экосистема	ANP трав и кустарничков	ANP мхов	BNP подземных органов	Всего
Типичный рям (гряда)	68	139	120	327
Низкий рям (бугры)	35	99	147	281
Олиготрофная мочажина	8	98	72	178
Мезотрофная мочажина	38	109	202	349
Долинное болото	45	118	317	480

Пониженные элементы рельефа представлены олиготрофными, мезотрофными мочажинами и мезотрофным болотом с доминированием осок. Низкая трофность в олиготрофных мочажинах приводит к минимальной продукции среди всех экосистем северной тайги. С повышением трофности, в мезотрофных мочажинах и в мочажинах речных долин, увеличивается продукция в 2–2,5 раза. Растительность повышенные элементы рельефа (гряды и бугры), где доминируют кустарнички, дают промежуточную среднюю величину продукции между олиготрофной и мезотрофной мочажинами. На севере лимитирующим фактором продукционного процесса наряду с низким питательным режимом является вечная мерзлота. И на мерзлых буграх продукция снижается до 281 гС/м² в год, на грядках же, где происходит протаивание сезонной мерзлоты продукция выше.

В южной тайге были использованы данные космической съемки для ключевого участка “Плотниково” и составлена электронная ландшафтная карта с основными типами ландшафтов (табл. 4).

Таблица 4 Площади основных типов ландшафтов на ключевом участке
«Плотниково»

Типы ландшафтов	Площадь на ключевом участке, га	%, от общей площади территории	%, площади болот и заболоченных лесов
Дренированные территории (автоморфные леса)	8 164	10	
Пойменные и долинные леса	2 664	4	
Заболоченные леса и лесо-болотные комплексы	21 760	30	40
Сосново-кустарничково-сфагновые болота (рямы)	9 419	12	17
Олиготрофные болотные комплексы	10 902	15	20
Мезотрофные болота (с преобладанием атмосферного питания)	8 335	11	15
Мезотрофные болота (атмосферное питание и грунтовые воды)	2 474	3	5
Евтрофные болота	2 523	3	4
Озера	10	0,01	
Осушенные болота	6 497	10	
Другие земли	2 374	2	
В том числе болот и заболоченных лесов	55 413	84	
Общая площадь	75 122	100	

Таблица 5 Сочетания микроландшафтов в пределах олиготрофных болотных
комплексов

Типы микроландшафта (в пределах олиготрофных болотных комплексов)	Площадь гряд % и га	Площадь мочажин % и га	Площадь озер и озерков, % и га	Общая площадь, га
Олиготрофные и мезо- олиготрофные грядово- мочажинные комплексы	22 % 1 472,0	78 % 5 218,98	-	6 691,0
Грядово-мочажинные комплексы с редкими озерками	<8 % 309,7	92 % 3 553,2	0,2 7,4	3 870,4
Грядово-мочажинно- озерковые гетеротрофные комплексы	8 % 27,2	71 % 241,8	21 % 71,5	340,5
Итого:	1 809 (16 %)	9 013,9 (83 %)	78,9 (<1)	10 902,0

Таблица 6 Продукция основных типов экосистем южной тайги, гС/м² в год

	АНР трав и кустарничков	АНР мхов	ВНР подземных органов	Всего
Типичный рям	54	187	354	595
Низкий рям	35	201	151	387
Олиготрофная мочажина	34	125	100	359
Мезотрофная мочажина	82	176	342	600
Евтрофное болото	85	86	1289	1460

Таблица 7 Площади (га) и продукция (тС в год) болотных сообществ

Ключевой участок	Ноябрьск		Плотниково	
Типы сообществ	S	NPP	S	NPP
Сосново-кустарничково-сфагновые болота (рямы)	10263	33560	9 419	56043
Сосново-кустарничково-сфагновые сообщества (гряды)	4803	15706	1 809	7001
Кустарничково-сфагново-лишайниковые сообщества на мерзлых буграх	8002	22486	0	0
Олиготрофные мочажины (с преобладанием атмосферного питания)	9184	23374	17 349	62283
Мезотрофные болота (с преобладанием атмосферного питания)	3152	11000		0
Мезотрофные болота	1661	7973	2 474	14844
Евтрофные болота	0		2 523	36836
Озера и озерки	13160		89	0
Общая площадь болот (включая озера)	50226		33663	0
Общая продукция (NPP) болот		114099		177007

Таким образом, выполненная работа показывает, что имеющиеся возможности по уточнению площадей и разнообразия болотных экосистем, запасов фитомассы и заключенного в них углерода еще не реализованы полностью. Для повышения достоверности информации о запасах углерода в экосистемах торфяных болот Сибири необходимо дальнейшее уточнение их площадей с учетом депонируемого растительного материала.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Васильев, С.В. Пространственная структура и продуктивность мохового покрова верхового болота средней тайги Западной Сибири /Васильев, С.В., Косых, Н.П., Перегон, А.М., Вологжина, О.В. // Вестн. Томского ун-та, 2002. – № 2. – С. 93–97.
2. Косых, Н.П. Продуктивность болот южной тайги Западной Сибири /Косых, Н.П., Миронычева-Токарева, Н.П., Блейтен, В. // Вестн. ТГУ, 2002. – № 2. – С. 142–152.

© Н.П. Косых, А.М. Перегон, 2010

УДК 574.4

Н.П. Косых, Е.К. Вишнякова

Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, Новосибирск

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПИТАТЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ НА БОЛОТАХ С УЧЕТОМ ИХ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ СТРУКТУРЫ

В статье рассмотрено распределение питательных элементов с учетом пространственной структуры болотного массива. Определен вклад питательных элементов продукционно-деструкционных процессов всей заболоченной территории.

N.P. Kosykh, E.K. Vishnyakova

Institute of Soil Science and Agrochemistry SB RAS (ISSA SB RAS)

Novosibirsk, Russian Federation

DISTRIBUTION OF NUTRIENTS IN WETLANDS WITH THEIR SPATIAL STRUCTURE

Describes the distribution of nutrients, taking into account the spatial structure of peatlands. Defined contribution nutrients production-decomposition processes throughout wetland of territory.

Западно-Сибирская равнина занимает площадь около 2,6 млн. км². Из-за сильной выравненности рельефа в сочетании с ограниченной инфильтрационной способностью и слабой проницаемостью подстилающих пород, процесс торфонакопления охватил большую часть равнины. Наибольшая заторфованность территории наблюдается в средней тайге, где заболоченность достигает максимальной величины – 34 %, а в отдельных ее областях до 70 %. Огромные площади болот имеют огромное влияние на изменение климата и играют большую роль в процессах происходящих в глобальных циклах макроэлементов. Исследование процессов и их компонентов, происходящих на заболоченных территориях недостаточно. Основная цель данной работы заключается в оценке основных компонентов баланса питательных элементов на заболоченной территории ключевого участка с учетом площадей различных типов болотных комплексов для подзоны средней тайги Западной Сибири.

В подзоне средней тайги Западной Сибири заложен ключевой участок «Самотлор», репрезентативный для территории средней тайги. Соотношение площадей основных типов ландшафтных единиц ключевого участка Самотлор (Васильев и др., 2002) и ключевого участка «Ханты-Мансийск» близки (Лапшина, Филлипов, 2007). Для ключевого участка «Самотлор» по материалам космической съемки созданы электронные карты, позволяющие оценить соотношение площадей основных типов экосистем для выбранной территории,

на которые в дальнейшем можно наложить экспериментальные данные биологической продуктивности. Подробная характеристика пробных площадей и экосистем олиготрофного болота и методы определения продуктивности даны в статье (Kosykh et al., 2008). Эксперименты по определению скорости разложения растительных остатков доминантных видов в торфяном слое олиготрофных болотных комплексов в средней тайге велись в течение 3 лет (Паршина, 2009).

Результаты и обсуждение

Расчетные сочетания экосистем в пределах комплексных ландшафтов, полученные с помощью дистанционного метода, позволяют распространить экспериментальные данные продукционно-деструкционных процессов, на всю территорию болотного массива и, в дальнейшем, на всю территорию подзоны (табл. 1). Для составления электронной ландшафтной карты был выбран участок олиготрофного болотного массива Самотлор в окрестностях г. Нижневартовск. Использовались цветные, не трансформированные космические снимки масштаба 1 : 60 000 (разрешение 600 т/дюйм).

Таблица 1 Площади основных типов ландшафтов на ключевом участке (по: Васильев и др., 2002)

Типы ландшафтов	Площадь на ключевом участке, га	%, от общей площади территории	%, площади болот
Дренированные территории (автоморфные леса)	149,1	5	
Пойменные и долинные леса	2,7	0,3	
Заболоченные леса и лесоболотные комплексы	18,3	0,7	1
Сосново-кустарничково-сфагновые болота (рямы)	403,0	15	18
Олиготрофные болотные комплексы	1 793,7	64	76
Мезотрофные болота и болотные комплексы	108,8	3	5
Озера	216,7	7	
Другие земли	100,5	5	
В том числе болот и заболоченных лесов	2 323,8	83	
Общая площадь	2 792,8	100	

Для анализа болотных массивов с неоднородной ландшафтной структурой – олиготрофных болотных комплексов, с использованием имеющихся исходных материалов высокого разрешения, дополнительно были составлены крупномасштабные карты на основе метода «вложенных ключей». В результате выявлено 8 типов микроландшафтов, составляющих олиготрофные болотные комплексы. Для каждого из них рассчитано площадное соотношение экосистем гряд, мочажин и озерков.

Анализ величины и структуры общего запаса, прироста, текущего изменения и отпада фитомассы, а также потребления, закрепления и возврата

элементов почвенного питания в экосистемах болотного массива в целом позволяет отметить ряд особенностей их формирования. Количество мортмассы на территории 2 522 га формирует до 83 047 тС и живой фитомассы 17 816 тС, каждый год 42 % от этого количества вносится с чистой первичной продукцией (табл. 2). Половина от поступившего каждый год в процессе разложения покидает территорию массива. Количество фитомассы *сосново-кустарничково-сфагновых* сообществ рямов и гряд чуть больше по сравнению с запасами в олиготрофных мочажинах. Несмотря на улучшение экологических условий в экосистемах мезотрофных мочажин и ускорения процесса развития травостоя запасы фитомассы в 10 раз меньше, чем в олиготрофных мочажинах из-за их большего распространения. Запасы фитомассы территории изменяются от 990 до 4 400 тС и мортмассы от 3 543 до 4 800 тС в зависимости от типа экосистемы болотного массива.

Таблица 2 Площади болотных экосистем (S) и компонентов углеродного баланса (М – мортмасса, LB – живая биомасса, NPP – чистая первичная продукция, Дес. – разложение растительных остатков) территории болотного массива

Экосистемы	S, га	М, тС	LB, тС	NPP, тС в год	Дес., тС в год
Сосново-кустарничково-сфагновые болота (рямы)	403	17274	4433	1815	500,7
Сосново-кустарничково-сфагновые сообщества (гряды)	478,5	20431	4334	1767	481,3
Олиготрофные мочажины (с преобладанием атмосферного питания)	1021	41800	8062	3318	512
Мезотрофные болота (с преобладанием атмосферного питания)	108,8	3543	987,2	612,2	162,3
Озера и озёрки	511,2				
всего	2522	83047	17816	7512	1656

Для фитомассы гряд и рямов, так же как и мочажин характерно высокое содержание азота. Запасы азота его в экосистемах гряд (67 т), немного ниже содержание его в рямовых экосистемах (61 т), максимальное количество в бедных мочажинах – 73 г/м² в мезотрофной топи уменьшается до 14 т. Во всех фракциях фитомассы азота больше, чем любого другого элемента. Приведенные данные характеризуют общие черты распределения и миграции масс в растительности болот зоны средней тайги. В период функционирования экосистем в сосново-кустарничково-сфагновых сообществах рямов и гряд накопление в живой фитомассе достигает около 137–156 т элементов питания, в том числе азота 61–67 т, кальция около 30 т, калия 33–41т, магния 11–14 и

фосфора 4–5 т (рис. 1-а). В мезотрофной топи эти показатели составляют соответственно 14, 12, 6, 2 и 1.0 т. В олиготрофных мочажинах емкость круговорота элементов питания во много раз больше. Общая емкость биологического круговорота веществ в экосистемах олиготрофных мочажин в 1,5 раза больше по сравнению с повышенными участками болота (рямы и гряды) и 9 раз больше, чем в экосистемах мезотрофных мочажин.

Продукция экосистем болотного массива составляет 612–3 320 тС в год в зависимости типа экосистемы. С приростом вовлекается в биологический круговорот запасы элементов питания от 24 т в экосистемах мезотрофных мочажин, в сообществах рямов и гряд 51–63, и максимума достигает в олиготрофных мочажинах – 71 т в год. В том числе азота в грядках и рямах 25–28 т, кальция 8–10 т, калия 12–17 т, магния 3–5 и фосфора около 2 т (рис. 1-б). В мезотрофной топи эти показатели составляют соответственно 9.5, 8, 4.0, 1.2 и 0.8 т. В олиготрофной мочажине потребление с приростом элементов питания намного больше и составляют соответственно 29 N, 9 Ca, 23 K, 6 Mg, 3.2 P т в год.

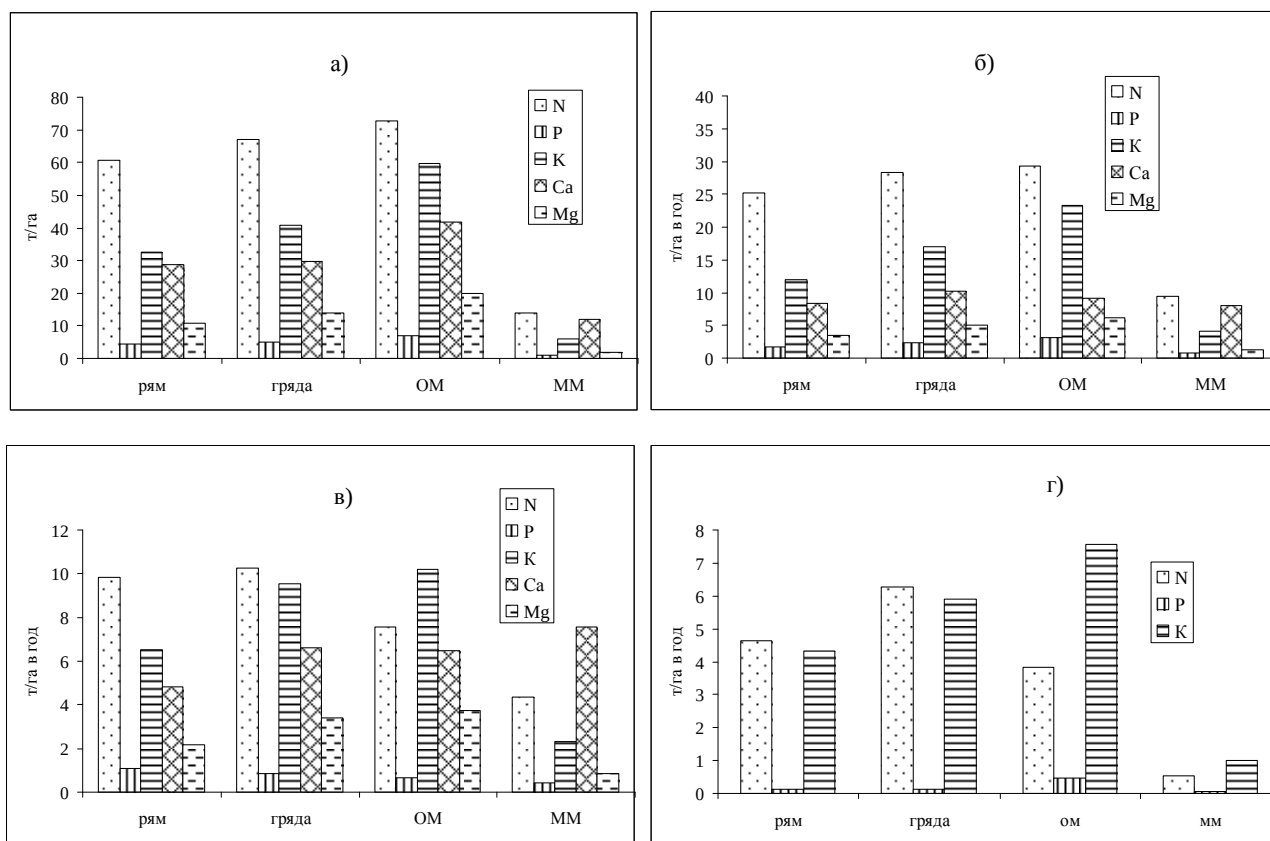


Рис. 1. Распределение запасов химических элементов в живой фитомассе (а), потребление химических элементов с чистой первичной продукцией (б), потери химических элементов при разложении (в), возвращение химических элементов в процессе ресинтеза (г) в экосистемах болотного массива (ом – олиготрофная мочажина, мм – мезотрофная мочажина)

Скорость разложения составляет от 160 до 513 тС в год со всей площади болота. При разложении потери элементов составляют около 10 т азота, 14,8–6,6 т Са, 6–10 К, 2–3.4 Mg, 0,8–1,1 Р т в год в экосистемах повышенных элементов

рельефа (гряды и рямы), 4.4 азота, 7.5 Са, 2.3 К, 0.9 Mg, 0.4 Р т в год в экосистемах мезотрофных топей (рис. 1-в). Максимальные потери при разложении наблюдаются в олиготрофных мочажинах 7.5 азота, 6.5 кальция, 10.2 калия, 3.8 магния, 0.6 т в год фосфора.

В процессе ресинтеза из зеленых листьев трав, кустарничков и мхов, возвращение питательных элементов (N, P, K) в болотном массиве составляет от 1.6 т до 12,3 т или 10–33 % от потребления возвращается в экосистему (рис. 1-г). На повышенных элементах рельефа (гряды и рямы) ресинтез N максимален.

Выполненная работа показывает, что особенностью биологического круговорота в болотных экосистемах является продолжительное задерживание поглощенных химических элементов в растительном веществе. По этой причине общая масса растительного вещества в деятельном слое в болотных фитоценозов в 6–14 раза больше массы прироста. Замедленность движения масс элементов в системе биологического круговорота в болотных экосистемах усиливается тем, что основная часть биомассы (около 80–90 %) находится в торфе, и отмирающие части сфагновых мхов задерживаются в толще, образуя обильную сфагновую подстилку.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Kosykh, N.P. Net primary production in peatlands of middle taiga region in western Siberia /Kosykh N.P., Mironycheva-Tokareva N.P., Peregon A.M., and E.K. Parshina // Russian Journal of Ecology. – 2008. – vol. 39. – № 7. – p. 466–474.
2. Паршина, Е.К. Автореферат диссертации на соискание ученой степени к.б.н. «Деструкция растительного вещества в болотных экосистемах таежной и лесотундровой зон Западной Сибири. – Томск, 2009.
3. Васильев, С.В. Пространственная структура и продуктивность мохового покрова верховых болот средней тайги Западной Сибири. /Васильев С.В., Косых Н.П., Перегон А.М., Воложнина О.В. – Вестник ТГУ, 2002.
4. Lapshina, E.D. Classification of mire landscapes for estimation of carbon cycling of peatlands of northern West Siberia / Lapshina E.D., Fillipov I.V., Bleuten W. //Торфяники Западной Сибири и цикл углерода: прошлое и настоящее: Тез.докл.Междунар.полевого симпозиума18-22 августа 2001 г. – Ноябрьск, 2001. – с. 16–17.

© Н.П. Косых, Е.К. Вишнякова, 2010

УДК 631.484

Н.Г. Коронатова, Е.В. Миляева

Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, Новосибирск

Сибирская Государственная Геодезическая Академия, Новосибирск

ВЛИЯНИЕ РАСТИТЕЛЬНОСТИ НА ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МОЛОДЫХ ПОЧВ ВЫРАБОТАННЫХ КАРЬЕРОВ

В статье рассмотрено влияние растительного покрова на гидротермические свойства и объемный вес почвенно-грунтовых толщ выработанных песчаных и супесчаных карьеров в подзоне северной тайги Западной Сибири. Для молодых почв карьеров характерны глубокое прогревание в летний период и низкие значения влажности. Сомкнутый растительный покров способствует снижению прогревания и некоторому увеличению влажности песчаных толщ. Почвенно-грунтовые толщи карьеров уплотнены, развитие растительности приводит к снижению объемного веса за счет разрыхляющего действия корневой системы и накопления органических остатков.

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

INFLUENCE OF VEGETATION ON PHYSICAL PROPERTIES OF DEVELOPING SOILS IN POST-MINED QUARRIES

In the paper the influence of vegetation on hydrothermal properties and density of developing soils in sandy and sandy loam quarries in the northern taiga of Western Siberia is considered. Developing soils in these quarries are characterized by deep warming up and low values of moisture. Vegetative cover of high compactness cause decreasing of warming and some increasing of moisture values in sandy soils. Developing soils of quarries are characterized by the high density, and plant cover resulted in decline of density estimates due to unconsolidated effect of roots and organic remains accumulation.

Развитие почвенно-растительного покрова в ходе первичной сукцессии представляет как теоретический, так и практический интерес в плане разработки способов рекультивации нарушенных земель. В подзоне северной тайги Западной Сибири типичным техногенным ландшафтом являются выработанные песчаные карьеры, являющиеся полигоном, на котором развивается первичная сукцессия. В ходе сукцессии вынесенные на дневную

поверхность четвертичные песчаные породы заселяются живыми организмами, и здесь происходит формирование молодых почв.

Цель данной статьи – рассмотреть, как развитие растительности влияет на физические свойства молодых почв в выработанных песчаных карьерах северной тайги Западной Сибири.

Объектами исследования были самозарастающие карьерные выработки, расположенные возле г. Ноябрьска (63°с.ш., 75°в.д.) и характеризующиеся разным временем зарастания (разным возрастом). Исследования проводились на пяти карьерах, возраст которых в начале исследования был следующим:

1-летний (K1): песчаный с очень разреженным травяным фитоценозом, общее проективное покрытие (ОПП) 5–10 %, частично отсыпан торфом, на дне карьера образовалось несколько небольших водоемов из-за выхода грунтовых вод;

7-летний (K7): супесчаный с разнотравно-злаковым фитоценозом, ОПП 25-30 %, на дне образовалось озеро из-за выхода грунтовых вод;

15-летний (K15): песчаный с сосновым древостоем без травяного покрова, ОПП 15 %, грунтовые воды расположены глубоко;

20-летний (K20): песчаный с вейниковым фитоценозом (ОПП 90 %), на дне образовалось озеро, карьер ранее использовался для складирования бытовых и строительных отходов;

20-летний (K21): супесчаный с березовым древостоем без травяного покрова, ОПП 70-80 %, грунтовые воды расположены глубоко.

Площадь карьеров 3-21 га, их дно расположено ниже уровня дневной поверхности на 4-7 м. Обнажившиеся породы, на которых происходит поселение растительности и развиваются почвенные процессы, представлены четвертичными песками и супесями. Все карьеры, за исключением K21, спланированы и выположены, угол наклона их бортов не превышает 18°.

На каждом карьере несколько раз за вегетационный период в течение трех лет делались почвенные разрезы для определения влажности термовесовым методом, а также определялась температура почвенно-грунтовых толщ термометрами Савинова. Единожды за время изучения в двукратной повторности отбирались пробы для определения объемного веса цилиндрами-бурами Качинского [Вадюнина, Корчагина, 1973].

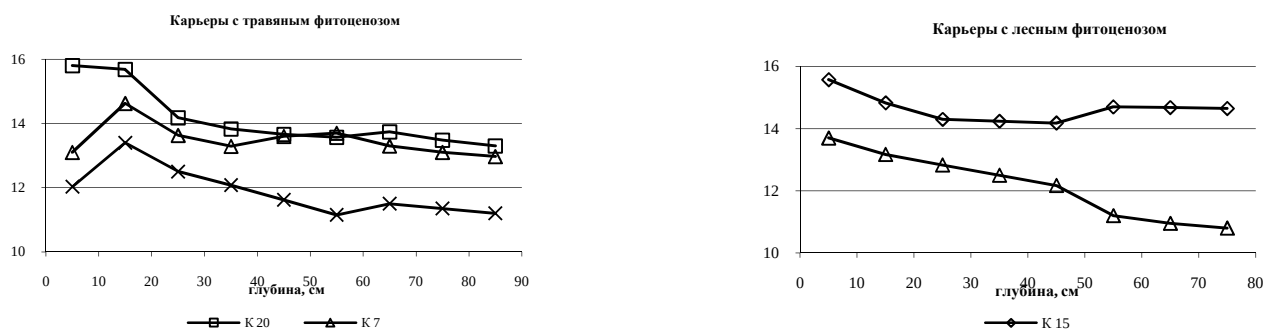


Рис. 1. Усредненные за три года значения летних температур почвенно-грунтовых толщ карьеров, °С

Значения температуры, полученные для почвенно-грунтовых толщ карьеров, свидетельствуют о глубоком прогревании песчаных пород в летний период (рис. 1). Наиболее прогретым был верхний слой, с глубиной температура постепенно уменьшалась, но и на глубине 70-80 см составляла больше 10 °С. Период активных температур (< 10 °С) продолжался в течение всего времени наблюдений: с конца июня до конца августа. В верхнем десятисантиметровом слое в июне температура была от 11 до 19 °С, в июле - от 12 до 21 °С, в августе - от 13 до 17 °С на разных карьерах в разные годы. Температура на поверхности почвы иногда оказывалась сниженной по сравнению с верхним горизонтом, что объясняется охлаждающим влиянием ветра. Среди карьеров с травяной растительностью наиболее прогретой была почва К20, что можно объяснить тепляющим действием растительных остатков в ней. Самыми холодными оказались почвы К1 в связи с теплоизолирующим влиянием торфяного слоя, а также почва К21, где ее поверхность была полностью затенена деревьями. В целом, по степени уменьшения прогреваемости почвенно-грунтовых толщ, карьеры можно расположить в следующей последовательности: карьер с разреженным сосновым древостоем К15 – карьеры с травяным фитоценозом К20 и К7 – карьер с сомкнутым березовым древостоем К20 – самый молодой карьер с торфяной отсыпкой К1. Таким образом, развивающийся на карьерах растительный покров, а также наличие теплоизолирующего торфяного слоя способствуют снижению степени прогретости почвенно-грунтовых толщ карьеров.

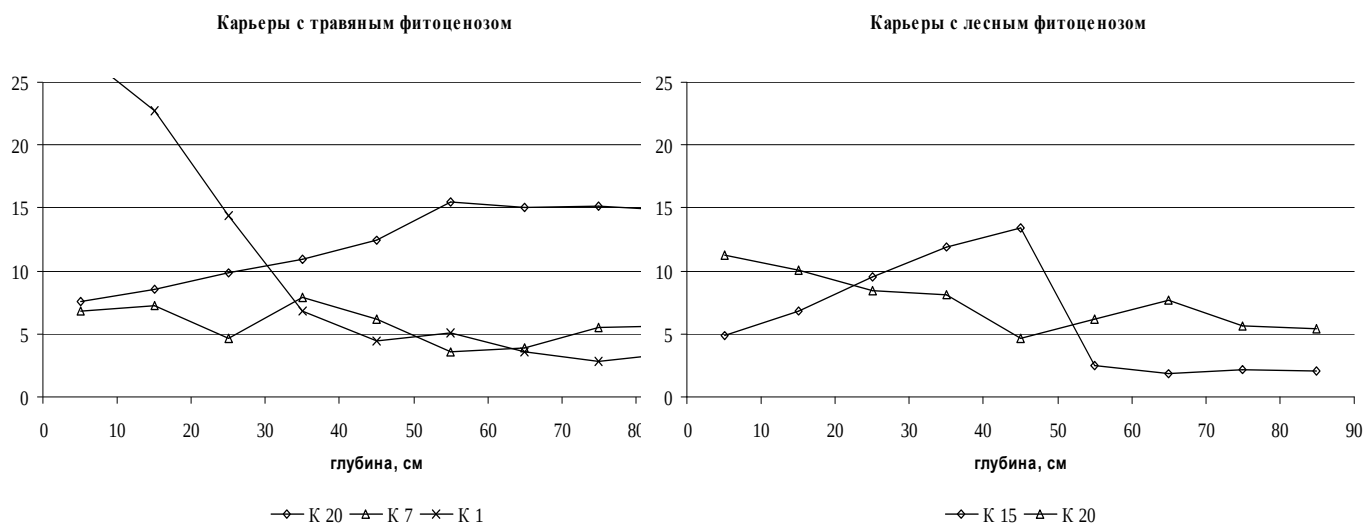


Рис. 2. Усредненные за три года значения влажности почвенно-грунтовых толщ карьеров в летние периоды, %

Влажность почвы на К1 с разреженным растительным покровом (рис. 2) в почвообразующей породе была низка (в среднем от 2 до 7 %), в слое торфа отмечались максимальные значения влажности, которые в зависимости от конкретных погодных условий варьировали в очень широком диапазоне: от 11 до 41 %. На более заросшем К7 влажность была несколько выше (2-10 %, и до

14 % в отдельных слоях), в связи с супесчаным составом почвенно-грунтовой толщи и, возможно, затенением растительностью. На К15 с разреженным сосновым древостоем график влажности отражает двучленный характер породы и типичен для случая, когда мелкопористая порода подстилается крупнопористой [Роде, 1955]. При этом суглинистый слой дополнительно играет роль водоупора, поэтому значения влажности резко возрастали в слое 0-50 см. Ниже 50 см на данном карьере значения влажности были минимальны и не превысили 1–3 %. На К21 с сомкнутым березовым древостоем супесчаный характер пород обуславливает более высокие значения влажности, которые варьировали от 4 до 13 %. Здесь имелось небольшое увеличение влажности в верхних 20-30 см в связи с накоплением органического вещества. На К20 с сомкнутым вейниковым фитоценозом были отмечены наиболее высокие значения влажности по сравнению с другими карьерами: от 4 до 19 %. Здесь проявлялась тенденция к увеличению влажности с глубиной в связи с близким залеганием грунтовых вод (от 100 до 120 см в разные годы) и влиянием капиллярной каймы. Повышение влажности в верхнем слое почвенно-грунтовой толщи данного карьера может быть связано с большей долей мелкопесчаной фракции и физической глины, влиянием сомкнутого растительного покрова и большим накоплением органического вещества. Таким образом, влажность молодых почв зависела от гранулометрического состава, содержания физической глины, растительности и наличия органического вещества и изменялась в разные месяцы и годы в зависимости от погодных условий. Растительность оказывала влияние на влажность почв в верхнем двадцатисантиметровом слое на тех карьерах, где ОПП было выше 50 %.

Объемный вес (ОВ) зависит от плотности укладки структурных элементов, содержания органического вещества и пористости [Гаель, Смирнова, 1999]. Объемный вес в зональных альфегумусовых почвах проявляет тенденцию увеличиваться с глубиной [Добровольский, Никитин, Афанасьева, 1981]. Так, в зоне северной тайги на Кольском полуострове на иллювиально-гумусных песчаных и супесчаных подзолах ОВ увеличивается с глубиной от 1,13 до 1,54 г/см³ [Семко, 1980]. В нашем случае изменения значения ОВ по профилю индивидуально для каждого карьера и зависит от гранулометрического состава пород, а также от плотности упаковки и степени развития растительного покрова (табл. 1). Для всех карьеров характерны повышенные значения ОВ по сравнению с зональными почвами в связи с уплотнением породы при эксплуатации и планировке карьеров. Таким образом, зональные черты присутствуют только в почве двадцатилетнего травяного карьера К20, где происходит увеличение ОВ с глубиной.

Таблица 1 Объемный вес почвенно-грунтовых толщ карьеров, г/см³

Глубина, см	К1	К7	К15	К21	К20
0-5	0,82	1,55	1,40	1,26	1,53
20-30	1,59	1,78	1,37	1,28	1,50
50-60	1,46	1,64	1,52	1,31	1,61
70-80	1,56	1,63	1,49	1,31	1,74

На песчаных карьерах К1 и К15 минеральная порода имела ОВ от 1,37 до 1,59 г/см³, что типично для песка (см. табл. 1). Уменьшение ОВ на глубине 30 см карьера К15 связано с наличием суглинистой прослойки. На песчаном карьере К20 наблюдалось увеличение ОВ с глубиной до 1,74 г/см³ в связи с накоплением соединений железа и наличием горизонта железистого иллювия. На К7 значения ОВ достаточно велики и составляют от 1,55 до 1,78 г/см³, что связано с гексагональной укладкой частиц, уплотненностью и уменьшенной пористостью. Максимальное значение на глубине 20-30 см связано с наличием горизонта железистого иллювия. На супесчаном карьере К21 значения ОВ были самыми низкими (1,26-1,31 г/см³) в связи с суглинистым составом, разрыхляющим действием корневой системы деревьев и наличием органических остатков.

Растительность, которая поселяется и развивается на песчаных и супесчаных карьерах северной тайги, с первых же лет сукцессии начинает оказывать влияние на физические свойства среды своего обитания, в частности почвенно-грунтовых толщ, и изменять их. Известно, что зональные почвы характеризуются слабым прогреванием в летний период и повышенной увлажненностью. Почвенно-грунтовые толщи карьеров, напротив, хорошогреваются и имеют чрезвычайно низкие значения влажности. Поселяющаяся растительность, затеняя поверхность песка, обуславливает меньшее прогревание и увеличение увлажненности молодых почв, то есть способствует постепенному изменению их гидротермических свойств в сторону зональных почв.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Вадюнина, А.Ф. Методы исследования физических свойств почв и грунтов [Текст] / А.Ф. Вадюнина, З.А. Корчагина // Методы исследования физических свойств почв и грунтов: Учеб. пособие. – М.: Высшая школа, 1973. — 416 с.
2. Гаель, А.Г. Пески и песчаные почвы [Текст] / А.Г. Гаель, Л.Ф. Смирнова // Пески и песчаные почвы. – М.: ГЕОС, 1999. – 252 с.
3. Добровольский, Г.В. Таежное почвообразование в континентальных условиях [Текст] / Г.В. Добровольский, Е.Д. Никитин, Т.В. Афанасьева // Таежное почвообразование в континентальных условиях. – М.: Изд-во МГУ, 1981. – 216 с.
4. Роде, А.А. Водные свойства почв и грунтов [Текст] / А.А. Роде // Водные свойства почв и грунтов. – М.: Изд-во АН СССР, 1955. – 132 с.
5. Семко, А.П. Гидротермический режим целинных и окультуренных почв северной тайги Кольского полуострова [Текст] / А.П. Семко // Автореф. дисс. ... канд. биол. наук. - Л., 1980. – 24 с.

УДК 581.5

Е.В. Миляева, Н.П. Миронычева-Токарева

СГГА, ИПА СО РАН, Новосибирск

ФИТОИНДИКАЦИЯ ГИДРОМОРФОЛОГИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ, ВЫЗВАННЫХ НАРУШЕНИЕМ СТОКА БОЛОТНЫХ ВОД

В статье приводятся данные анализа временных изменений в растительности болотных экосистем, связанных с прямым и опосредованным антропогенным воздействием на гидрологическую составляющую болотного ландшафта, с применением метода фитоиндикации. Установлено, что на подтопленных участках, увеличивается площадь мочажин и озерков а растительность меняется в сторону обилия гигрофитов (осока топяная, вахта трехлистная) и мочажинных сфагновых мхов, также встречается озерная растительность – пузырчатка. На осушенном участке происходит смена древесного яруса, появляется подрост березы бородавчатой.

Ye.V. Milyayeva, N.P. Mironycheva-Tokareva

SSGA, The Institute of Soil Science and Agrochemistry, Siberian Branch of Russian Academy of Sciences, Novosibirsk

PHYTOINDICATION OF HYDROMORPHOLOGICAL CHANGES DUE TO THE DISTURBANCE OF STAGNANT WATERS FLOW

The article presents the analysis of the time changes in mire ecosystems vegetation due to the direct and mediate anthropogenic effect on the hydrological component of the mire landscape using phytoindication methods. It has been found that on the flooded lands the area of the hollows and lakelets grows and the vegetation turns into the abundance of hygrophytes (mud sedge and bogbean) and hollow sphagnum moss with lake vegetation like bladderwort being rather common. On the drained land the wood storey is replaced by the undergrowth of common birch.

Введение

Изменения климата, происходящие на фоне антропогенных воздействий, приводят к деформации естественных процессов протекающих в природной среде. Это может привести в отдельных регионах к экологическим, экономическим и социальным кризисам. Последние десятилетия отмечены повышенным интересом к исследованию болотных экосистем, как регуляторов углеродного баланса, основой которого служит растительный покров и мертвое органическое вещество, накапливаемое в виде торфа. Наиболее динамичны и подвержены внешним воздействия экосистемы, находящиеся на границах переходов (пространственные, временные и фазовые границы). Примерами

таких границ могут служить антропогенно образованные границы фазовых переходов (подтопление – осушение) при нарушении внутрипочвенных потоков влаги. Возникают новые болотные комплексы, сочетающие нарушение почвенного, гидрологического и биотического компонентов. Исследование условий функционирования болотных экосистем при разных сочетаниях гидрологических нарушений является основой прогнозирования региональных изменений условий природной среды.

Нефтегазодобывающая промышленность в таежной зоне Западной Сибири является основным агентом воздействия на природные экосистемы. Основная нагрузка на ландшафт происходит за счет строительства и эксплуатации: коридоров коммуникаций, дорог, площадок кустового бурения и разведочных скважин, ДНС и других технологических сооружений, карьеров, штабелей грунта [1]. 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 на гидрологическую составляющую болотного ландшафта.

Объекты и методы исследований

Рассматривались нарушения на примере изменения гидрологического режима при строительстве дорог на территории природного парка «Кондинские озера» и его окрестностей. Природный парк располагается в подзоне средней тайги, в западной предуральской части Ханты-Мансийского автономного округа. В целом подзона характеризуется равнинностью рельефа, приречным распределением лесной растительности, заболоченностью грунтов, континентальностью климата.

Объектами исследования были придорожные болотные массивы. Делались геоботанические описания с выявлением всех видов растений по стометровому трансекту через дорожную насыпь общепринятыми геоботаническими методами. Координаты фиксировались с помощью GPS.

Отсыпные дорожные дамбы, проложенные по болотной территории, часто затрудняют поверхностный и болотный сток. В случае если дренажные системы оборудованы недостаточно хорошо, с верхней по склону стороны формируется подтопление, с нижней – осушка территории. Эффект подтопления состоит в образовании микроозер вдоль кювета дороги, всплывании торфа, увеличении его обводненности. Уплотнение торфа под дорогой (или трубопроводом) приводит к уменьшению коэффициента фильтрации, изменению режима фильтрации грунтовых вод и, как следствие, изменению растительного покрова. Если угол пересечения дорог и трубопроводов с линиями стока болотных вод близок к 90, образуются перепады уровня грунтовых вод, достигающие 50 см и более в весенний период и 10–15 см в межень [1].

Обследовались следующие участки:

4. Ненарушенный участок природного парка «Кондинские озера», который был принят за эталонный. Его координаты 60051/16,6// с.ш., 63030/14,2// в.д.

Отрезок дороги 1990 года отсыпки.

5. Затопленный участок. Координаты 60056/29,8// с.ш., 63044/14,5// в.д. 3. Осушенный участок. Координаты 60056/10,6// с.ш., 63043/36,1// в.д.

Результаты и обсуждение

Реакция растительных сообществ на антропогенные воздействия в целом выражается в изменении проективного покрытия популяций отдельных видов, количественных характеристик видового разнообразия и изменения продуктивности отдельных видов. Изменение флористического состава является ответной реакцией экосистемы на антропогенное вмешательство за счет выпадения свойственных данному местообитанию видов растений и внедрения видов первоначально ему чуждых.

Эталонный участок представляет собой грядово-мочажинный комплекс. Гряды имеют вытянутую форму и ориентированы с северо-запада на юго-восток, ширина гряд – 2 м, высота – 40-50 см, борта крутые. Мочажины так же имеют вытянутую форму, длина их – 20 м, ширина – 8–10 м. Соотношение гряд и мочажин – 40 : 60. Уровень болотных вод (УБВ) – 10 см. (рис. 1)

Древесный ярус представлен в основном сосной обыкновенной (*Pinus silvestris*) высотой 1–2 м, единично – кедр (*Pinus sibirica*).

В кустарничковом ярусе доминируют андромеда – 20 % (*Andromeda polifolia*), кассандра – 15 % (*Chamaedaphne caliculata*), багульник болотный – 5 % (*Ledum palustre*), клюква болотная – 3 %.

Травяной ярус представлен пушицей влагалищной (*Eriophorum vaginatum*) – 20% проективного покрытия, шейхцерией

(*Scheuchzeria palustris*) – 2 %, изредка встречаются морошка, пушицы рыжеватая и многоцветковая, роснянки круглолистная и английская. В моховом ярусе в мочажинах абсолютным доминантом является сфагнум балтийский (*Sphagnum balticum*), на гряде – сфагнум узколистый (*Sphagnum angustifolium*), на кочках встречаются сфагнум бурый (*Sphagnum fuscum*) и сфагнум магеланский (*Sphagnum magellanicum*).

Дорожная насыпь была сделана поперек ложа грядово-мочажинного комплекса (трансекты 1 и 2).

Трансект 1 (подтопляемая сторона) – в настоящее время представляет собой остаток гряды – утопающие кочки, высотой 20–30 см со сфагнумом магеланским, бурым, кукушкиным льном и кустарничками, занимают примерно 10 % обследуемой площади, остальная поверхность покрыта разреженным травяным покровом с водой на поверхности. Древесный ярус отсутствует.



Рис. 1. Грядово-мочажинный комплекс

Кустарничковый представлен единичными особями карликовой березы (*Betula nana*), андромеды) и багульника болотного (рис. 2).

Основными доминантами травяного яруса выступают осока топяная – 40 % (*Carex limosa*), вахта трехлистная – 15 % (*Menyanthes trifoliata*), осока носатая – 5 % (*Carex rostrata*). Изредка встречаются пушица многоцветковая (*Eriophorum polistahion*), клюква мелкоплодная (*Oxycoccus microcarpa*), росянка круглолистная (*Drosera rotundifolia*).



Рис. 2. Затопленная часть

Моховой покров составляет 60 % и представлен сфагновыми мхами (*Sphagnum lindbergi*) – 40 %, *Sphagnum balticum* – 5 %, пузырчатка (*Utricularia vulgaris*).

Трансект 2 (осушающаяся часть) – кочковатый, микрорельеф дифференцирован на веретья с березово-разнотравно сфагновым сообществом. Вода находится на глубине – 40 см.

О понижении уровня грунтовых вод говорит наличие березы бородавчатой, которая в настоящее время занимает около

5 % покрытия в древесном ярусе. высота стволиков березки колеблется в пределах 2–4 м. Изредка встречается подрост кедра (*Pinus sibirica*).

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 microcarpa*) и клюква болотная (*Oxycoccus palustris*)

В травяном ярусе основными доминантами является *Baeothryon cespitosum* – 15 %, *Baeothryon alpinum* – 5 %, примешиваются также пушица многоцветковая, Снизил свое присутствие осоки топяная и носатая, вахта трехлистная. Кроме того встречаются росянка круглолистная, хвощ топяной (*Equisetum fluviatile*).

Моховой ярус представлен сфагновыми мхами: *Sph. papillosum* – 40 %, *Sph. angustifolium* – 20 %, *Sph. magellanicum* – 20 %.

Выводы

Анализируя полученный материал, можно сделать следующие выводы:

На затопленном участке вода на поверхности и отсутствует древесная растительность.

На осушенном участке много березы бородавчатой(5 %), что говорит о благоприятном для нее местообитании, УБВ на глубине 40 см.

Кустарничковый ярус на подтопленном участке выражен слабо (+), редко встречается карликовая береза, андромеда, багульник болотный, что резко отличает его от осушенного, где доминируют эти же виды (кроме багульника)

но уже с большим проективным покрытием. Также встречается подрост березы бородавчатой.

Травяной ярус более выражен (60 %), чем на осушенном (30 %). Очень много осоки топяной (40 %), осоки носатой (5 %) и вахты трехлистной (15 %).

На осушенном участке эти виды не выражены и встречаются *Baeothryon alpinum* (5 %), *Baeothryon caespitosum* (15 %) и *Carex lasiocarpa* (5 %). Моховой ярус представлен как 60 % и 80 %.

В подтопленном участке вода на поверхности на 40 % поверхности и только 60 % можно оценить. Здесь доминируют *Sphagnum lindbergi* (40 %), *Sphagnum balticum* (5 %), на кочках еще остался *Sphagnum fuscum* (5 %), а в воде присутствует водное растение – пузырчатка (10 %).

На осушенном участке преобладает *Sphagnum papillosum* (40 %), *Sphagnum angustifolium* (20 %) и *Sphagnum magellanicum* (20 %).

На основе сделанных геоботанических описаний следует, что на подтопленных участках сосново-кустарничково-сфагновые группировки сменяются на осоково-сфагновую, увеличивается площадь мочажин и озерков а растительность в целом меняется в сторону обилия гигрофитов (осока топяная, вахта трехлистная) и мочажинных сфагновых мхов, также встречается озерная растительность – пузырчатка. На осушенном участке улучшился рост древесного яруса и невлаголюбивых растений (береза бородавчатая)

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Васильев С.В. Воздействие нефтегазодобывающей промышленности на лесные и болотные экосистемы. – Новосибирск: Наука. Сиб. предприятие РАН, 1998. – 136 с.

© Е.В. Миляева, Н.П. Миронычева-Токарева, 2010