

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

ГЕО-СИБИРЬ-2009

Т. 4

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

ч.2

Сборник материалов
V Международного научного конгресса

Новосибирск
СГГА
2009

УДК 502:528.7
С 26

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

С 26 ГЕО-Сибирь-2009. Т. 4. Дистанционные методы зондирования Земли и фотограмметрия, мониторинг окружающей среды, геоэкология. Ч.2: сб. матер. V Междунар. научн. конгресса «ГЕО-Сибирь-2009», 20–24 апреля 2009 г., Новосибирск. – Новосибирск: СГГА, 2009. – 202 с.

ISBN 978-5-87693-326-3 (т. 4, ч. 2)

ISBN 978-5-87693-320-1

В сборнике опубликованы материалы V Международного научного конгресса «ГЕО-Сибирь-2009» 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 978-5-87693-326-3 (т. 4, ч. 2)
ISBN 978-5-87693-320-1

© ГОУ ВПО «Сибирская государственная
геодезическая академия», 2009

СОДЕРЖАНИЕ

Якутин М.В., Шепелев А.И., Мазитов Р.Г. Использование инструментальных методов в экологическом мониторинге территорий нефтяных месторождений в подзоне средней тайги	9
Шмаков А.Г., Коробейничев О.П., Чернов А.А., Шварцберг В.М., Куценогий К.П., Макаров В.И. Эффективная технология тушения пожаров с помощью аэрозолей растворов солей	15
Шепелев А.И., Суровцева Ю.А., Андреева Г.Ю., Мазитов Р.Г. Изменение состава и свойств почв тайги Западной Сибири под влиянием нефтезагрязнителей.....	20
Трушин В.В., Воронина Л.В. Экологическая оценка максимальных и минимальных температур воздуха по зонам Новосибирской области	24
Трубина Л.К., Бондарев А.Я., Тимченко А.А. Анализ факторов, влияющих на размещение волка в Новосибирской области.....	29
Янников И.М., Телегина М.В. Особенности расстановки постов биомониторинга с учетом почв, рельефа и растительности.....	33
Степанова В.А., Артымук С.Ю., Паршина Е.К. Запасы растительного вещества и торфа в рямах лесостепи Новосибирской области	38
Смоленцева Е.Н. Параметры мониторинга почв и почвенного покрова в системе долговременных наблюдений.....	43
Самсонов Ю.Н., Попова С.А., Чанкина О.В., Беленко О.А. Пожары в бореальных лесах сибери: газовая и аэрозольная дымовая эмиссия и её воздействие на химическое и оптическое качество атмосферы и погодно-климатический тренд.....	49
Пучнин А.Н. Геоинформационные технологии в мониторинге термокарстовых процессов в Центральной Якутии	53
Пучнин А.Н., Якутин М.В. Экологический мониторинг аласных экосистем с использованием методов дистанционного зондирования	58
Путилин А.Ф., Дитц Л.Ю., Кудряшова С.Я., Шкаруба А.М., Чичулин А.В. Пространственная дифференциация почвенного покрова Приобья на основе цифровой модели рельефа	64
Попова С.А., Макаров В.И. Определение концентраций вторичного органического углерода в аэрозолях континентальной территории....	67
Паршина Е.К., Миляева Е.В. Деструкционная динамика растительных остатков в болотах Западной Сибири	71
Обыскалов А.Д., Ганагина А.М. Вторая пропорция золотого сечения в рельефе Западной Сибири.....	77
Николаева О.Н., Ромашова Л.А. Роль картографического метода исследования в экологическом мониторинге окружающей среды.....	80
Невидимова О.Г., Янкович Е.П. Подход к ранжированию территории по степени безопасности природопользования.....	85
Миронычева - Токарева Н.П. Эволюция растительного покрова лугов Южного Урала	91
Миляева Е.В., Миронычева-Токарева Н.П. Фитоиндикация антропогенно-	

нарушенных территорий при разработке нефтяных месторождений (на примере ХМАО)	97
Куценогий К.П., Макаров В.И., Самсонов Ю.Н., Трубина Л.К. Использование аэрозольного генератора с регулированием дисперсного состава для моделирования пространственно-временной изменчивости оптических характеристик аэрозольных эмиссий и туманов в приземном слое атмосферы	102
Кужельная П.В. Изменение качества воды рек Новосибирска в результате урбанизации	107
Креймер М.А. Экологическая экспертиза в России: опыт, путь совершенствования и интеграции	112
Косых Н.П., Миронычева-Токарева Н.П., Паршина Е.К. Бюджет питательных элементов в болотных экосистемах.....	117
Коронатова Н.Г., Миляева Е.В. Продуктивность сосны обыкновенной (<i>Pinus sylvestris</i> L.) В экстремальных почвенно-экологических условиях	123
Королук А.Ю., Смоленцева Е.Н., Зольников И.Д., Добрецов Н.Н. Эталонные полигоны для геоэкологического мониторинга Западной Сибири в связи с проблемой опустынивания.....	129
Кленов Б.М. Экология гумусообразования в бурых лесных почвах азиатской части России.....	135
Истомин В.Л., Куценогий К.П. Исследование равномерности распределения частиц различной формы при импульсном распылении	140
Дубовик Д.С., Якутин М.В. Использование методов дистанционного зондирования в мониторинге степных экосистем Турано-Уюкской котловины.....	144
Григорюк А.П., Брагинская Л.П. Информационное обеспечение вибросейсмического мониторинга	150
Головко В.В., Истомин В.Л. Определение скорости седиментации одинокых пыльцевых зерен и агломератов растений – доминант травянистых экосистем Западной Сибири	155
Воронина Л.В., Гриценко А.Г. Роль климатических процессов в свете современных представлений о связи экологии и климата.....	160
Быкова О.Г. Комплексная оценка состояния водных экосистем Чановского региона	165
Артамонова С.Ю., Дементьев В.Н., Разворотнева Л.И., Олесов С.Н. Создание ГИС-проекта горнопромышленных районов Алдана (Южная Якутия) как основы для радиоэкологического мониторинга	169
Анопченко Л.Ю., Якутин М.В. Темпы обсыхания озерной системы чаны – абышкан – сумы – чебаклы и изменение солевых профилей формирующихся почв.....	174
Андриевский В.С., Якутин М.В., Лхагвасурен Ч. Использование почвенно- биологических методов в мониторинге равнинных почв западной Монголии.....	179

Селезнев Б.В., Панов Д.В. Опыт применения портативного лазерного дальномера для определения высот деревьев	185
Мизин В.Е., Дяков А.И. Мониторинг использования городских земель ..	190
Куценогий К.П., Молородов Ю.И., Селегей Т.С. Влияние концентрации аэрозолей на качество атмосферы в г. Новосибирске	193
Гук А.П., Евстратова Л.Г., Алферова А.С. Комплексный анализ космических снимков для выявления изменений при мониторинге территорий	200
Гук А.П., Евстратова Л.Г., Алферова А.С., Чикулаева И.И., Гук А.А. Исследование возможностей программного комплекса ENVI для мониторинга территорий по космическим снимкам	206
Евстратова Л.Г. Обучение студентов и переподготовка специалистов в области цифровых технологий обработки аэрокосмических снимков на кафедре фотограмметрии и дистанционного зондирования СГГА	214

CONTENTS

Yakutin M.V., Shepelev A.I., Mazitov R.G. Use of instrumental methods in ecological monitoring of oil pollution territories in the mean taiga	9
Shmakov A.G., Korobeinichev O.P., Chernov A.A., Shvartsberg V.M., Koutsenogii K.P., Makarov V.I. Effective technology of fires suppression by means of aerosols of salts solutions	15
Shepelev A.I., Surovtseva Y.A., Andreeva G.Y., Mazitov R.G. Change of structure and properties in soils of the taiga of Western Siberia under influence petrosalt pollution.....	20
Trushin V.V., Voronina L.V. Ecological assessment of maximal and minimal air temperatures of Novosibirsk region zones.....	24
Trubina L.K., Bondarev A.Ya., Timchenko A.A. Analysis of factors influencing wolf location in Novosibirsk region.....	29
Yannikov I.M., Telegina M.V. Features of arrangement of posts of biomonitoring in view of a ground, the relief and vegetation	33
Stepanova V.A., Artymuk S.Yu., Parshina E.K. The stock of phytomass and peat in ryams of Novosibirsk region forest-steppe	38
Smolentseva E.N. Parameters of monitoring of soils and soil cover in system of long-term observation	43
Samsonov Yu. N., Popova S.A., Chankina O.V., Belenko O.A. Fires in boreal forests of siberia: gas and particulate smoke emission and its impact on chemical and optical qualities of atmosphere, and weather-and-climatic trend.....	49
Puchnin A.N. Geoinformation technologies in monitoring of termokarst processes in Central Yakutiya	53
Puchnin A.N., Yakutin M.V. Ecological monitoring of alas ecosystems with use of remote sounding methods	58
Putilin A.F., Ditz L.U., Kudryashova S.Ya., Shkaruba A.M., Chichulin A.V. Spatial differentiation of Priobia soil cover on the basis of a relief digital model	64
Popova S.A., Makarov V.I. Estimation of secondary organic carbon concentrations in aerosols of the continental territory	67
Parshina Ye.K., Milyayeva Ye.V. Destruction dynamics of growth remnants in West Siberian bogs	71
Obyskalov A.D., Ganagina A.M. Second proportion of golden section in West Siberia relief	77
Nikolayeva O.N., Romashova L.A. The role of mapping research in environmental monitoring.....	80
Nevidimova O.G., Yankovich E.P. The approach to territory ranging on degree of safety of nature management	85
Mironycheva-Tokareva N.P. Evolution of Southern Urals meadow growth	91
Milyayeva Ye.V., Mironycheva-Tokareva N.P. Phytoindexation of anthropogenous territories in the development of oil pools (XMAO as an example).....	97

Koutzenogii K.P., Makarov V.I., Samsonov Yu.N., Trubina L.K. Aerosol generator with operated particle size distribution used to model spatial-temporal variability of the optic characteristics of aerosol emission and fogs in a atmospheric surface layer.....	102
Kuzhel'naya P.V. Urbanization effect on the quality of water in Novosibirsk rivers.....	107
Kreimer M.A. ecological assessment in russia: experience, improvement and integration.....	112
Kosykh N.P., Mironycheva-Tokareva N.P., Parshina E.K. Budget of nutrient elements in the bog ecosystems	117
Koronatova N.G., Milyaeva E.V. Productivity of pine stand (<i>Pinus sylvestris</i>) under extreme soil environmental conditions	123
Koroluk A.U., Smolentseva E.N., Zolnikov I.D., Dobrezov N.N. Testing areas for geoecological monitoring of Western Siberia in connection with the desertification problem.....	129
Klenov B.M. Ecology of humus formation in brown forest soils of the asian part of Russia.....	135
Istomin V.L., Koutsenogii K.P. A study of uniform distribution of variously shaped particles under pulsed sputtering	140
Dubovik D.S., Yakutin M.V. Use of remote sensing in monitoring of steppe ecosystems in Turan-Uyuk depression.....	144
Grigoruk A.P., Braginskaya L.P. Information support of vibroseismic monitoring	150
Golovko V.V., Istomin V.L. Determination of the rate of sedimentation of single pollen seeds and plant agglomerates – the dominant of the grass ecosystems of West Siberia	155
Voronina L.V., Gricenko A.G. The role of climatic processes in the context of modern conceptions of ecology-climate relationship	160
Bykova O.G. Complex assessment of water ecosystems condition in Chany region.....	165
Artamonova S.Yu., Dement'ev V.N., Razvorotneva L.I., Olesov S.N. GIS-projecton of Aldan mining district (South Yakutia) as basis for radioecological monitoring	169
Anopchenko L.Yu., Yakutin M.V. Tempo of drying of limnetic system chany – abishkan – sumy – chebakly and change of saline profile during soils formation	174
Andrievsky V.S., Yakutin M.V., Lhagvasuren Ch. The use of soil-biological methods in monitoring of plain soils in western Mongolia	179
Seleznyov B.V., Panov D.V. Experience in using portable laser rangefinder for trees height determination	185
Mizin V.Ye., Dyakov A.I. Monitoring of urban lands use	190
Koutsenogi K.P., Molorodov Yu.I., Selegei T.C. Influence of aerosols on air quality in Novosibirsk.....	193
Guk A.P., Yevstratova L.G., Alfyorova A.S. Complex analysis of satellite images for detecting transformations during the territories monitoring	200

Guk A.P., Yevstratova L.G., Alfyorova A.S., Chikulayeva I.I., Guk A.A. Research of possibilities of program complex ENVI for monitoring of territories on space imaging	206
Yevstratova L.G. Training of students and retraining of experts in the field of digital technologies of processing of space pictures in department of photogrammetry and remote sensing SSGA.....	214

УДК 631.433.3+504.53.06

М.В. Якутин^{1,2}, А.И. Шепелев³, Р.Г. Мазитов³

¹ИПА СО РАН, Новосибирск

²СГГА, Новосибирск

³СурГУ ХМАО, Сургут

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ МЕТОДОВ В ЭКОЛОГИЧЕСКОМ МОНИТОРИНГЕ ТЕРРИТОРИЙ НЕФТЯНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ В ПОДЗОНЕ СРЕДНЕЙ ТАЙГИ

M.V. Yakutin^{1,2}, A.I. Shepelev³, R.G. Mazitov³

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

³Surgut State University (SurSU)

14 Energeticov Ul., Surgut, 628400, Russian Federation

USE OF INSTRUMENTAL METHODS IN ECOLOGICAL MONITORING OF OIL POLLUTION TERRITORIES IN THE MEAN TAIGA

Oil pollution territories in a subzone of mean taiga of Western Siberia were investigated. The comparative analysis of emission CO₂ from different soils contaminated by oil and uncontaminated, has allowed to draw a conclusion that the given parameter may be used in monitoring ecosystems in regions of oil extracting.

Увеличение объемов добычи углеводородного сырья в Западной Сибири сопровождается масштабным загрязнением почв битуминозными веществами. На территории некоторых месторождений на каждый 1 м² поверхности (исключая собственно поверхности разливов) приходится около 20 г нефти [1]. Известно, что естественная деструкция таких загрязнителей в почвах представляет собой сложный микробиологический процесс [2]. Битумы существенно подавляют активность микробиологической деструкции, в первую очередь, за счет закупорки почвенных пор – ухудшается воздухообмен в системе почва – приземный слой атмосферы [3].

Среди большого многообразия физико-химических, химических, биохимических и биологических методов, используемых в мониторинге нефтезагрязненных почв, все еще недостаточно широко используются полевые инструментальные методы диагностики. Анализ эмиссии CO₂ из почвы является одним из важнейших показателей функционального состояния подземного яруса экосистемы, который как раз и испытывает наиболее сильное воздействие при аварийных разливах нефти и нефтепродуктов. Скорость выделения углекислого газа из почвы является важным показателем степени их

битуминозного загрязнения, и может служить нормативом для оценки скорости восстановления. Вследствие этого интенсивность выделения CO_2 из почвы можно рассматривать как важнейший показатель биологической активности почвы, а определение эмиссии CO_2 является простым и чувствительным методом определения состояния подземного блока экосистемы [4, 5, 6, 7].

Для измерения эмиссии CO_2 с поверхности почвы традиционно используются адсорбционный [8] и камерный статический методы [9], которые не лишены определенных недостатков. Наиболее точным и простым методом оценки эмиссии CO_2 на данный момент является метод, основанный на использовании полевого инфракрасного газоанализатора. При этом определяется естественная эмиссия газа с ненарушенной поверхности почвы за определённый промежуток времени.

Цель настоящего исследования состояла в сравнительном изучении эмиссии CO_2 из почв разных типов на территориях нефтяных месторождений в подзоне средней тайги Западной Сибири, испытавших воздействие нефтяного загрязнения и незагрязненных.

Исследование проведено в подзоне средней тайги Западной Сибири, в Тюменской области в окрестностях пос. Салым и близ г. Сургут, во второй половине сентября. Вегетационный сезон в год наблюдения не отличался существенно по количеству осадков и по среднедекадным температурам воздуха от климатической нормы. Объекты исследования были выбраны на территориях Западно- и Верхне-Салымского (точки 1–8), Мамонтовского (точки 9–12), Южно-Сургутского (точки 13–15) и Усть-Балыкского (точка 16) месторождений нефти.

К настоящему времени упор в исследованиях эмиссии CO_2 из почвы делается на изучении сезонной многолетней динамики процесса в различных экосистемах [10, 11]. Результатами этих исследований стали выводы о том, что за вегетационный период почвы бореальных лесов эмитируют в среднем 70–80 % общей эмиссии CO_2 , а за холодный период – 20–30 % CO_2 [12].

Несмотря на высокую вариабельность изучаемого показателя, существуют убедительные данные, свидетельствующие о синхронности изменений эмиссии CO_2 из различных почв, находящихся в одном исследуемом районе [10, 11]. Это дало возможность в данной работе сделать упор на одномоментном сравнительном изучении интенсивности эмиссии CO_2 из почв различных экосистем.

Для оценки интенсивности дыхания почвы использовался полевой инфракрасный газоанализатор (IRGA) с металлической изолирующей камерой размером $27 \times 20 \times 10$ см. Газовый поток (400 мл/мин) создавался встроенной помпой. Для измерения потока CO_2 с поверхности почвы металлическая изолирующая камера врезалась нижним краем на 1–2 см в почву в целях недопущения поступления в нее атмосферного воздуха. Окончательный расчет приводится в $\text{мг CO}_2 / \text{на м}^2 \text{ в мин.}$

Измерения эмиссии CO_2 проводились во всех экосистемах в дневное время между 12 и 16 часами. В каждой точке измерения выполнялись на четырех

однородных ровных участках. Статистическая обработка результатов проводилась методами вариационного и дисперсионного анализов [13].

Сравнение интенсивности дыхания отдельных почв, относящихся к разным типам в различных геохимических позициях ландшафта и по-разному хемогенно нарушенных, указало на значительную разницу в скорости продуцирования CO_2 (рис. 1).

Эмиссия CO_2 с поверхности всех исследованных не заболоченных почв не подвергавшихся влиянию нефтяного загрязнения (Т. 1–3, 5–7, 10, 12, 15) варьировала от 13,4 до 20 мг CO_2 на м^2 в минуту. Различия между этими почвами по изученному показателю при разовом определении нельзя считать достоверными.

Уровень выделения CO_2 из торфянисто-глеевой почвы (Т. 4) был в 2 раза ниже, чем из всех остальных лесных почв. Влияние комплекса факторов, связанных с переувлажнением, на изученный показатель оказалось сильным ($F = 18,8$) и достоверным ($p < 0,01$).

Известно, что переувлажнение почв приводит к снижению эмиссии CO_2 . Так, например, показано, что осенью влажность почвы оказывает отрицательное действие на выделение CO_2 [14]. Торфянисто-глеевая почва, находящаяся в аккумулятивной позиции катены, к началу осени оказывается переувлажненной, и эмиссия CO_2 с ее поверхности снижается.

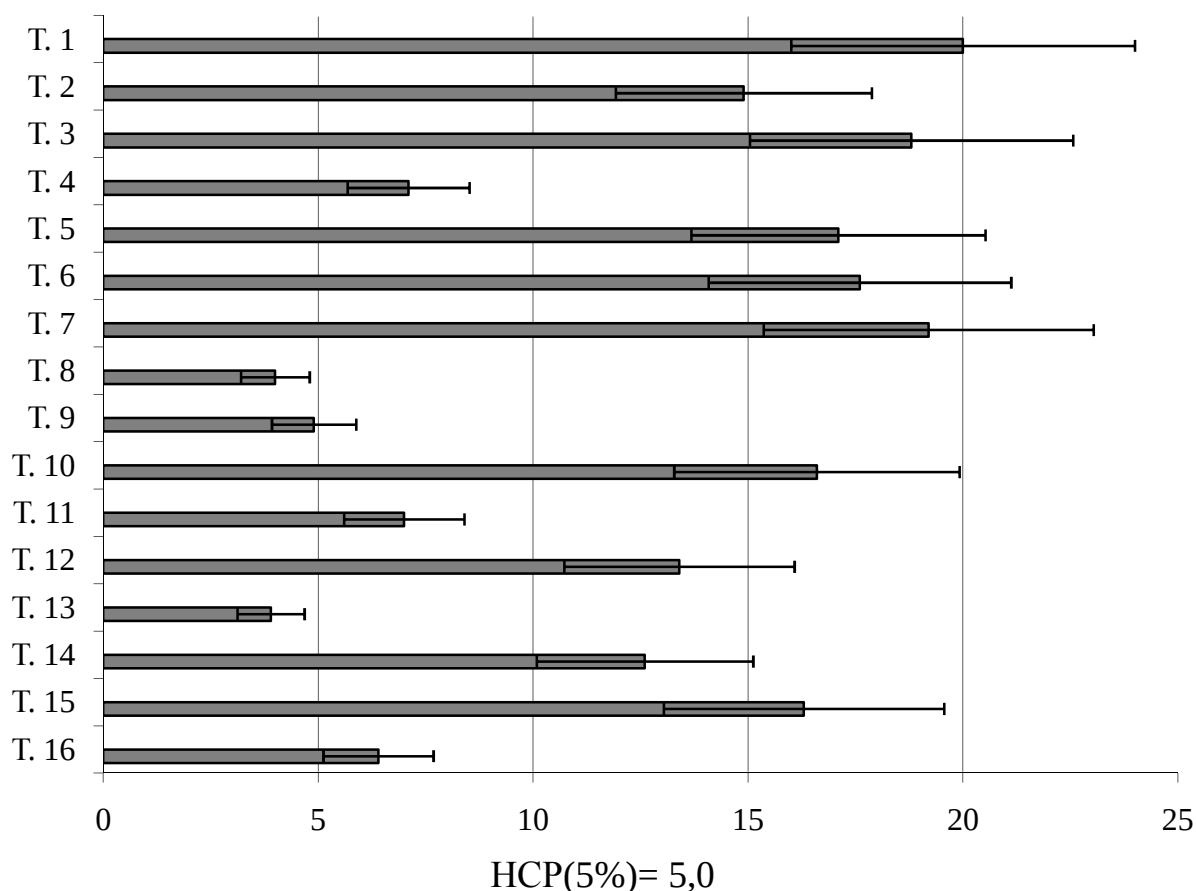


Рис. 1. Выделение CO_2 с поверхности опытных участков (мг CO_2 / м^2 в мин)

Влияние комплекса факторов, связанных с удаленностью почвы от участка нефтяного разлива, на эмиссию CO_2 изучалось на Южно-Сургутском месторождении (Т. 13, 14, 15). Это влияние оказалось сильным ($F = 37,5$) и достоверным ($p < 0,001$). Чем дальше участок расположен от кромки нефтеразлива, тем выше эмиссия CO_2 .

Основное выделение CO_2 из почвы происходит за счет дыхания микроорганизмов и корней растений. Корневое дыхание, как считается, составляет 1/3 от общей величины дыхания почвы [15]. Вклад микробного дыхания в общий поток CO_2 превышает 50 % [16]. Вклад почвенной фауны в общую продукцию углекислоты почвой оценивается менее, чем в 2 % [17].

Загрязнение нефтью и нефтепродуктами приводит к гибели подавляющего количества видов растений [18]. Несмотря на увеличение биомассы микроорганизмов [19], их численности и разнообразия бактерий, у микромицетов разнообразие снижается, и в составе типичного микромицетного комплекса увеличивается число штаммов с фитотоксическими свойствами [20, 21, 22]. Под влиянием нефтяного загрязнения снижается целлюлазная активность почв [23] и, соответственно, интенсивность деструкционных процессов. Так как установлено, что интенсивность выделения CO_2 из почвы является показателем скорости разложения органического вещества [9]. Это закономерно приводит к снижению продукции CO_2 (образование CO_2 в результате биогенных и абиогенных процессов в почве [11]) и, соответственно, эмиссии CO_2 из почвы.

В лесных экосистемах эмиссия CO_2 происходит преимущественно при минерализации подстилки [24, 25]. В результате нефтеразлива подстилка оказывается загрязненной нефтью гораздо больше, чем верхние горизонты почвы, и минерализация ее резко замедляется. Что также приводит к снижению эмиссии CO_2 .

Эмиссия CO_2 из почв участков, подвергшихся нефтяному загрязнению и рекультивированных торфом на территории Мамонтовского месторождения (Т. 9, 11), была достоверно ниже, чем из почв, окружающих участок нефтяного разлива (Т. 10, 12) ($F = 18,9$; $p < 0,01$). При этом влияние посева трав на участке, рекультивированном торфом, на эмиссию CO_2 оказалось незначимым ($F = 0,08$). Метод рекультивации нефтезагрязненных участков: засыпка песком (Т. 8, 16) или торфом (Т. 9, 11), как оказалось, не влияет на эмиссию CO_2 из почв ($F = 3,0$). Различия между этими участками по изученному показателю оказались недостоверными.

Почвы рекультивированных участков прошли стадию загрязнения нефтью, что неизбежно снизило здесь интенсивность деструкционных процессов. Дальнейшие рекультивационные мероприятия привели к перекрытию загрязненного слоя низкоуглеродным субстратом (песок) или перемешиванию загрязненного слоя с субстратом, характеризующимся низким содержанием азота и зольных элементов (торф). И в первом, и во втором случае интенсивность деструкционных процессов в толще почвы оказывается низкой, и низкой оказывается эмиссия CO_2 .

Таким образом, проведенное исследование позволяет сделать следующие выводы:

1. Наибольшая интенсивность эмиссии CO_2 отмечена в почвах лесных экосистем, не подвергшихся влиянию нефтяного загрязнения и заболачивания.
2. В переувлажненных почвах эмиссия CO_2 резко снижается.
3. Участки, загрязненные нефтью, рекультивированные торфом или песком характеризуются низкими значениями эмиссии CO_2 . Достоверных различий между участками, рекультивированными торфом или песком по изученному показателю не выявлено.
4. Комплекс факторов, связанных с удалением от места нефтяного разлива, оказывает достоверное сильное влияние на эмиссию CO_2 из почвы.
5. Полевое инструментальное измерение эмиссии CO_2 может быть рекомендовано в некоторых случаях в качестве экспресс-метода оценки степени нарушенности подземного блока экосистем в районах нефтедобычи.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Сивоконь И.С. Анализ современного состояния природной среды в районе Ватинского нефтяного месторождения // Биол. ресурсы и природопользование. – Нижневартовск, 1991. – Вып. 1.
2. Алехин В.Г., Емцев В.Т., Рогозина Е.А., Фахрутдинов А.И. Биологическая активность и микробиологическая рекультивация почв, загрязненных нефтепродуктами / Биологические ресурсы и природопользование. – Нижневартовск, 1998. – Вып. 2.
3. Салангинас Л.А. Изменение свойств почв под воздействием нефти и разработка системы мер по их реабилитации. – Екатеринбург, 2003. – 411 с.
4. Стратонович М.В., Евдокимова Н.В. Влияние удобрений на некоторые показатели биологической активности дерново-подзолистой почвы // Изв. ТСХА. – 1975. – № 2.
5. Гришина Л.А. Биогеохимические циклы углерода // Биогеохимические циклы в биосфере. – М.: Наука, 1976.
6. Мирчинк Т.Г., Паников Н.С. Современные подходы к оценке биомассы и продуктивности грибов и бактерий в почве // Успехи микробиологии. – М.: Наука, 1985. – Вып. 20.
7. Казеев К.Ш., Колесников С.И., Вальков В.Ф. Биологическая диагностика и индикация почв: методология и методика исследований. – Ростов на Дону: Изд-во Ростовского университета, 2003.
8. Шарков И.Н. Определение интенсивности продуцирования CO_2 почвой адсорбционным методом // Почвоведение. – 1984. – № 7.
9. Макаров Б.Н. Газовый режим почв. – М.: Агропомиздат, 1988. – 104 с.
10. Лубнина Е.В., Помазкина Л.В., Семенова Ю.В. Эмиссия CO_2 в агроэкосистемах на техногенно-загрязненных фторидами почвах // Почвоведение. – 2006. – № 3.
11. Пулы и потоки углерода в наземных экосистемах России / В.Н. Кудяров, Г.А. Заварзин, С.А. Благодатский и др. – М.: Наука, 2007. – 315 с.

12. Курганова И.Н., Кудяров В.Н. Оценка потоков диоксида углерода из почв таежной зоны России // Почвоведение. – 1998. – № 9.
13. Плохинский Н.А. Биометрия. – М.: Изд-во МГУ, 1970. – 367 с.
14. Иванникова Л.А., Семенова Н.А. Суточная и сезонная динамика выделения CO₂ серой лесной почвой // Почвоведение. – 1988. – № 1.
15. Кудяров В.Н., Хакимов Ф.И., Деева Н.Ф., Ильина А.А., Кузнецова Т.В., Тимченко А.В. Оценка дыхания почв России // Почвоведение. – 1995. – № 1.
16. Кудяров В.Н., Курганова И.Н. Дыхание почв России: анализ баз данных, многолетний мониторинг, общие оценки // Почвоведение. – 2005. – № 9.
17. Кобак К.И. Биотические компоненты углеродного цикла. Л.: Гидрометеиздат, 1988. – 248 с.
18. Васильев С.В. Воздействие нефтегазодобывающей промышленности на лесные и болотные экосистемы. – Новосибирск: Наука. Сиб. предприятие РАН, 1998. – 136 с.
19. Joergensen R.G., Schmaedeke F., Windhorst K., Meyer B. Biomass and activity of microorganisms in a fuel oil contaminated soil // Soil. Biol. Biochem. – 1995. – V. 27, № 9.
20. Посттехногенные экосистемы Севера. – СПб.: Наука, 2002. – 159 с.
21. Колесников С.И., Казеев К.Ш., Татосян М.Л., Вальков В.Ф. Влияние загрязнения нефтью и нефтепродуктами на биологическое состояние чернозема обыкновенного // Почвоведение. – 2006. – № 5.
22. Киреева Н.А., Бакаева М.Д., Мифтахова А.М. Литическая активность микроицетов нефтезагрязненных почв как один из факторов фитотоксичности // Агрохимия. – 2006. – № 9.
23. Киреева Н.А., Водопьянов В.В., Мифтахова А.М. Влияние нефтяного загрязнения на целлюлазную активность почв // Почвоведение. – 2000. – № 6.
24. Комиссарова И.Ф. Выделение CO₂ из почв под растительностью Никитского ботанического сада // Вестн. МГУ. Почвовед. – 1987. – № 4.
25. Комаров А.С., Чертов О.Г. Сток углерода в почву как критерий устойчивого функционирования лесных экосистем / Моделирование динамики органического вещества в лесных экосистемах. – М.: Наука, 2007. – 380 с.

УДК 536.46+66.097.7+547.241

*А.Г. Шмаков, О.П. Коробейников, А.А. Чернов, В.М. Шварцберг,
К.П. Куценогий, В.И. Макаров*

Институт химической кинетики и горения СО РАН, Новосибирск

ЭФФЕКТИВНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ТУШЕНИЯ ПОЖАРОВ С ПОМОЩЬЮ АЭРОЗОЛЕЙ РАСТВОРОВ СОЛЕЙ

*A.G. Shmakov, O.P. Korobeinichev, A.A. Chernov, V.M. Shvartsberg,
K.P. Koutsenogii, V.I. Makarov*

Institute of Chemical Kinetics and Combustion SB RAS,
Institutskaya str. 3, Novosibirsk, 630090, Russian Federation

EFFECTIVE TECHNOLOGY OF FIRES SUPPRESSION BY MEANS OF AEROSOLS OF SALTS SOLUTIONS

The problem of effective suppression of a flame at fires and emergencies is extremely actual as it is connected with a problem of a safety of human life activity in technosphere. Search for novel effective fire suppressants is the important task for fire fighting science. In this connection, the extinguishing of model fire source in field experiments by fine aerosol of flame suppressants was studied. The aqueous solutions of organic and inorganic salts of alkali metals were studied as flame inhibitors. In the first set of experiments it was shown that exposure of aerosol inhibitor cloud with particles size about 1 μm of ground forest fire resulted in its extinguishing. In the second set of experiments it was shown that exposure of aerosol cloud of flame inhibitor with average particle diameter of 15 μm on the model fire source of category «A» (burning wood) led to its extinguishment. Results of the experiments revealed an opportunity of suppression both flame and smoldering modes of combustion using aerosol technology. At this minimal mass flow rate of inhibitor solution it was found to be 30 times less than that of pure water.

Задача эффективного тушения очагов пламени при пожарах и аварийных ситуациях, является чрезвычайно актуальной, так как она связана с проблемой обеспечения безопасности жизнедеятельности в техносфере. Решение этой задачи включает не только выбор экологически безопасного и нетоксичного пламегасителя, но и эффективный и быстрый способ его доставки к очагу пожара. В мировой практике борьбы с пожарами сложились три основных принципа [1]: 1) изоляция очага горения от доступа воздуха. Этот принцип реализуется подачей в зону горения инертных (не поддерживающих процесс горения газов, воды, пены и др.) материалов; 2) охлаждение очага горения ниже определенной температуры. Этот принцип реализуется подачей в зону горения веществ способных отнять тепло за счет процесса испарения (вода, хладоны) или эндотермической реакции их разложения (аммоний фосфорнокислый, различные кристаллогидраты, например, $\text{K}_2\text{CO}_3 \cdot 1.5 \text{H}_2\text{O}$); 3). Введение в очаг горения ингибиторов радикальных процессов окисления-восстановления. В

качестве таковых могут выступать вещества, содержащие галогены, фосфор, некоторые соли калия и натрия. Для увеличения эффективности средств пожаротушения стремятся комбинировать реализацию всех трех принципов.

Металлсодержащие соединения (МСС) являются перспективными для использования в качестве пламегасителей. Результаты сравнительных испытаний различных ММС приводятся в работах [2, 3]. Наилучшим ингибиторами оказались соединения типа $K_3[Fe(CN)_6]$ (красная кровяная соль) и $K_4[Fe(CN)_6]$ (желтая кровяная соль).

В настоящее время известны различные методы тушения пожаров с помощью распыления воды [4–8]. К недостаткам этого метода следует отнести большой расход воды на единицу объема пожара. Известно, что эффективность использования водогазового облака для тушения пожара зависит от дисперсности водяных капель. В большинстве случаев спектр размеров водяных капель достаточно постоянен и широк, основное количество воды находится в каплях крупнее 100 мкм. Примеров использования для тушения пожаров аэрозолей растворов ингибиторов неизвестно.

Целью настоящей работы является демонстрация эффективности новых пламегасителей и способа их доставки к очагу пламени в виде мелкодисперсного аэрозоля путем проведения натурных испытаний по тушению пожаров различного типа в полевых условиях.

Полевые испытания по тушению различных видов пламени с помощью мобильного генератора аэрозолей регулируемой дисперсности (ГРД) проводились для двух вариантов очагов пожара: а) модельный очаг низового лесного пожара; б) модельный очаг пожара класса 0.5А (горящая древесина). Для каждого из вариантов было проведено по две серии экспериментов: 1) с использованием для гашения воды без добавок; 2) с использованием для гашения очага пожара водного раствора ингибитора $K_3[Fe(CN)_6]$.

Для полевых испытаний использовался аэрозольный генератор, установленный на шасси автомобиля ЗИЛ-131. Аэрозольный генератор включает в себя источник сжатого воздуха, емкости для топлива газотурбинного двигателя и водных растворов ингибиторов, систему подачи топлива и рабочих жидкостей. С целью регулирования дисперсности аэрозоля в широком диапазоне аэрозольный генератор снабжен пневматическим технологическим контуром, включающим источник сжатого воздуха, пневмодиспергатор со сменными воздушными и жидкостными соплами, систему измерения и регулирования расхода топлива и рабочих жидкостей. С целью облегчения конструкции в качестве единого источника сжатого воздуха использована вспомогательная силовая авиационная установка ТА-6А.

Параметры генератора: Рабочее тело – воздух в смеси с водой или раствором, скорость струи у сопла – 330 м/с, скорость струи на расстоянии 6 м от сопла – до 20 м/с, диаметр струи на расстоянии 6 метров от сопла – около 1,2 м, объемный расход воздуха – 0.8 кг/с, расход раствора или воды – 20 л/мин, медианномассовый диаметр аэрозолей – 20 мкм [9].

Модельный очаг низового лесного пожара представлял собой горизонтальный травянистый участок размером 3 × 4 метра, отделенный от

окружающей территории противопожарной полосой шириной 1 м. Масса горючих материалов (сухая трава, мелкие ветки деревьев с диаметром до 2 см) составляла 2 кг/м^2 , их влажность соответствовала естественным условиям. Скорость ветра составляла 0–2 м/с, температура воздуха $+14^\circ\text{C}$. Испытания проводились 5 октября 2005 года в районе Новосибирска, испытаниям предшествовала сухая ясная погода в течение 1 недели. Зажигание проводилось с помощью газовой горелки с наветренной стороны участка. Горизонтальная скорость распространения пламени составляла 20–25 см/мин.

Модельный очаг пожара класса 0.5А соответствовал ГОСТ 27586-88. Он представлял собой деревянный штабель кубической формы, состоящий из 45 брусков квадратного сечения $40 \times 40 \text{ мм}$ и длиной 40 см. Бруски в штабеле расположены так, что в каждом их слое расстояние между брусками составляет 40 мм, бруски следующего слоя расположены перпендикулярно предыдущему. Материал брусков – древесина хвойных пород, влажность 12–14 %. Для зажигания очага использовался металлический поддон, размещенный под штабелем, в который было залито 3 литра воды и 0,6 литра автомобильного бензина. Тушение очага производилось через 7 минут после поджигания бензина в поддоне, поддон во время тушения не убирался, очаг равномерно поворачивали вокруг его вертикальной оси со скоростью 10 об/мин. Испытания проводились на открытом месте при скорости ветра 0–3 м/с и температуре воздуха $+18^\circ\text{C}$. Расстояние между ГРД и очагом составляло 6 метров, диаметр струи не менее 1,2 метра. Испытание считается успешным, если при гашении не менее чем в двух из трех испытаний за время не более 180 с в течении 10 мин не происходит повторное возгорание очага.

Для определения характеристик аэрозольного облака в момент тушения низового лесного пожара в режиме реального времени происходили измерения и следующих параметров: а) измерение размера аэрозольных частиц и их массовой концентрации с помощью нефелометра [10]; б) измерение температуры пламени с помощью цифрового тепловизора; в) цифровая видеосъемка для получения с помощью цифровой стереофотограмметрии и ГИС-технологий 3D-метрических компьютерных моделей пространственно-временной изменчивости формы аэрозольного облака и пламени наземного лесного пожара.

Гашение модельного очага низового лесного пожара. В экспериментах первой серии на пламя модельного лесного пожара воздействовали аэрозольным облаком, создаваемым аэрозольным генератором регулируемой дисперсности (ГРД), не содержащим ингибитор пламени. После воздействия аэрозольного облака пламя модельного наземного лесного пожара продолжало распространяться без каких-либо видимых изменений.

Во второй серии экспериментов на пламя модельного наземного лесного пожара воздействовали облаком ГРД на том же режиме, но аэрозольные частицы содержали выбранный ингибитор. По результатам измерения массовой концентрации ингибитора в зоне пламени, она была близкой к данным лабораторных экспериментов. Во второй серии, в момент прохождения аэрозольного облака через зону пламени, оно исчезало. Одновременно, по

показаниям тепловизора, температура пламени падала с 1 000 °С до 500 °С. Таким образом, проведенные эксперименты подтвердили результаты лабораторных экспериментов [2] по тушению пламени аэрозолями субмикронного размера, содержащими соли щелочных металлов.

Тушение модельного очага пожара класса 0.5А. На пламя модельного очага пожара класса 0.5А воздействовали потоком воздуха, содержащем аэрозоль воды или 30 %-го водного раствора $K_3[Fe(CN)_6]$ (красная кровяная соль). Согласно нормативным техническим требованиям, расход чистой воды при тушении древесины влажностью 8–14 % обычным способом (из брандспойта) должен составлять 450 мл/(м²сек) при времени тушения 180 секунд. Общая площадь горения для данного модельного очага пожара благодаря его развитой поверхности составляет 2.37 м². Таким образом, по оценкам, суммарный расход воды составит 192 литра.

Эксперименты с чистой водой показали невозможность тушения модельного очага пожара с помощью ГРД за время менее 170 с при удельном расходе жидкости 140 мл/(м²с). Установлено, что для тушения пожара при таком расходе необходимо воздействие на него водяного аэрозоля в течение более чем 280 с. При этом суммарный расход составил 93 литра чистой воды. Степень выгорания горючего материала в этом случае составляет не менее 80 %. Исходя из технических характеристик ГРД была оценена площадь сечения струи тушащего вещества 1.13 м² на расстоянии 6 метров от сопла. Очевидно, что в пламя попадает только некоторая часть раствора ингибитора, соответствующая отношению площадей поперечного сечения модельного очага (0.144 м²) и струи ГРД (1.13 м²). Коэффициент эффективности использования жидкости для тушения в проведенных экспериментах составлял 0.127. Тем не менее, данные эксперименты подтвердили теоретическую возможность тушения пожаров с помощью взвеси водяных капель, причем суммарный расход воды меньше нормативного в $192/(0.127 \cdot 93) = 16$ раз.

Испытания с раствором соли показали намного большую эффективность по сравнению с использованием чистой воды. Время тушения составляло от 150 до 158 с, повторного возгорания в течение 10 мин не наблюдалось. Удельный расход раствора $K_3[Fe(CN)_6]$ за среднее время тушения составляет 140 мл/(м²сек), что при среднем времени тушения 154 секунды соответствует общему расходу раствора 51 литр. Визуальное исследование горючего материала после тушения показали следующее: все остатки материала покрыты солью, в середине наблюдается большее выгорание, чем с внешней стороны, степень выгорания деревянных брусков составляет примерно 50 %. Таким образом, применение раствора способствует уменьшению удельного расхода тушащей жидкости примерно в $192/(0.127 \cdot 51) = 30$ раза. При этом видимое пламя исчезает уже на 73 ± 5 секунде с начала тушения. Таким образом, результаты испытаний показали возможность использования ГРД для тушения модельных очагов пожара класса 0.5А.

Выводы. В результате проведенных лабораторных исследований найдены калийсодержащие соединения, аэрозоли водных растворов которых являются эффективными пламегасителями. На основании полученных данных были

подготовлены и проведены полевые эксперименты по гашению модельных очагов низового лесного пожара и пожара класса 0.5А (горящая древесина) с помощью мобильного генератора регулируемой дисперсности. Результаты проведенных экспериментов подтвердили, что с помощью данного метода и найденных пламегасителей можно подавить как пламенное, так и тлеющее горение. Предлагаемый способ тушения с помощью мелкодисперсных аэрозолей в 30 раз позволяет сократить расход тушащей жидкости.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Баратов А.Н. Пожаротушение на предприятиях химической и нефтеперерабатывающей промышленности. /А.Н. Баратов, Е.Н. Иванов. – М.: Химия. – 1979. – 368 с.
2. Исследование фосфорорганических, фторорганических, металлсодержащих соединений и твердотопливных газогенераторных составов с добавками фосфорсодержащих соединений в качестве эффективных пламегасителей / Коробейничев О.П. и др. // Физика горения и взрыва. – Т. 42. – 2006. – № 6. – С. 64–73.
3. Experimental and numerical evaluation of metallic compounds for suppressing cup-burner flames / Linteris G.T., Katta V.R., Takahashi F. // Combust. Flame. Vol. 138. – 2004. – P. 78–96.
4. О способе получения дисперированной жидкости с газом при помощи поршневой машины и его возможных применениях / Ю.В. Алеханов и др. // III Научно-техническая конференция «Научно-инновационное сотрудничество»: сборник научных трудов. Часть 1. – М. – 2004. – С. 169–170.
5. Корольченко А.Я. Технология импульсного водяного пожаротушения IFEX 3000 // Пожаровзрывоопасность. – 2000. – № 2. – С. 3–5.
6. Взаимодействие диспергированной воды с пламенем. / Ю.В. Алеханов и др. // Письма в ЖТФ. – Т. 29. – 2003. – № 6. – С. 1–6.
7. Пожарные машины газоводяного тушения (АГВТ) // Пожарная техника. – М.: Стройиздат, 1988. – Ч. 2. – С. 100–105.
8. Куценогий К.П. О возможности использования водяного аэрозоля для борьбы с лесными пожарами // Вопросы лесной пирологии / Под ред. Н.П. Курбатского. – Красноярск, 1970: Институт леса и древесины им. В.Н. Сукачева. – С. 340–353.
9. Сахаров В.М. Конструктивные и режимные характеристики аэрозольного генератора с регулируемой дисперсностью // Оптимизация технологии применения инсектицидных аэрозолей: сб. науч. тр. – Новосибирск: СО ВАСХНИЛ, 1983. – С. 3–13.
10. Автоматизация нефелометрических измерений массовой концентрации субмикронных атмосферных аэрозолей / Бизин М.А. и др. // Оптика атмосферы и океана. – Т. 29. – 2007. – № 3. – С. 291–296.

© А.Г. Шмаков, О.П. Коробейничев, А.А. Чернов,
В.М. Шварцберг, К.П. Куценогий, В.И. Макаров, 2009

УДК 504.53

А.И. Шепелев, Ю.А. Суровцева, Г.Ю. Андреева, Р.Г. Мазитов
СурГУ, Сургут

ИЗМЕНЕНИЕ СОСТАВА И СВОЙСТВ ПОЧВ ТАЙГИ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ ПОД ВЛИЯНИЕМ НЕФТЕЗАГРЯЗНИТЕЛЕЙ

A.I. Shepelev, Y.A. Surovtseva, G.Y. Andreeva, R.G. Mazitov
Surgut State University
14 Energetikov Ul., Surgut, 628400, Russian Federation

CHANGE OF STRUCTURE AND PROPERTIES IN SOILS OF THE TAIGA OF WESTERN SIBERIA UNDER INFLUENCE PETROSALT POLLUTION

Emission of «crude» oil in accumulative depression of an oil field surface promoted a drastic change of structure and properties of all geochemical catena soils: the contents of general oil products, chlorides and water-soluble substances sharply increased; acidity considerably decreased. Restoration of soil weight parameters is observed in 3–4 years after the breakage.

Интенсификация нефтедобычи, транспортировки и переработки продукции на территории ХМАО сопровождается масштабным и все увеличивающимся нарушением природной среды – растительности, почв. В силу суровых природно-климатических условий региона естественное восстановление химически загрязненных почв крайне заторможено. Рекультивации таких земель, основывающиеся на эмпирических материалах, обычно не эффективны. Поэтому изучение естественного восстановления нефтезагрязненных почв в длительных исследованиях на постоянных площадках, как первый этап обоснования системы рекультивационных мероприятий в таежной зоне, явилось целью данной мониторинговой работы.

Объектом исследования служат почвы катены участка месторождения нефти, расположенного на внутриводораздельном останце второй надпойменной террасы Оби. Исследуемая геохимическая catena включает 3 основные позиции: от подзолисто-элювиально-глеевой почвы темной хвойной тайги до органогенной почвы аккумулятивной депрессии переходного болота, испытывавшего в 2001–2002 годах аварийные выбросы «сырой» нефти при аварии нефтепровода (смеси пластовых флюидов – углеводородов и минеральных солей).

Исследования проводятся с 2003 года. Срок отбора образцов почв для химического анализа обоснован осенним периодом затухания процессов микробной деструкции и стабилизации системы органических веществ и осуществляется по генетическим горизонтам методом «конверта» из 10 индивидуальных образцов. Показателями, характеризующими наличие

загрязняющих веществ в почвах и их трансформации, являются следующие: содержание общих нефтепродуктов, водорастворимых веществ и хлоридов, pH водной суспензии (а также и другие показатели, которые в данном сообщении не обсуждаются).

Поскольку многие показатели почв по содержанию загрязняющих веществ не нормируются, для оценки изменения свойств почв мы воспользовались данными по «фоновой» почве элювиальной позиции, находящейся вне зоны аварии. Фоновая почва характеризуется кислой и сильнокислой реакцией среды ($pH_{вс}$) в органогенных и минеральных горизонтах, низким содержанием нефтепродуктов (причем максимум в органогенном горизонте); а судя по плотному остатку, и низким содержанием водорастворимых веществ (минеральных и гумусовых) и хлоридов. Причем последние распределены по профилю относительно равномерно (табл. 1).

Таблица 1. Некоторые данные химического состава и свойств нефтезагрязненных почв Южно-Сургутского месторождения нефти

Тип почвы	Глубина горизонта, см	Результаты проведения исследований по годам					
		2003 г.	2004 г.	2005 г.	2006 г.	2007 г.	2008 г.
		pH водной суспензии, ед. (ОГ – 5,00; МГ – 5,10-5,70)*					
Торфяно-болотная	0–15	7,52	4,75	6,58	Не опр.	Не опр.	4,94
	15–30	7,48	4,78	6,60	5,12	6,34	Не опр.
Подзолисто-элювиально-глеевая	0–5	5,78	5,44	4,73	Не опр.	4,51	4,67
	5–14	5,55	4,50	5,59	-//-	4,17	4,77
	14–25	5,92	Не опр.	5,54	-//-	4,96	5,48
Подзолисто-элювиально-глеевая	0–5	6,26	4,95	5,36	5,40	4,38	4,96
	5–14	5,56	4,50	5,90	6,08	4,50	5,24
	14–25	5,98	4,87	5,80	6,30	5,08	5,40
		Нефтепродукты, г/кг (ОГ – 0,10-0,15; МГ – 0,01-0,02)*					
Торфяно-болотная	0–15	606,00	990,00	592,70	459,00	Не опр.	56,88
	15–30	561,00	0,06	375,30	87,74	-//-	Не опр.
Подзолисто-элювиально-глеевая	0–5	21,95	0,58	0,88	Не опр.	-//-	0,82
	5–14	22,20	0,08	0,30	-//-	-//-	0,05
	14–25	2,03	Не опр.	0,32	-//-	-//-	0,05

Продолжение табл. 1

Тип почвы	Глубина горизонта, см	Результаты проведения исследований по годам					
		2003 г.	2004 г.	2005 г.	2006 г.	2007 г.	2008 г.
Подзолисто-элювиально-глеевая	0–5	11,48	0,21	1,94	1,98	-/-	0,27
	5–14	2,77	0,08	0,14	1,20	-/-	0,05
	14–25	3,92	0,02	0,26	2,60	-/-	0,04
		Хлориды, мг/кг (ОГ – 38,52; МГ – 36,92-52,72) *					
Торфяно-болотная	0–15	296,7	417,5	Не опр.	Не опр.	Не опр.	33,6
	15–30	274,5	55,7	-/-	210,0	650,0	Не опр.
Подзолисто-элювиально-глеевая	0–5	189,3	487,1	-/-	Не опр.	270,0	46,9
	5–14	26,1	62,6	-/-	-/-	50,0	57,0
	14–25	13,4	Не опр.	-/-	-/-	110,0	60,5
Подзолисто-элювиально-глеевая	0–5	93,3	361,8	-/-	70,0	140,0	40,3
	5–14	15,8	69,6	-/-	70,0	50,0	38,5
	14–25	46,4	62,6	-/-	52,5	90,0	34,4
		Плотный остаток, мг/кг (ОГ – 230; МГ – 170) *					
Торфяно-болотная	0–15	820	3000	658	Не опр.	Не опр.	300
	15–30	710	620	570	3620	2000	Не опр.
Подзолисто-элювиально-глеевая	0–5	5840	11800	Не опр.	Не опр.	750	220
	5–14	500	820	-/-	-/-	1150	170
	14–25	240	Не опр.	-/-	-/-	780	250
Подзолисто-элювиально-глеевая	0–5	6160	3950	-/-	680	3080	260
	5–14	700	1220	-/-	220	1080	280
	14–25	360	920	-/-	60	1150	210

* – значение показателей в фоновой почве (ОГ – органогенный горизонт, МГ – минеральный горизонт).

Торфяная почва расположенная вблизи места аварии на нефтепроводе отличается максимальными изменениями свойств и состава в первые годы после аварии. Это касается довольно значительного по сравнению с «фоном» проявления щелочности грунтов (7,5 ед. рН_{вс}), резкого повышения содержания общих нефтепродуктов (более 500 г/кг), увеличения содержания хлоридов и водорастворимых веществ.

Подзолистые почвы повышенных позиций также характеризуются снижением кислотности массы после загрязнения (до 5,5–6,0 ед. рН_{вс}), особенно в верхних органогенных горизонтах. Одновременно содержание нефтепродуктов резко возрастает во всех горизонтах почв (до 10–20 г/кг). Но уже на второй после аварии год в минеральных наблюдается снижение их содержания по катене до 0,8–0,2 г/кг, которое все же превышает пределы установленные региональными нормативами (Методические рекомендации по применению Требований к определению исходной (фоновой) загрязненности компонентов природной среды, на территории ХМАО, 2004 г.). Профильное распределение в минеральных почвах характеризуется максимальным накоплением в верхних органогенных горизонтах.

Содержание хлоридов в целом существенно выше фоновых значений, профильное же их распределение во всех случаях указывает на аккумуляцию в верхних горизонтах.

Величины плотного остатка водной вытяжки всех почв, как суммы водорастворимых (органических и минеральных) веществ, значительно превышают их содержание в фоновых почвах. Однако обращают на себя внимание устойчиво высокие их значения, особенно в верхних горизонтах почв, по всем годам наблюдений, кроме 2008 года. Это может быть связано с повышением растворимости (подвижности) органических веществ под влиянием техногенных минеральных солей «сырой» нефти, а также увеличением с увеличением содержания водорастворимых минеральных солей.

Таким образом, общие особенности природной среды региона (климата – теплое и влажное лето, относительная выравненность участка, неглубокое залегание от поверхности почвенно-грунтовых вод, их гидравлическая связь с поверхностными (болотными) водами) обеспечивают постоянную миграцию вод в пределах геохимической катены: нисходящую и восходящую. Это обуславливает не только локализацию загрязняющих веществ в почвах аккумулятивной депрессии, но и загрязнение «чистых» почв повышений, особенно верхних горизонтов. В процессе распределения загрязнителей в почво-грунтах катены за период исследований (2003–2008 годы) достаточно отчетливо выделяются 2 периода. Первый характеризуется активным изменением состава и свойств почв по всем показателям – 2003–2004 годы. Следующий этап – наблюдается восстановление кислотности почвенной массы и стабилизация других показателей, при общем высоком содержании битумов в болотной почве.

© А.И. Шепелев, Ю.А. Суровцева, Г.Ю. Андреева, Р.Г. Мазитов, 2009

УДК 551.58:502(571)

В.В. Трушин, Л.В. Воронина

СГГА, Новосибирск

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА МАКСИМАЛЬНЫХ И МИНИМАЛЬНЫХ ТЕМПЕРАТУР ВОЗДУХА ПО ЗОНАМ НОВОСИБИРСКОЙ ОБЛАСТИ

V.V. Trushin, L.V. Voronina

SSGA, Novosibirsk

ECOLOGICAL ASSESSMENT OF MAXIMAL AND MINIMAL AIR TEMPERATURES OF NOVOSIBIRSK REGION ZONES

As it is stated in the article, the extreme temperatures as a determining factor for human habitation are to be investigated. The distribution of medium, absolute, maximal and minimal air temperatures throughout the zones of Novosibirsk region is considered. The effect of temperature extremes on the population density on the left bank area of Novosibirsk region is analyzed.

Экологическая оценка любого из климатических показателей может быть сведена к анализу степени их благоприятствования для существования человека, растений и животных. А.Г. Исаченко [1] введено понятие экологического потенциала ландшафта, где в качестве определяющих экологических факторов представлены тепло и влага. С точки зрения автора именно эти экологически облигатные (обязательные) факторы имеют прямое экологическое значение для развития ландшафта.

Для оценки климатоэкологического взаимодействия в условиях Новосибирской области нами выбран один из параметров тепла и влаги – температура воздуха, но не в средних её значениях, а в аномальных отклонениях от средней величины. Именно максимальные либо минимальные температуры воздуха способны нарушать привычный режим существования всего живого, а высокая повторяемость этих значений может привести к стабильному нарушению привычных природных закономерностей – например, к смещению природных зон или уменьшению миграции птичьих стай, но в любом случае может привести к нарушению здоровья человека.

Анализ многолетних температур на территории области подчёркивает их характерную изменчивость в направлении не только с севера на юг (в зональном аспекте), но и с запада на восток (выраженная провинциальность). Так, среднегодовые температуры воздуха за последние 25 лет составили в подтайге 0.5 °С, в северной лесостепи +1.0, в южной лесостепи +1.2 и в степной зоне +1.7 °С [2]. Как видим, все значения температур хотя и положительны, но очень низкие. По данным Всемирной организации здравоохранения и Всемирной продовольственной организации [3] наиболее благоприятный

климатический эталон соответствует среднегодовой температуре воздуха +10.0 °С. На территории же нашей области они не поднимаются выше 1.7 °С, и то только на крайнем юге и только за последние несколько лет, ибо положительных значений в среднегодовом выводе температуры воздуха по всей области приобрели лишь в последние десятилетия в связи с глобальным потеплением климата.

Сезонные колебания температуры воздуха в разные месяцы за многолетний период также подчёркивают низкие значения температур в зимний период и достаточно высокие – в летний (табл. 1)

Таблица 1. Средняя многолетняя температура воздуха по зонам Новосибирской области [4]

Зона	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Подтайга	-20.2	-18.4	-10.9	1.0	9.5	15.5	17.8	14.2	9.0	6.0	-10.1	-17.2
Сев. лесостепь	-20.0	-18.3	-11.3	1.0	10.2	16.5	18.3	15.0	9.5	1.1	-9,4	-17.2
Южная лесостепь	-19.6	-18.0	-11.1	1.2	10.7	16.6	18.7	15.6	10.1	1.4	-8.8	-16.4
Колочная степь	-19.6	-18.6	-11.7	1.3	11.2	17.4	19.5	16.3	10.5	1.9	-8.6	-16.7
Типичная степь	-19.4	-18.4	-11.1	1.8	11.2	17.5	19.2	16.1	10.5	2.1	-8.9	-16.3
Сухая степь	-19.4	-18.4	-10.6	2.9	12.1	18.2	20.2	16.9	11.2	2.2	-8.5	-16.2

Более контрастный ход представляют температуры максимальные и минимальные. Так, средние минимальные температуры изменяются по территории области от – 25.3 °С на севере области в подтаёжной зоне до – 24.15 °С на крайнем юге – в подзоне сухой степи (табл. 2).

В Правобережье средние минимальные температуры января изменяются от –23.4 °С в лесостепи до – 26.0 °С в таёжной зоне (вертикальная зональность Новосибирской области). В любом случае все значения средних минимальных температур самого холодного месяца января предельно низкие, что безусловно оказывает отрицательное экологическое влияние. Тем более что основным ограничивающим фактором для проживания человека, по мнению А.А. Исаева [3] является именно температура воздуха. В соответствии с этим мы сделали попытку проследить взаимосвязь между экстремальными температурами воздуха и плотностью населения в Новосибирской области.

Таблица 2. Максимальные и минимальные температуры воздуха по зонам Новосибирской области за многолетний период

Природно-климатич. зона	Метеостанция	Температура воздуха, °С			
		Средняя максим.	Абсол. максимал.	Средняя минимал.	Абсол. минимал.
Подтаёжная	Кыштовка	24.3	39	-25.3	-52
Подтаёжная	Северное	24.0	35	-25.3	-50
Подтаёжная	Пихтовка	24.3	37	-24.6	-51
Сев. лесостепь	Болотное	24.8	36	-22.4	-51
Сев. лесостепь	Барабинск	24.8	38	-24.5	-48
Южная лесостепь	Татарск	25.2	40	-24.3	-47
Южная лесостепь	Чулым	24.7	40	-24.2	-52
Южная лесостепь	Здвинск	25.6	39	-24.2	-47
Южная лесостепь	Ордынское	25.6	40	-24.4	-51
Южная лесостепь	Кочки	25.3	39	-24.1	-50
Колочная степь	Купино	25.8	40	-24.2	-47
Типичная степь	Краснозёрск	25.9	39	-23.7	-48
Сухая степь	Карасук	26.3	40	-23.8	-46
Южная лесост. Правобережье	Посевная	24.2	38	-22	-48
Северная лесостепь, Правобережье	Огурцово	25	37	-23.4	-50
Южная тайга, Правобережье	Маслянино	24.8	36	-26	-53
среднее	область	25.037	38.312	-24.15	-49.437

Прежде всего следует отметить, что плотность населения в нашей области изменяется в очень низких пределах – от 6.0 до 1.0 человек на 1 км² (при средней плотности населения по России 8.4 человека на 1 км², во Франции 105 человек, в Германии 203, в Нидерландах 390 человек на 1 км²). Для анализа мы используем данные по плотности населения только в Левобережье области (рис. 1) Географические особенности распределения плотности населения в Правобережье Новосибирской области вне сомнения определяются в первую очередь наличием здесь крупнейшего мегаполиса, а уже затем могут оказывать какое-то влияние климатические параметры. Поэтому здесь проследить какие-то взаимосвязи достаточно трудно, и нет в этом необходимости.

Левобережье Новосибирской области, напротив, представляет наглядный пример взаимосвязи географической изменчивости аномально низких либо аномально высоких температур и плотности населения. Так, средняя минимальная температура воздуха возрастает к северу (подтаёжная зона) до – 25.3 °С, абсолютный минимум – до – 52 °С, а плотность населения падает до 1 человека и < на 1 км²; в северной лесостепи средняя минимальная температура варьирует от – 22 до – 24 °С, абсолютный максимум – составляет –48 и –51 °С, а плотность населения в сравнении с подтаёжной зоной возрастает до 2–3 человек/км², хотя и остаётся предельно низкой. Но и климатические

условия жизни для населения также остаются крайне неблагоприятными. В южной лесостепи экстремальные показатели, выраженные через минимальные температуры, практически те же, что и в северной лесостепи, однако плотность населения возрастает до 3.0–4.0 человек/км². Но, во-первых, это происходит только в нижнем течении долины реки Оми, а во-вторых, в данном случае следует обратить внимание на зональный ход средних максимальных и абсолютных максимальных температур воздуха. И те и другие достаточно стабильно возрастают от северных подзон области – к южным: от 24.3 до 26.3 °С и от 35 до 40 °С соответственно. В степной зоне средние минимальные и абсолютные минимальные температуры воздуха изменяются в сторону их повышения до –23.7 и –46, –48 °С, и плотность населения увеличивается также до 5.0–6.0 человек/км².

Отсюда следует вывод, что чем ярче выражены пределы экстремальных температур, тем хуже климатические условия для проживания человека и тем ниже плотность населения.

Интересно отметить, что по соотношению тепла и влаги и по ряду комплексных коэффициентов, выражающих это соотношение, оптимальной климатической зоной в Новосибирской области является всё-таки южная лесостепь. Именно здесь комплексный показатель – гидротермический коэффициент Г.Т. Селянинова равен 1. Известно, что именно этот коэффициент используется агрометеорологами для оценки климатических условий для произрастания и развития сельскохозяйственных культур. Следовательно, только в природно-климатических условиях южной лесостепи складываются самые благоприятные условия для произрастания зерновых культур. Севернее этой зоны, где коэффициент увлажнения больше 1, наблюдается избыток влаги, и недостаток тепла. Это способствует излишнему развитию болот, формированию почв подзолистого типа, повышенной залесённости местности. А всё это в комплексе приводит к снижению как урожайности в ц/га, так и валового сбора зерна. К югу от южной лесостепи – в подзонах колючей, типичной, сухой степи – соотношение тепла и влаги изменяется в пользу тепла и гидротермический коэффициент значительно меньше 1 (изменяется по территории от 0.7 до 0.5 и ниже) В таком случае на данной территории формируются совсем другие ландшафты – степные, растительность разреженная, перемежается с оголёнными пятнами солончаков, почвы – южные (оскуднённые) чернозёмы с признаками засоления и большие массивы солонцов, солончаков и солодей. Подобные природно-климатические условия также мало благоприятны для развития и вызревания сельскохозяйственных культур, здесь часты засухи и урожаи также низкие.

Таким образом, одна и та же территория может оказаться менее благоприятной для одних природных процессов и более благоприятной – для других. И если превышение тепла над влагой в южных подзонах области приводит к снижению урожаев сельскохозяйственных культур, то для человека, комфортности его проживания такие условия более благоприятны, что незамедлительно отражается на плотности населения. И хотя эта плотность в целом катастрофически мала, её рост к югу характеризует более благоприятные

климатические условия для человека, оцениваемые в данном случае по температуре воздуха.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Исаченко, А.Г. Введение в экологическую географию / А.Г. Исаченко. – СПб.: СПб ун-т, 2003. – 192 с.
2. Воронина, Л.В. Роль климатических процессов в свете современных представлений о связи экологии и климата / Л.В. Воронина, А.Г. Гриценко. – Новосибирск: сб. материалов V Междунар. науч. конгр. – Новосибирск: СГГА, 2009.
3. Исаев, А.А. Экологическая климатология / А.А. Исаев.– М.: Научный мир, 2001. – 456 с.
4. Научно-прикладной справочник по климату СССР. Сер. 3. Многолетние данные. Вып. 20. – СПб., 1993. – 467 с.

© В.В. Трушин, Л.В. Воронина, 2009

УДК 528.9:599

Л.К. Трубина¹, А.Я. Бондарев², А.А. Тимченко¹

¹СГГА, Новосибирск

²ЦЗЛ Алтайского края

АНАЛИЗ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА РАЗМЕЩЕНИЕ ВОЛКА В НОВОСИБИРСКОЙ ОБЛАСТИ

L.K. Trubina¹, A.Ya. Bondarev², A.A. Timchenko¹

¹SSGA, Novosibirsk

²Forest Protection Centre

The Altai region

ANALYSIS OF FACTORS INFLUENCING WOLF LOCATION IN NOVOSIBIRSK REGION

The gray or ordinary wolf (lat. *Canis lupus*) is a unique animal, a carnivore mammal, wolf genus, whose natural habitat and entire population have substantially dropped mainly due to the human activities. In many regions of the world the wolf is critically endangered. There are some presuppositions for the wolf total extermination and losing its West Siberian population gene pull.

The paper presents analysis of the factors influencing wolf location in Novosibirsk region.

Волк серый или обыкновенный – уникальное животное. В первой половине XX века ареал волка занимал второе место по площади после ареала человека, охватывая большую часть Северного полушария. Сейчас ареал значительно меньше. Из-за хищничества на диких и домашних копытных животных волка истребили во многих странах. Волк сохранился в некоторых регионах России, отдельных странах Европы, Восточной Азии и Северной Америке.

В связи с урбанизацией ландшафтов и ростом технических возможностей создались реальные предпосылки для истребления волка и потери генофонда западносибирской популяции, так в Новосибирской области осталось всего 20–30 особей [1]. Дальнейшее уменьшение популяции волка может привести к появлению большого количества бродячих и одичавших собак, обычно занимающих экологическую нишу этого хищника. Плотность населения бродячих и диких собак значительно выше, чем у волка. Такие собаки увеличивают эпидемическую и эпизоотическую напряженность в естественных и урбанизированных экосистемах и наносят гораздо больший урон копытным и другим животным.

Волк обитает в самых разных ландшафтах, но предпочитает степи, полупустыни, тундру, лесостепь, избегая густых лесных массивов. На

распространение волка влияют разнонаправленно действующие факторы как: ресурсы кормов, интенсивность преследования человеком, количество населенных пунктов, освоение сельскохозяйственных земель, высота и структура снежного покрова, залесенность, заболоченность и др.

При изменении экологических условий или активизации охотников, волк демонстрирует уникальные способности адаптироваться к новым условиям: изменяет рацион питания, размещение, поведение и образ жизни. Основные источники рациона волка – дикие (косули, лоси) и домашние копытные животные. Рацион волка меняется вслед за изменениями соотношения и численности диких и домашних животных.

В докладе представлены результаты анализа факторов, влияющих на размещение волка в пределах Новосибирской области.

Для экспериментальной части использовались данные о заготовках шкур волка по районам области, начиная с 1934 года, по которым с известной долей точности можно восстанавливать численность популяции. На основе этого создана пространственная база данных средствами ГИС MapInfo, которая содержит сведения о высоте снежного покрова, лесопокрытой площади, распаханности территории, поголовье диких и домашних животных.

Формирование базы данных начато с подготовки разреженной географической основы (масштаб 1:2 500 00), включающей границы административных районов и гидрографическую сеть. Отдельным слоем показана плотность популяции волка, согласно сведениям, представленным на карте Крюкова В.С. за 1969 год [2].

Для исследований размещения волка использованы косвенные данные по численности, восстановленной по материалам заготовок шкур. Эти сведения были сгруппированы в три интервала, соответствующих следующим временным периодам: 1934–1941, 1945–1960, 1960–1968 гг. Особенности размещения представлены в виде тематических карт, показанных на рис. 1, где самая темная заливка соответствует максимальному значению численности, а самая светлая – минимальному.



Рис. 1. Добыча волка на территории Новосибирской области

Сравнивая указанные периоды, можно отметить, что наибольшая численность волка в 1940-е годы наблюдалась в юго-западных районах. С 1945 по 1960 годы отмечено увеличение численности, а так же смещение высокой плотности населения волка в приобские районы. В третий период наблюдалось общее снижение численности и в первую очередь в центральных районах.

Для выявления вклада того или иного фактора в тренд ареала волка сформирован ряд тематических слоев, отражающих сведения о населенных пунктах, кормовой базе и состоянии снежного покрова на каждый временной диапазон из атласов по Новосибирской области [4].

При сопоставлении слоев плотности населения и плотности волка было выявлено, что до середины 50-х годов в южных районах плотность сельского населения была невысока и составляла 5–10 человек на 1 кв. км, а численность волка – стабильна [5, 6]. К 1960 году увеличение населения (на 20 %) и посевной площади (в 2 раза) привели к тому, что волк мигрирует в центральные и северные районы области.

Совмещение карт численности волка и диких животных показало, что во второй половине 60-х годов резко сократилась численность диких животных на юге и востоке области, в частности косуль [3]. В этот же период отмечено снижение численности волка в этих районах и его миграция на север, что согласуется с приведенным в книге Бондарева А.Я.: «...при уменьшении кормовой базы в виде диких животных, хищник вынужден был переместиться ближе к поселениям...».

Сравнение слоев плотности волка (карта В.С. Крючкова) и высоты снежного покрова наглядно показывает, что хищник предпочитает районы с высотой снега до 30 см. Так в северных районах, где высота снега превышает 45 см, волка за анализируемый период не было.

Таким образом, использование геоинформационных технологий позволило проанализировать ряд факторов, в частности, снежный покров, плотность населения и наличие кормовой базы, влияющих на размещение и миграцию волка обыкновенного в пределах Новосибирской области в период с 1934 по 1968 гг. Этот анализ важен и для прогнозирования изменений размещения и путей сохранения волка.

Исследования планируется продолжить для выявления и уточнения сочетаний природных и антропогенных факторов, влияющих на распространение волка.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Состояние ресурсов охотничьих животных в РФ в 2003–2007 гг. Информационно-аналитические материалы // Охотничьи животные России (биология, охрана, ресурсоведение, рациональное использование). Вып. 8. – М.: ФГУ Центрохотконтроль, 2007. – 164 с.
2. Крючков В.С. Распространение и численность волка // Биологическое районирование Новосибирской области. – Новосибирск: Наука, 1969. – С. 179–182.
3. Бондарев А.Я. Волк юга Западной Сибири и Алтая. – Барнаул. Барнаульский гос. пед. ун-т, 2002. – 178 с.
4. Основы геоинформатики: учеб. пособие в 2х кн. / Е.Г. Капралов, А.В. Кошкарёв, В.С. Тикунов и др.; под ред. В.С. Тикунова. – М.: Академия, 2004.
5. Атлас Новосибирской области. – Роскартография, 2002. – 55 с.
6. Атлас Новосибирской области. – ГУГК, 1979. – 32 с.

© Л.К. Трубина, А.Я. Бондарев, А.А. Тимченко, 2009

УДК 631.92

*И.М. Янников*¹, *М.В. Телегина*²

ГУ МЧС России по УР, Ижевск

ФТИ УрО РАН, Ижевск

ОСОБЕННОСТИ РАССТАНОВКИ ПОСТОВ БИОМОНИТОРИНГА С УЧЕТОМ ПОЧВ, РЕЛЬЕФА И РАСТИТЕЛЬНОСТИ

*I.M. Yannikov*¹, *M.V. Telegina*²

¹ Central administrative board of the Ministry of Emergency Measures of Russia on
The Udmurt republic, Izhevsk

²Physical-Technical Institute Ural Branch of the Russian Academy of Science,
Izhevsk

FEATURES OF ARRANGEMENT OF POSTS OF BIOMONITORING IN VIEW OF A GROUND, THE RELIEF AND VEGETATION

Requirements of the complex approach and the requirement to accommodation of posts of biomonitoring of potentially dangerous chemical object are described. The automated system of arrangement of posts in view of uniformity is offered. The digital cartographical basis for the analysis of position of a post on conformity to the certain types of vegetation and ground, and also the account of a lay of land is used. In base of rules on the basis of knowledge of experts rules of editing of position of posts according to attributive data of a cartographical basis are given.

Цель биомониторинга, как части комплексного мониторинга объекта, - это оценка и контроль влияния потенциально опасных химических объектов на окружающую природную среду в зоне защитных мероприятий с использованием биологических объектов-индикаторов.

В целях организации системы биологического мониторинга в зоне защитных мероприятий (ЗЗМ) и санитарно-защитной зоне (СЗМ) объекта должны быть выбраны и оборудованы посты биомониторинга в конкретных природных экосистемах на локальных участках исследуемой территории, на которых будет осуществляться контроль состояния индикаторных биологических объектов в режиме периодических наблюдений.

Пост биомониторинга – участок природной экосистемы, на котором периодически проводятся наблюдения за состоянием биологических объектов и/или осуществляется отбор биологических проб для лабораторного анализа. При выборе местоположения постов биологического мониторинга необходимо учитывать следующие особенности экосистемной организации территории. Классическая система пробоотбора с точками пробоотбора, расположенными по двадцати четырем румбам, учитывает выброс веществ и их перемещение только воздушным путем [2]. Несомненным достоинством этой системы является

совмещение принципа репрезентативности выбора точек с требованиями обеспечения корреляции расчетных моделей.

Однако данная схема обладает существенными недостатками. В частности, не учитываются особенности рельефа, растительности, почвы и типов материнской пород. И как следствие при большом количестве расставленных постов эффективность их использования невелика, так как заведомо в точках пробоотбора вероятность нахождения продуктов деструкции будет незначительна. Размещение постов биомониторинга требует комплексного подхода, так как должны быть учтены и критерий равномерности размещения пунктов, и особенности ландшафта, в частности рельефа и лесорастительных условий, минимума антропогенного «шума» – хозяйственной деятельности, промышленного техногенеза, дорог с интенсивным движением, плотной застройки [3]. Для учета всех параметров и максимальной объективности необходимо автоматизировать процесс размещения постов биомониторинга. В тоже время для учета всех критериев необходима выработка правил экспертного анализа для принятия решений по редактированию расставленных постов биомониторинга. Т. е. при определенном типе растительности, типе почвы и значении уклона рельефа анализ в данной точке может быть вообще нецелесообразен, тогда данный пост необходимо либо исключить из списка постов, либо переместить в соответствии с правилами (ниже по рельефу на определенный тип растительности). Поэтому необходима система, имеющая функции автоматизированной расстановки постов и функции экспертного анализа для их дальнейшего редактирования.

Такие данные, как рельеф, тип почвы и материнской породы, тип растительности являются геоинформацией местности. При автоматизированной обработке картографической информации необходимо специализированное программное обеспечение – геоинформационные системы, поддерживающее соответствующие формы цифрового представления информации и позволяющее оперировать ею в целях решения разнообразных задач анализа [1]. Для реализации системы расстановки постов разработана экспертная геоинформационная система, состоящая из базы данных, блока картографической информации, блока расстановки пунктов, блока построения буферных зон, блока анализа положения точек, базы правил, блока принятия решений по смещению точек и блока визуализации картографической и табличной информации. Структура системы приведена на рис. 1.

В данной системе используются слои: растительности, населенных пунктов, речной сети, почв, рельефа. Каждому объекту в слое приписаны соответствующие атрибуты – данные. Структура таблиц (списков) для каждого слоя индивидуальна.

Входной информацией блока расстановки постов является необходимое количество постов. На предварительно выбранном участке (отмечаются границы участка) эксперт в интерактивном режиме отмечает точки, где размещение постов обязательно. При этом учитываются и уже существующие пункты государственного экологического мониторинга, и особенности местности, и закономерности процессов стока в ландшафтах, неоднородности

почвенно-растительного покрова. Далее осуществляется с помощью триангуляции Делоне автоматическая расстановка недостающего количества постов. Исходными точками для треугольников служат точки обязательного пробоотбора, расставленные экспертом, а также вспомогательные точки по углам изображения.

Общее количество расставляемых точек можно регулировать, что обеспечивает учет заданной плотности и регулярности расставленных постов для достоверного отображения данных с применением методов пространственной интерполяции по измеренным данным.



Рис. 1. Структура системы автоматизированной расстановки постов

Блок построения буферных зон предназначен для возможности исключения антропогенного «шума» при расстановке постов. Размер этой площадной зоны объекта может быть фиксирован или меняться в зависимости от характеристик (площадь объекта, степень антропогенной нагрузки и т. д.).

В блоке анализа положения постов биомониторинга происходит анализ данных местности (слоев карт), куда попали расставленные посты. Необходимо проанализировать области, где взятие проб нецелесообразно или невозможно, выделить те объекты (или слои), попавшие на которые точки исключаются. В качестве таких объектов выступают слой гидрографии, буферные зоны определенных объектов и т. д. Посты, попадающие в области, где взятие проб нецелесообразно или невозможно исключаются из анализа. При необходимости посты, попадающие в буферные зоны объектов можно сместить автоматически за край зоны по направлению от центра объекта.

Далее анализируются тип растительности, почвы и значения крутизны ската (слой рельефа) по атрибутивным данным для каждого расставленного поста. Именно по совокупности этих данных определяются правила автоматического редактирования размещения постов биомониторинга.

В базе правил системы должны храниться условия редактирования положения постов в зависимости типов растительности и почвы и значений крутизны ската, представляющие собой набор правил, определяемых экспертом. Решениями по редактированию размещения постов являются: удаление поста, оставить без изменения и смещение по направлению ската до начала объекта в слое «Растительность». Для возможности изменения структуры системы, правил анализа и принятия решений по смещению поста в разрабатываемой системе предусмотрена гибкая изменяемая база правил принятия решений. Блок принятия решений по смещению точек учитывает рельеф, растительность и попадание пункта в буферную зону объектов.

По окончании процедуры смещения точек происходит сохранение географических координат расставленных пунктов пробоотбора биологических объектов и печать таблицы точек с координатами. Необходимо отметить реализованный автоматический анализ расположения постов на присутствие последних во всех экосистемах данной местности (лесные, луговые, водные) в заданных пропорциях, что обеспечивает требование репрезентативности системы пробоотбора.

Разрабатываемая система позволит максимально формализовать принятие решений по размещении постов биомониторинга, и будет являться неотъемлемой частью системы биомониторинга потенциально опасных химических объектов. Несомненным достоинством системы является комплексный подход к учету всех особенностей ландшафта и автоматизация процесса. Данный подход к расстановке постов может быть применен не только при расстановке постов биомониторинга, но и при мониторинге почв сильнозагрязненных территорий в процессе их рекультивации.

Совместное применение ГИС-технологий и методов экспертного анализа позволит ставить и решать новые задачи анализа картографической и атрибутивной информации в системах поддержки принятия решений в разнообразных областях человеческой деятельности.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Телегина, М.В. Применение ГИС-технологии в обеспечении безопасности объекта уничтожения химического оружия (ОУХО) / М.В.Телегина, И.М. Янников, В.В. Евдокимовский, А.А.Коробейников // Материалы 1 Всероссийской научно-технической конференции «Современные информационные технологии в деятельности органов власти «ИНФОРТЕХ-2008». – Курск, 2008. С. 57–58.

2. Чупис, В.Н. Экологический мониторинг объектов уничтожения химического оружия – опыт создания и перспективы развития / Чупис В.Н. // Теоретическая и прикладная экология. – № 2. – 2007. – С. 35–41.

3. Янников, И.М. Информационные технологии обработки данных биомониторинга объекта уничтожения химического оружия / И.М. Янников, М.В. Телегина // Труды конференции семинара «Теория управления и математическое моделирование». – Ижевск, 2008. – С. 47–50.

© И.М. Янников, М.В. Телегина, 2009

УДК 581.55

В.А. Степанова, С.Ю. Артымук, Е.К. Паришина

Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, Новосибирск

ЗАПАСЫ РАСТИТЕЛЬНОГО ВЕЩЕСТВА И ТОРФА В РЯМАХ ЛЕСОСТЕПИ НОВОСИБИРСКОЙ ОБЛАСТИ

V.A. Stepanova, S.Yu. Artymuk, E.K. Parshina

Institute of Soil Science and Agrochemistry SB RAS, Novosibirsk

THE STOCK OF PHYTOMASS AND PEAT IN RYAMS OF NOVOSIBIRSK REGION FOREST-STEPPE

The state of ombrotrophic bogs as unique objects of Novosibirsk region forest-steppe has been studied. The problem of plant community transformation and ryam degradation due to unfavourable conditions for peat accumulation is considered in present paper. The following data has been obtained: the stock of above-ground and below-ground phytomass (till 30 cm deep) in the ryam is 1772 g/m², that of mortmass is 5173 g/m² and net primary production is 519 g/m² a year.

В настоящее время верховые болота лесостепной зоны (рямы) в условиях переменного увлажнения, имеют ограниченные ресурсы для прогрессивного роста. Находясь на границе своего ареала, они не образуют значительных по площади болотных массивов, а представлены в ландшафте в виде отдельных небольших островков. Болота Барабы – остатки пойменного ландшафта низменности [1]. Болота Центральной Барабы большей частью травяные. Верховые болота лесостепи являются реликтом. Переход этих объектов в верховую стадию и формирование большей части толщи торфяных отложений происходили, по-видимому, в более холодных и влажных климатических условиях.

Исследование верховых болот лесостепи Новосибирской области проводилось с целью сравнения их с болотами средней и южной тайги. Все объекты исследования находятся на территории Убинского района Новосибирской области. Нами выполнены описания растительности, зондирование торфяной залежи, отбор образцов торфа на технический анализ на Бородинском, Убинском и Николаевском рьямах. Площади верховых болот определялись по космическим снимкам, с помощью программы Mapinfo7. Также для них рассчитаны запасы торфа. Сделано описание растительности, определены надземные и подземные запасы растительного вещества и чистая первичная продукция (NPP)[2].

«Бородинский рям» (55°33' с.ш.; 79°33' в.д.): окружен низинными тростниковыми болотами и представлен сосново-березово-кустарничковым растительным сообществом. Доминирует сосна *Pinus sylvestris* (50 %), высота

которой достигает 20 м, диаметр 10–12 см, и *Betula pubescens* (50 %) высотой до 15 м. Кустарничковый ярус высотой 40–50 см и проективным покрытием 70 %. Доминируют такие виды, как *Ledum palustre* – 30 %, *Chamaedaphne calyculata* (L.) Moench. – 20 %, *Vaccinium uliginosum* L. – 15 %, *Vaccinium vitis-idaea* L. – 5 %. Из трав встречается морошка *Rubus chamaemorus* L., пушица – *Eriophorum vaginatum* L. На кочках, высота которых достигает 30 см и диаметр от 50 см до 1 м, проективное покрытие не превышает 1 %. В моховом покрове представлены *Sphagnum fuscum* – 0,5 %, *Sphagnum capillifolium* – 0,5 %, *Sphagnum angustifolium* и *Polytrichum strictum*. Моховой покров разрежен. Мощность торфяной залежи 2 м.

«Убинский рям» (55°19' с.ш.; 79°42' в.д.): растительный покров представлен березово-кустарничковым фитоценозом. Сосна встречается очень редко и в основном по краю болота. В древесном ярусе представлены молодые деревья *Betula pubescens*, высота которых не превышает 3–4 м, диаметр 1–3 см. Много засохших деревьев, высотой до 5 м. Кустарничковый ярус высотой 40–50 см и проективным покрытием 80 % образован такими видами, как *Ledum palustre* – 50 %, *Chamaedaphne calyculata* (L.) Moench. – 20 %, *Vaccinium vitis-idaea* L. – 5 %, *Oxycoccus palustre* – 5 %, *Andromeda polifolia* L. – 1 %. Много сухостоя. Из трав присутствуют морошка *Rubus chamaemorus* L., осока *Carex globularis* L., пушица *Eriophorum vaginatum* L. Микрорельеф кочковатый. Высота кочек достигает 50 см, диаметр 0,5–1,5 м. Моховой покров фрагментарный, сильно изреженный и не превышает 1 % в проективном покрытии. Встречаются, в основном на кочках, *Sphagnum fuscum*, *S. capillifolium*, *S. angustifolium*, *S. magellanicum*, *S. balticum*, *Polytrichum strictum*. Мощность торфяной залежи около 2 м.

«Николаевский рям» (55°09' с.ш.; 79°03' в.д.): также как и предыдущие объекты относится к островному типу. В центральной части, наиболее возвышенной, покров представлен сосново-березово-кустарничково-сфагновым растительным сообществом. Доминирует береза *Betula pubescens* высотой 5–7 м. Изредка встречается молодые сосны *Pinus sylvestris* высотой 3–4 м. В подросте присутствует сосна и береза, высотой 0,5–3 м. Микрорельеф кочковатый. Кустарничковый ярус высотой 50–70 см сформирован следующими видами: *Ledum palustre* – 40 %, *Chamaedaphne calyculata* – 20 %, *Vaccinium vitis-idaea* L. – 10 %, *Andromeda polifolia* L. – 5 %, *Oxycoccus palustre* – 3 %, *Oxycoccus microcarpus* Turcz. ex Rupr. – 2 %. Из трав встречается морошка *Rubus chamaemorus* L., пушица – *Eriophorum vaginatum* L. Моховой покров хорошо сформирован и достигает почти 100 % проективного покрытия. В моховом ярусе представлены виды: *Sphagnum fuscum* – 60 %, *S. capillifolium* – 30 %, *S. angustifolium* – 9 %, *Polytrichum strictum* – 1 %. По периферии болото окаймляют тростниковые и осоково-тростниковые сообщества. Между центральной частью и периферией выделяется переходная зона с характерным промежуточным набором видов, кочковатой поверхностью и повышенным увлажнением верхних слоев торфа. Мощность торфяной залежи достигает 4 м.

Площади и запасы торфа на рямях приведены в табл. 1. Наибольшей площадью и запасами, из исследуемых объектов, обладает Бородинский рям –

739,8 га и 961,8 тыс. т соответственно. Однако он более всех подвержен антропогенной нагрузке в связи с близким расположением населенного пункта. Повышенное содержание золы по всему профилю торфяной почвы (рис. 1, а) объясняется частыми пожарами.

Таблица 1. Распределение запасов торфа на верховых болотах лесостепной зоны Новосибирской области

Объекты исследования	Площадь, га	Средняя мощность т.з., м	Объем т.з., тыс. м ³	Запасы торфа, тыс. т
Бородинский рям	739,8	1,25	9248	961,8
Убинский рям	464,0	1,23	5707	593,5
Николаевский рям	240,5	2,28	5483	570,3

Убинский и Николаевский рямы имеют практически равные запасы (около 600 тыс. т). Повышенное содержание золы на Убинском ряму наблюдается в верхней части профиля торфяной почвы, которое также обусловлено выгоранием растительности. Относительно благополучно на их фоне выделяется Николаевский рям. Зольность торфов варьирует по профилю от 1 до 5 % (рис. 1, в).

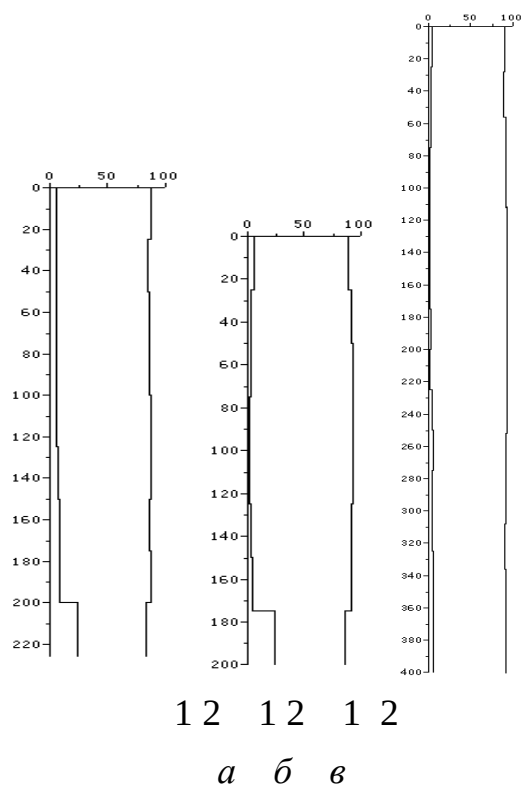


Рис. 1. Характеристики торфяной залежи (1-зольность, %, 2-влажность, %) Бородинского (а), Убинского (б) и Николаевского (в) рямов

«Кожурлинский рям»: (55°25'с.ш. 79°04'в.д.) является частично горелым. В центральной части фитоценоз экосистемы ряма представлен сосново-кустарничково-сфагновым сообществом. Среди сфагнов доминирует *Sphagnum fuscum* (Schimp.) Klinggr., обильны *Sph. angustifolium* (Russ. ex Russ.) C.Jens. и

Sph. capillifolium (Ehrh.) Hedw, редко встречаются *Sphagnum magellanicum* Brid, зеленые мхи. В надземном ярусе доминируют *Ledum palustre* L., с проективным покрытием 50 %, *Chamaedaphne calyculata* (L.) Moench занимает 40 % площади, *Oxycoccus microcarpus* Turcz. ex Rupr. – 10 %, встречается *Rubus chamaemorus* L. В древесном ярусе господствуют сосны (*Pinus sylvestris* L.), насчитывающие 740 тыс. на га, и молодые березы (*Betula pendula* Roth), численностью 40 тыс. на га; сухостой достигает численности 60 тыс. на га. Возрастные категории представлены 2–5, 10–15 и 60-летними соснами, средняя высота 35 см, 1,5 м и 10–15 м соответственно. Средний возраст берез 20 лет, высота – 3–5 м. Глубина торфа в его центральной части достигает 3,5 м.

В табл. 2 приведены данные о запасах растительного вещества и чистой первичной продукции в экосистеме рьяма. Основной вклад в сложение живой фитомассы принадлежит мхам и кустарничкам, что типично для болотных экосистем на повышенных элементах рельефа. Доля деревьев в надземной живой фитомассе составляет 22 %, трав – 3 %. Состав мортмассы различен в надземной и подземной сферах: более 80 % надземной мортмассы формируется за счет деревьев, а основной вклад в состав подземной мортмассы принадлежит мхам. Значение чистой первичной продукции экосистемы рьяма достигает 519 г/м² в год с максимумом в слое 20–30 см. Чистая надземная продукция кустарничков составила 125 г/м² в год, продукция сфагновых мхов – 84 г/м² в год.

Таблица 2. Запасы надземного и подземного растительного вещества (г/м²) и чистая первичная продукция (г/м² в год) на Кожурлинском рьяму

Параметры	Надземный ярус	Подземный ярус, см:		
		0–10	10–20	20–30
Фотосинтезирующая фитомасса:				
мхов	0	154,5	0	0
трав	11,5	0	0	0
кустарничков	132,0	0	0	0
деревьев	29,4	0	0	0
Нефотосинтезирующая фитомасса:				
мхов	0	199,0	0	0
трав	0	0	6,7	89,4
кустарничков	119,5	99,2	233,4	562,7
деревьев	45,8	7,8	26,3	55,0
Запас всей живой фитомассы	338,2	460,5	266,4	707,1
Запас мортмассы	459,5	118,3	995,3	3599,4
Чистая первичная продукция	128,7	106,0	86,8	197,4

Выводы

Моховой покров рьямов выгорает и очень трудно восстанавливается вследствие неблагоприятных условий. Поэтому практически полностью исключен процесс накопления торфа в современных условиях.

На Бородинском и Убинском рьямах, зола, которая образуется в результате выгорания растительности, поступает в верхнюю часть профиля торфяной почвы. Поступление зольных элементов стимулирует рост кустарничков,

увеличивается запас их фотосинтезирующей фитомассы и подземных органов. Многолетних частей кустарничков в условиях лесостепи примерно в 2,2 раза меньше, чем в средней тайге.

На «Убинском ряме» в результате частых пожаров в центральной части массива сосна исчезла совсем. Отдельные обгоревшие деревья сохранились лишь по периферии болота. Образовавшаяся в результате пожаров фрагментарная структура сфагнового покрова не в состоянии обеспечить нормальный водный баланс.

Более благополучен в отношении воздействия пирогенного фактора «Николаевский рям». По сравнению со своими северными собратьями южный вариант верхового болота отличается значительным участием березы в формировании древесного яруса. Сравнительно редко встречаются молодые сосенки. Кустарничковый ярус здесь развит достаточно хорошо. Сфагновый покров сплошной, без разрывов.

Изучение параметров продуктивности растительного покрова экосистемы лесостепного ряма показало, что значения запаса растительного вещества и первичной продукции снижаются по сравнению верховыми болотами средней и южной тайги. Рям в лесостепи отличается от таежных верховых болот в распределении подземного растительного вещества по слоям: запас фитомассы и первичная продукция возрастают в слое 20–30 см. Общий запас мортмассы в сосново-кустарничково-сфагновом фитоценозе в лесостепи примерно в 2 раза ниже по сравнению с таежной зоной, а количество подстилки – более чем в 4 раза. Эти данные, свидетельствуют о высокой скорости минерализации верхнего слоя торфа и растительных остатков на поверхности почвы и в верхней части профиля.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кац Н.Я., Покрасс Е.П. Связь болотообразования с условиями развития рельефа и неотектоникой Барабы / Доклады Академии Наук СССР. Том LXXXVII, № 2. – М., 1952. – С. 261–264.

2. Коронатова Н.Г., Косых Н.П., Цобель С., Пели Э.Р., Надь Я.Д. Некоторые параметры круговорота углерода в экосистеме ряма лесостепной зоны Западной Сибири // Материалы V научной школы «Болота и биосфера». – Томск, 2006. – С. 215–221.

© В.А. Степанова, С.Ю. Артымук, Е.К. Паршина, 2009

УДК 504.54

Е.Н. Смоленцева

Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, Новосибирск

ПАРАМЕТРЫ МОНИТОРИНГА ПОЧВ И ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА В СИСТЕМЕ ДОЛГОВРЕМЕННЫХ НАБЛЮДЕНИЙ

E.N. Smolentseva

Russian Academy of Sciences, Siberian Branch, Institute of Soil Science and Agrochemistry, Novosibirsk, Russian Federation

PARAMETERS OF MONITORING OF SOILS AND SOIL COVER IN SYSTEM OF LONG-TERM OBSERVATION

Ecological studies in the south of West Siberia showed that desertification and degradation processes of soils and landscapes. Desertification diagnostic can be carried out by using a of indicator system. Indicators of desertification are processes that deteriorate characteristics of the objects studied, decreasing the resource potential of the whole geosystem complex. The rate and direction of the processes can be assessed both qualitatively and quantitatively by using a set of parameters, such as length, area, volume, concentration, etc. The key soil indicators are dehumification, skeletisation and salinization of soils. The proposed indicators are used as parameters for monitoring of desertification.

Согласно современным представлениям [1, 2] под опустыниванием понимается деградация земель в аридных, семиаридных и засушливых субгумидных регионах в результате неблагоприятных антропогенных или природных воздействий. Это означает, что проявление данного процесса возможно не только на территориях прилегающих к пустыням в пустынной или полупустынной зонах, но и в степной и даже в лесостепной зонах бореального пояса. В рамках Конвенции ООН [1] понятие земли включает почвенные и местные водные ресурсы, поверхность земли и растительность (или сельскохозяйственные культуры). Понятие «деградация» подразумевает снижение ресурсного потенциала в результате воздействия на земли одного или комплекса процессов как естественного характера (потепление климата и его аридизация), так и антропогенно индуцированных.

Согласно исследованиям, обобщённым Виноградовым [3], в Западной Сибири признаки опустынивания наблюдаются в пределах Алтайского края, Омской и Новосибирской областей, в степной и южной части лесостепной зоны, в районах характеризующихся засушливым субгумидным климатом. В связи с дальнейшим усилением деградационных изменений в экосистемах этих территорий возникает необходимость мониторинга опустынивания.

Для диагностики деградационных процессов нами была использована система индикаторов, разработанная совместно сотрудниками Центра изучения окружающей среды (УФЦ) г. Лейпцига (ФРГ) и ИПА СО РАН. Преимуществом её является геосистемный подход к характеристике деградационных изменений, который позволяет оценить процессы и явления в их взаимосвязи и взаимозависимости. В рамках предложенного подхода все компоненты природной (почвы, поверхностные и грунтовые воды, растительность) и социальной (население, посёлки, дороги) среды рассматриваются как объекты с определёнными свойствами, которые характеризуются параметрами. Объекты связаны между собой через процессы, протекающие в геосистемном комплексе.

Индикаторы опустынивания – это процессы, изменяющие свойства объектов в сторону их ухудшения и ведущие к снижению ресурсного потенциала всего геосистемного комплекса. Характеристика скорости и направлений протекающих процессов может быть выражена качественно или количественно через определённые параметры (длина, площадь, объём, концентрации и пр.).

В рамках предложенной системы все индикаторы объединены в пять групп: 1) Ландшафтно-динамические; 2) Почвенные (педогенные); 3) Гидрологические и гидрогеологические; 3) Вегетационные; 4) Социально-экономические.

Особое значение этого подхода заключается в том, что индикаторы опустынивания предлагается использовать как параметры мониторинга. При этом необходимо учитывать, что для природных систем характерна иерархическая структурная организация. Индикация процессов опустынивания, аридизации и циклической динамики должна проводиться на различных уровнях организации экосистем и их важнейших компонентов – почвенного и растительного покровов. Для каждого иерархического уровня характерны свои объекты исследования и, соответственно, свои методические подходы для их изучения.

В силу определённых причин наши исследования охватывали, прежде всего, педогенные, ландшафтно-динамические и гидрологические индикаторы.

Гидрологические индикаторы – это процессы, происходящие с поверхностными и грунтовыми водами. Одним из индикаторов опустынивания является изменение режима функционирования речной сети и уменьшение акваторий озёр. По данным наземных наблюдений в последние десятилетия в южной части ЗС отмечается пересыхание некоторых рек (Баган, Кулунда) в летнее и осеннее время, дельты реки превратились в болота и зарастающие озёра. Причиной отмирания речной сети является уменьшение объёмов жидкого стока, как в результате глобальных климатических изменений, так и антропогенного влияния (строительства ряда дамб выше по течению и увеличение водозабора). Значительное уменьшение объёмов стока изменили и гидрологический режим многих озёрных систем юга ЗС. В современный период они значительно деградируют. Наиболее крупные озера распадаются на мелкие. Например, Сума-Чебаклинское понижение в недавнее историческое время было крупным озером, а сейчас здесь имеется лишь густая сеть озёр различного

размера. Более мелкие из них заиливаются и превращаются в болота. Во многих озёрах повышается минерализация воды, часть озёр полностью пересохла.

На дне озер, обнажающихся в результате испарения воды, происходит формирование сорowych солончаков. Образование сорowych солончаков в озерных котловинах на юге ЗС за последние 30 лет стало распространённым явлением. Тип засоления в сорowych солончаках хлоридный и хлоридно-сульфатный, степень засоления – очень сильная.

Через процесс образования сорowych солончаков гидрологические индикаторы связаны с почвенными. С одной стороны, часть площадей, занятая водными (аквальными) ландшафтами, в результате деградации последних переходит в разряд наземных супераквальных, образуя почвенные объекты. С другой стороны, днища бывших озёрных котловин, поверхность которых покрыта солевой коркой и не закреплена растительностью, в условиях высокой эоловой активности становятся источником воднорастворимых солей, интенсивно транспортируемых ветром и поступающих в автономные ландшафты. Так происходит атмосферное засоление автоморфных и полугидроморфных почв.

Ландшафтно-динамические индикаторы – это группа экзогенных процессов, развитие которых, приводит к негативному изменению состояния других объектов. Прежде всего, это дефляция и водная эрозия.

Дефляция (Ветровая эрозия). На исследованной территории развитие процессов дефляции почв началось с момента их распашки (1955–1956 году) в период освоения целины и достигло катастрофических масштабов к 1965 году. Для борьбы с этим явлением в 1968–1970 году были созданы противодефляционные почвозащитные лесополосы. Они существуют и в настоящее время и играют важную роль в защите почв пахотных угодий от дефляции. К сожалению, их площадь недостаточна для эффективной борьбы с ветровой эрозией. Процессы дефляции продолжаются и сейчас, однако в значительно меньшей степени.

Водная эрозия. Несмотря на недостаточное климатическое увлажнение и слаборасчленённый рельеф, на модельной территории наблюдается образование и рост оврагов. Они локализуются в основном на пастбищах, прилегающих к озёрным котловинам. Развитие оврагов провоцируется деградацией растительного покрова под влиянием ненормируемой пастбищной нагрузки и колебаниями уровня воды в озёрах. Развитие водной эрозии оказывает негативное влияние на состояние пастбищных угодий и без того испытывающих значительные нагрузки. Смываемый материал поступает в озёра, что ускоряет обмеление и увеличение минерализации воды в них.

В рамках изучения педогенных индикаторов мы рассматриваем следующие уровни организации педосферы: ландшафтный, уровень почвенных комбинаций (ПК) и элементарных почвенных ареалов (ЭПА), горизонтно-профильный и ионно-молекулярный. Ландшафтный уровень исследования предполагает оценку изменений структуры и компонентного состава почвенного покрова в целом. Индикатором является увеличение площадей дефлированных и эродированных почв, а также изменение соотношений между

естественными и антропогенно трансформированными почвами. На этом уровне основным методом изучения является картографирование эталонных полигонов на базе геоинформационных технологий и данных дистанционного зондирования Земли (ДДЗЗ). Мониторинг почвенного покрова и отдельных его компонентов проводится на основе сравнения серий разновременных космических снимков на территорию ключевых полигонов.

Для уровня ПК и ЭПА проводится мониторинг морфологии и морфометрии отдельных компонентов почвенного покрова. На этом уровне в качестве индикатора опустынивания перспективно изучение площадной динамики соровых солончаков и сильно засоленных почв.

Для проведения долговременных наблюдений в рамках программы мониторинга закладываются почвенно-геоморфологические (ландшафтные) профили, имеющие точные координатные привязки, а также проводится картографирование почвенного покрова эталонных полигонов с использованием ДДЗ. Мониторинг базируется на ДДЗЗ, также как для ландшафтного уровня, но объектами являются определённые ПК и ЭПА. Рекомендуемая периодичность наблюдений 5–7 лет.

На горизонтно-профильном уровне в качестве объектов мониторинга выступают свойства отдельных почвенных профилей и их горизонтов. Фиксируется изменение различных показателей (морфометрических, химических) как путём сравнения трансформированных почвенных профилей с эталонными ненарушенными (если это возможно), так и одних и тех же объектов, но в разное время. Примером индикаторов для этого уровня может служить дегумификация пахотных почв, которая диагностируется по уменьшению содержания органического углерода в почвах, мощности гумусового профиля и снижению запасов гумуса в почвенной толще в целом. Сюда же относятся такие индикаторы как скелетизация и опесчанивание почв.

Скелетизация – это аккумуляция скелета (частиц размером 1–3 мм) в верхних горизонтах почв – слое 0–5 или 0–10 см. Скелетизацию можно рассматривать как результат дефляции: выдувание тонких и мелких фракций и соответственно процентное увеличение более крупных фракций. Опесчанивание поставтоморфное – развитие природных комплексов при эоловом развевании слабозадренованных супесчаных (песчаных) почв с образованием стратифицированных эолово-аккумулятивных почв на эолово-аккумулятивных формах рельефа.

Изучение индикатора проводится на геокодированных точечных объектах – почвенных разрезах и профилях, имеющих точную координатную привязку по GPS. Почвенный профиль является объектом классификации почв, поэтому на данном уровне можно исследовать также классификационное разнообразие почв любой территории, но лучше всего проводить его на эталонных полигонах каждые 5 лет.

К ионно-молекулярному структурному уровню относятся исследования химических свойств и химического состава конкретного почвенного объекта и трансформация этих параметров во времени под влиянием различных циклических процессов. Это, прежде всего, галогеохимические характеристики:

структура ионно-солевых профилей, состав поглощающего комплекса и твердых солей почв автономных и подчинённых ландшафтов, а также трансформация этих профилей под влиянием различных факторов. Методы исследования стандартные, однако почвенные объекты должны иметь точную координатную привязку по GPS. В этом случае результаты сравнительного анализа свойств почв в разные периоды времени могут быть корректными и можно исключить влияние естественной пространственной вариабельности почвенных свойств. Необходимо провести первичные наблюдения за динамикой сначала ежегодно в течение 3–5 лет и затем повторять через 5 лет.

Проводить долговременные наблюдения всех уровней целесообразней на небольших по площади территориях – эталонных полигонах. Для проведения такого мониторинга в СО РАН создана сеть эталонных полигонов на территории Алтайского края и Новосибирской области. Каждый полигон снабжён базой геоданных, включающей геокодированные топографические карты, космические снимки различного пространственного разрешения. В базу геоданных входит также описание различных объектов наблюдения и атрибутивная информация к ним. Почвенный блок в базах геоданных представлен опорными почвенными разрезами, имеющими точную географическую привязку по GPS. Они характеризуют главные компоненты почвенного покрова, их морфологические и химические свойства. Для визуального дешифрирования космоснимков в границах 8 полигонов была проведена инвентаризация почвенно-ландшафтных рисунков, составлена библиотека изображений почвенных ареалов и комбинаций. Получены также спектральные характеристики на базе снимков Landsat ETM для некоторых почвенно-ландшафтных объектов (соровые солончаки, солонцы, дефлированные чернозёмы и пр.).

Для пространственной характеристики почвенного покрова составлены крупномасштабные почвенные карты, фиксирующие состояние современное почвенного покрова.

Таким образом, создана база для проведения долговременных наблюдений за состоянием почвенного покрова южной части Западной Сибири. На базе эталонных полигонов создана сеть эталонных почвенных объектов, для которых получена необходимая тематическая информация характеризующая актуальное состояние почв. Разработаны параметры, наиболее адекватно отражающие динамику трансформации почв и почвенного покрова под влиянием глобальных климатических изменений.

Работа выполнена при финансовой поддержке междисциплинарного интеграционного проекта СО РАН № 14.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Конвенция Организации Объединённых Наций по борьбе с опустыниванием, 1994.
2. Куст Г.С. Опустынивание принципы эколого-генетической оценки и картографирования. – М.: Наука, 1999. – 362 с.

3. Виноградов Б.В. Динамика природных процессов и функционирование природных экосистем. – Вестник МГУ, Геогр. серия, 1997, № 5. – С. 92–105.

© *Е.Н. Смоленцева*, 2009

УДК 541.182.3:551.510.552

Ю.Н. Самсонов¹, С.А. Попова¹, О.В. Чанкина¹, О.А. Беленко²

¹ ИХКиГ СО РАН, Новосибирск

² СГГА, Новосибирск

ПОЖАРЫ В БОРЕАЛЬНЫХ ЛЕСАХ СИБИРИ: ГАЗОВАЯ И АЭРОЗОЛЬНАЯ ДЫМОВАЯ ЭМИССИЯ И ЕЁ ВОЗДЕЙСТВИЕ НА ХИМИЧЕСКОЕ И ОПТИЧЕСКОЕ КАЧЕСТВО АТМОСФЕРЫ И ПОГОДНО- КЛИМАТИЧЕСКИЙ ТРЕНД

Yu. N. Samsonov¹, S.A. Popova¹, O.V. Chankina¹, O.A. Belenko¹

¹ Institute of Chemical Kinetics and Combustion, SB RAS (Novosibirsk)

² Siberian State Academy of Geodesy (SSGA)

FIRES IN BOREAL FORESTS OF SIBERIA: GAS AND PARTICULATE SMOKE EMISSION AND ITS IMPACT ON CHEMICAL AND OPTICAL QUALITIES OF ATMOSPHERE, AND WEATHER-AND-CLIMATIC TREND

Siberian boreal forest fires burn 10–14 million hectares annually resulting in smoke that releases large amounts of particulate emission into the atmosphere. Total amounts of particulate emissions during a fire are estimated to be 0.2–1 t/ha from sampling conducted on experimental forest fires. This value represents 1–7 % of the total biomass (15–25 t/ha) consumed during a typical forest fire in Siberia. Based on these data, one can estimate that 3–15 million tons of particulate matters are emitted annually into the atmosphere. More than 90 % of the smoke emissions consist of the relatively fine smoke particles with sizes within $\approx 0.1\text{--}3\text{ }\mu\text{m}$ (for the most part, less than $1\text{ }\mu\text{m}$ in diameter).

Стихийное горение биомассы («дикие» пожары) представляет собой природное явление, при этом ежегодно сгорает 3–5 миллиардов тонн биомассы, что сопоставимо с количеством органического топлива (нефть, уголь), используемого человеком. Хотя проблема горения биомассы и сопутствующие экологические, химические, оптические и погодно-климатические аспекты касаются всех регионов Земли, непосредственным объектом исследований были пожары в бореальных (северных) лесах Сибири. Российские бореальные леса оцениваются в 700 млн. га, причем их большая часть – это почти сплошные хвойные леса Сибири. Хотя статистика обычно недооценивает масштабы лесных пожаров в России, но спутниковые наблюдения показывают, что пожары ежегодно происходят на площади 10–14 млн. га (20 млн. га в 2003 г.) в лесной и лесостепной зонах Сибири (это является третьим по масштабам природным пожарным явлением после сезонных пожаров в африканских саваннах и в (суб) тропических лесах). При сгорании горючих материалов (древесина, кустарник, трава, мох, лишайник) выделяются как газовые продукты горения, так и

аэрозольные дымовые частицы. Массовая доля аэрозольной эмиссии варьируется от 1–2 до 5–7 % от количества сгоревшей биомассы в зависимости от условий горения (собственные и литературные данные), однако её роль в атмосферном теплообмене часто является доминирующей. Это связано с тем, что в дымовой эмиссии присутствуют тонкодисперсные частицы, состоящие из элементарного углерода (сажа, графит, т. н. black carbon). Такие частицы, длительное время находясь в атмосфере, поглощают и рассеивают солнечное излучение, т. е. могут влиять на теплообмен между атмосферой, земной поверхностью и солнечным светом и, следовательно, могут воздействовать на локальную погоду и глобальный климат. В этом отношении важно отметить, что потенциальное климатическое воздействие аэрозольной эмиссии (похолодание!) является компенсирующим по отношению к воздействию газовых продуктов горения (диоксид и оксид углерода, метан), гипотетически приводящих к глобальному потеплению.

В докладе представлены экспериментальные результаты, полученные в 2000–2008 гг. в рамках комплексных исследований пожаров в таежных хвойных лесах в Красноярском крае, проводимых совместно российскими (Институт леса СО РАН, Институт химической кинетики и горения СО РАН, Сибирская государственная геодезическая академия)), американскими (USDA Forest Service) и канадскими (Canadian Forest Service) специалистами. Исследования 2000–2003 и 2008 гг. проводились в преимущественно сосновых лесах (*Pinus sylvestris*), и их результаты были частично опубликованы. Пожарные эксперименты 2006–2007 гг. проводились в лиственных лесах (*Larix spp.*), но со значительной долей других древесных пород. Разные виды лесов связаны с разными типами почв и с ландшафтными особенностями, они характеризуются разными видами напочвенной флоры, кустарниковыми, древесными и иными типами лесных горючих материалов. В этом отношении необходимы репрезентативные и сопоставимые экспериментальные сведения о поведении пожаров в разных типах лесов, о мощности газо-аэрозольной дымовой эмиссии в различных условиях, о её химическом составе и дисперсных характеристиках. Количественные сведения об интенсивности, химическом и дисперсном составе дымовой эмиссии от крупномасштабных лесных пожаров являются необходимыми для создания и верификации прогностических компьютерных моделей глобального и регионального погодного-климатического тренда. Они важны в исследованиях оптических и химических свойств атмосферы, а также для оценок респираторного качества приземного воздуха.

Эксперименты проводились в виде натурно-модельных пожаров на четырех таежных участках в среднем течении Енисея и Ангары. Для каждого пожарного эксперимента (18 за весь период работ) формировалась лесная площадка 200×200 м = 4 га (иногда 100×100 м = 1 га). Вокруг «пожарных» площадок устраивались защитные полосы в виде просек и/или минерализованных (почвенных) полос, препятствующих выходу пожара за пределы экспериментального участка. Предварительно на площадке проводились биоэкологические и пирологические учеты и документирование количества и распределения лесных горючих материалов по разным уровням

(напочвенная подстилка, мхи, лишайники, травы, кустарники, древесная поросль, взрослые деревья и т. п.). Аналогичные учеты проводились после пожарного эксперимента, что позволяло оценивать количественно и качественно воздействие пожара на лесную экосистему, в том числе определять количество сгоревшей биомассы с единицы площади. Формировалась «сетка» учетных точек (49 точек с интервалом 25×25 м), в которых устанавливались приборы для измерения скоростей продвижения огневого фронта и температурных характеристик на разных высотах (до 10 м от горящей поверхности). Информация в цифровом формате в режиме реального времени передавалась и сохранялась на даталоггерах, закрытых слоем почвы от перегрева. На высоте 1 000 м «зависал» вертолет, регистрируя инфракрасной цифровой камерой тепловые характеристики горящей территории и продвижение огневого фронта.

Отбор аэрозольных дымовых проб выполнялся прокачкой задымленного воздуха через аэрозольные фильтры АФАХА из тонковолокнистого полимерного материала (фильтры Петрянова) и стекловолоконные фильтры Gelman. При этом определялась масса аэрозольного вещества, собранного на каждом фильтре, по этим данным рассчитывались массовые концентрации дымовой эмиссии в местах отбора проб (объемная скорость и длительность прокачки регистрировались при отборе; кроме того измерялся суммарный объем прокаченного дыма газовым счетчиком СГ-2). С целью определения дисперсных характеристик дымовой эмиссии производилось сепаратное осаждение частиц разных размеров из дымового потока на стеклянные пластины инерционных импакторов двух типов: в диапазоне от ≈ 30 – 50 мкм до $\approx 0,1$ мкм – на пятиступенчатый прямоугольный каскадный импактор; от ≈ 7 – 10 до ≈ 100 мкм – на т. н. ротационный импактор открытого типа. Стеклянные пластины предварительно покрывались тонким липким слоем Апиэзона для прилипания к ним дымовых частиц. Пластины с осажденными частицами фотографировались на цифровом микроскопе Axioscope 2 plus. Для определения дисперсных характеристик сфотографированных размерных фракций применялись компьютерные программные средства MapInfo. Кроме того, во время пожарных экспериментов использовался фотоэлектрический аэрозольный счетчик ПКЗВ-906 для измерения спектра размеров тонкодисперсной фракции дымовой эмиссии ($\approx 0,3$ – 5 мкм). Химический состав аэрозольной эмиссии определялся в лабораторных условиях, используя высокочувствительные методы: – метод рентгеновской флуоресценции с возбуждением синхротронным излучением (РФА СИ) для элементного анализа аэрозолей, собранных на полимерных фильтрах АФАХА; – реакцию газовую хроматографию для измерения органических веществ и элементного углерода, собранных на стекловолоконных фильтрах Gelman.

Результаты многолетних натурно-модельных пожарных экспериментов показывают, что массовая концентрация дымового вещества в непосредственной близости от поверхности горения лесной биомассы составляет в среднем $C \approx 50$ мг/куб. м, что в 1 000–10 000 раз превышает

содержание аэрозольного вещества в обычном воздухе. Учитывая, что средняя скорость восходящего потока дыма над горящей территорией составляла $U \approx 0.5 - 1.5$ м/с, а продолжительность активного дымления от каждого горящего/дымящего участка была $t \approx 5-40$ мин, то количество дымового вещества M (тонн/га), эмитированного с 1 га сгоревшей территории, можно оценить по формуле $M = 0.0006 C U t$ (безразмерный коэффициент 0,0006 появляется из-за используемых в формуле размерных единиц). Исходя их приведенных выше величин находим, что с одного гектара в атмосферу попадает от $\approx 0,2$ до ≈ 1 тонны дымового аэрозольного вещества, что составляет от 3 до 15 млн. тонн ежегодно со всей сгоревшей лесной и лесостепной территории в Сибири.

Измерения химического состава дымовых частиц показывает, что около 80 % массы дымовой эмиссии составляют разнообразные органические вещества. Несомненно, что они являются продуктами термической сублимации (испарения) и химической декомпозиции лесных горючих материалов (биомассы), включая древесные смолы, лигнины, воски, термически разложившуюся целлюлозу. Средняя доля элементного углерода (сажа, древесный уголь, black carbon) составляет примерно 10 %, доля веществ минерально-почвенного происхождения в среднем также оценивается в 10 %.

Измерения дисперсного состава дымовых частиц, проводимых с помощью инерционных каскадных импакторов, показали, что 90–95 % от полной массы дымовой эмиссии заключено в частицах от $\approx 0,1$ до ≈ 7 мкм диаметром, суммарная масса частиц с размерами свыше 7 мкм составляет 5–10 % от полного количества дымовой эмиссии. Возможно, что оцененная выше доля (около 10 %) веществ минерально-почвенного происхождения соотносится именно с этими относительно грубодисперсными частицами. Измерение распределения тонкодисперсной фракции дымовых частиц в диапазоне $\approx 0,2-5$ мкм показало, что основное количество тонких пожарных аэрозолей в действительности имеет размеры менее 1 мкм. Этот результат имеет существенное значение, поскольку именно субмикронные частицы обладают наибольшей способностью рассеивать солнечное излучение в атмосфере и таким образом могут воздействовать на теплообмен между солнечной энергией и атмосферой. Эти данные могут быть использованы для компьютерного моделирования погодно-климатических изменений как в региональном, так и в глобальном масштабах. Глобальный перенос больших количеств тонкодисперсной пожарной эмиссии может существенно ухудшать оптические свойства атмосферы, а также её респираторное качество.

Работы выполнялись при финансовой поддержке международных и российских фондов, в т.ч. CRDF RBI-2416-KY-02, NASA NRA-99-OES-06, ISTC 3695, РФФИ 08-05-00083.

© Ю.Н. Самсонов, С.А. Попова, О.В. Чанкина, О.А. Беленко, 2009

УДК 528.8

А.Н. Пучнин

СГГА, Новосибирск

ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В МОНИТОРИНГЕ ТЕРМОКАРСТОВЫХ ПРОЦЕССОВ В ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЯКУТИИ

A.N. Puchnin

Siberian State Academy of Geodesy (SSGA)

10 Plakhotnogo Ul., Novosibirsk, 630108, Russian Federation

GEOINFORMATION TECHNOLOGIES IN MONITORING OF TERMOKARST PROCESSES IN CENTRAL YAKUTIYA

It is offered to use a method of remote sensing in practice of monitoring of termokarst formations in Central Yakutia. The alas-factor in the present research for the studied terrain at use of space snapshots has compounded 8,46 %.

Термокарст – это совокупность физико-геологических процессов, состоящих из таяния внутриземного льда, вытаявания ледяных включений и залежей (прослоек, прожилок, слоев, линз и жил), возникновения в толще пород полостей, просадок протаявшего грунта и образования отдельных форм микро- и мезорельефа (западин, воронок, котловин и других понижений) [1].

Вечная мерзлота оказывает существенное влияние на характер ландшафтов в районах своего распространения. Криогенез является одним из ведущих ландшафтообразующих факторов, и экологическое состояние ландшафтов во многом определяется характером проявления криогенных процессов – термокарста, солифлюкации, пучения и т. д. Функционирование ландшафтов зависит от состояния и свойств многолетнемерзлых пород (ММП) – льдистости отложений, температуры горных пород, мощности сезонноталого и защитного слоев [2].

В настоящее время, в связи ухудшением экологической ситуации во многих регионах, большое внимание уделяется вопросам устойчивости мерзлотных ландшафтов.

В Центральной Якутии в связи с общей засушливостью климата термокарстовые формы рельефа представлены аласами, поэтому подсчет суммарной площади аласов дает общую картину термокарстового разрушения ММП.

Аласы – это врезанные мезодепрессии среди тайги термокарстового происхождения. Центральная часть аласа занята обычно озером, вокруг которого поясами развиты болотная, луговая и остепненная растительность и соответствующие им почвы [3]. Глубина аласов колеблется от 2 до 30 м в зависимости от мощности вытаявшего ледового комплекса (рис. 1). Аласы

занимают значительные площади в Центральной Якутии. Например, в Лено-Амгинском междуречье ими занято от 20 до 30 % общей площади. Благодаря высокой продуктивности аласов в Центральной Якутии еще в конце 1 тысячелетия н. э. сформировался один из самых северных очагов скотоводства на планете [4].



Рис. 1. Снимок аласа Хоту со спутника Ikonos (июль 2002 г.)

Своим образованием аласы обязаны ледовому комплексу, который является основой рельефа Якутии в подзонах средней и северной тайги. Этот комплекс сформировался как результат сурового и влажного климата плейстоцена и сохраняется благодаря современным экстраконтинентальным климатическим условиям. В верхнем плейстоцене и голоцене вследствие колебаний климата произошла частичная деградация ледового комплекса, связанная с его протаиванием и образованием отдельных термокарстовых котловин. В современных условиях вследствие аридизации климата Центральной Якутии развитие природного термокарста сильно замедлено. Но, в общем, аласный рельеф можно считать промежуточным типом рельефа, этапом превращения равнины, сложенной преимущественно ледовым комплексом, в ландшафт с незначительным содержанием ледового комплекса [4].

Для установления общей площади нарушения устойчивости ММП термокарстом в данной работе сделана попытка дать количественную оценку характера распространения термокарстовых котловин в пределах Лено-Вилуйского междуречья. Выбранный нами район общей площадью 3588,9 км² представляет собой местность, типичную для Лено-Вилуйского междуречья.

Для выявления характеристик распространения аласов введен термин «аласность», под которым понимается отношение суммы площадей аласов к площади всей территории. Полученный результат выражается в процентах. Площадь аласа – это вся площадь дна котловины или долины, т. е. площадь поверхности озера вместе с площадью лугового пространства, которая показывает площадь разрушения ММП термокарстовыми процессами в голоценовое время [5].

Ранее для этой территории и по этой же методике, но с использованием аэрофотоснимков и карт масштаба 1 : 100 000, уже был рассчитан коэффициент аласности. Площадь аласов измеряли палеткой. Коэффициент аласности данной территории составил около 1 % [5].

Особенность работы с космическими снимками связана с отличительными свойствами самих космических снимков – их большой обзорностью и генерализованностью изображения, одновременным отображением на снимках всех компонентов ландшафта.

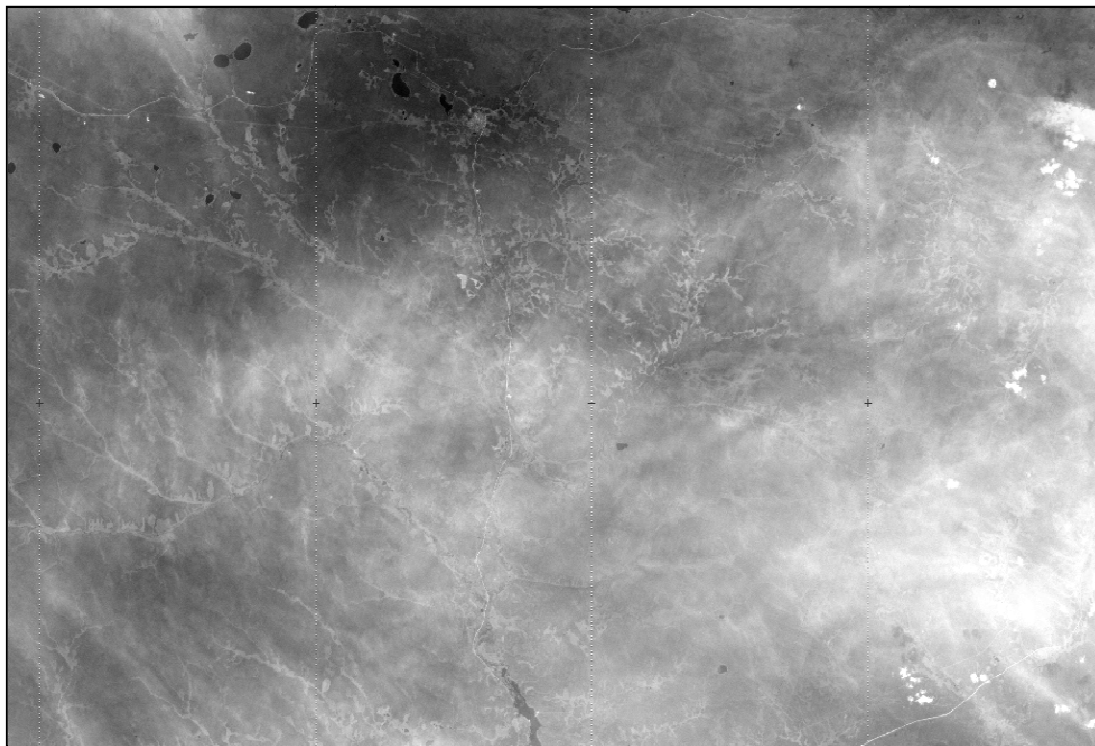


Рис. 2. Фрагмент космического снимка района исследования



□ 1 ■ 2 ▨ 3 ■ 4 — 5

Рис. 3. Фрагмент мерзлотно-ландшафтной картосхемы района исследования: (1 – водные объекты, 2 – термокарстовые понижения, 3 – территории с ненарушенной многолетней мерзлотой, 4 – населенные пункты, 5 – линейные объекты (дороги и ЛЭП))

При составлении мерзлотно-ландшафтной карты был использован космический снимок высокого разрешения КА SPOT (20 м) от 18.08.2007 г. в проекции WGS – 84 (рис. 2), карты масштаба 1 : 200 000 и программа MapInfo. Общая площадь аласов рассчитывалась с использованием программы Excel.

На основе построенной мерзлотно-ландшафтной картосхемы (рис. 3) была рассчитана общая площадь дешифрованных объектов. На исследованной территории общая площадь аласов составила 303,8 км², водных объектов – 25,1 км². На основании этих расчетов был вычислен коэффициент аласности для данного района, который составил 8,46 %.

Глобальные изменения климата на планете проявляются и на территории Центральной Якутии. На протяжении последних 100 лет наблюдается устойчивая тенденция к увеличению среднемесячных температур воздуха. Наблюдается также незначительное общее увеличение суммарного количества осадков. При сохранении этих тенденций мы вправе ожидать увеличение скоростей деградации ледового комплекса и общую активизацию процессов, ведущих к развитию аласов: будет увеличиваться их площадь, глубина, будут появляться новые озера в таежных ландшафтах [6].

По прогнозам повышение температуры воздуха на севере России на 1,5–2,0 °С приведет к уменьшению современных размеров криолитозоны в результате

отступления ее южной границы на север на 150–200 км и более. Произойти это может уже к середине XXI века [7].

Таким образом, мониторинг общего состояния и площадей термокарстовых образований в Центральной Якутии будет приобретать все большую актуальность. Проведенное исследование позволяет с уверенностью рекомендовать геоинформационные технологии для долговременного мониторинга термокарстовых процессов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Геокриологический прогноз для Западно-Сибирской газоносной провинции / С.Е. Гречищев, Н.Г. Москаленко, Ю.Л. Шур и др. / Новосибирск: Наука, 1983. – 179 с.
2. Влияние климата на мерзлотные ландшафты Центральной Якутии. – Якутск: Ин-т мерзлотоведения СО РАН – ассоциированный член изд-ва СО РАН, 1996. – 152 с.
3. Еловская Л.Г. Классификация и диагностика мерзлотных почв Якутии / Л.Г. Еловская. – Якутск: Изд-во ЯФ СО АН СССР, 1987. – 172 с.
4. Десяткин Р.В. Почвы аласов Лено-Амгинского междуречья / Р.В. Десяткин. – Якутск: Изд-во ЯФ СО АН СССР, 1984. – 168 с.
5. Аласные экосистемы: структура, функционирование, динамика / Д.Д. Савинов и др. – Новосибирск: Наука, 2005. – 264 с.
6. Пучнин А.Н. Изменения климата Центральной Якутии в XX веке и эволюция аласных экосистем / Пучнин А.Н., Якутин М.В. / ГЕО-Сибирь-2008. Т. 3. Дистанционные методы зондирования Земли и фотограмметрия, мониторинг окружающей среды, геоэкология. Ч. 2: сб. матер. IV Междунар. научн. конгресса. – Новосибирск: СГГА, 2008. – С. 114–118.
7. Конищев, В.Н. Современные тенденции развития криолитозоны / Современные глобальные изменения природной среды. В 2-х томах. Т. 1. / В.Н. Конищев. – М.: Научный мир, 2006. – 696 с.

© А.Н. Пучнин, 2009

УДК 631.4+528.8

А.Н. Пучнин¹, М.В. Якутин^{1,2}

¹СГГА, Новосибирск

²ИПА СО РАН, Новосибирск

ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ АЛАСНЫХ ЭКОСИСТЕМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ

A.N. Puchnin¹, M.V. Yakutin^{1,2}

¹Siberian State Academy of Geodesy (SSGA)

10 Plakhotnogo Ul., Novosibirsk, 630108, Russian Federation

²Institute of Soil Science and Agrochemistry (ISSA)

18 Sovetskaya Ul., Novosibirsk, 630099, Russian Federation

ECOLOGICAL MONITORING OF ALAS ECOSYSTEMS WITH USE OF REMOTE SOUNDING METHODS

The capabilities of modern remote sensing methods in monitoring of alas hollows in Central Yakutia are analyzed in the article. It is rotined that the data methods allow to determine stage of alas ecosystem development, contours of hollows, lakes and meadow ecosystems. But the remote sensing methods do not allow to distinguish meadow ecosystems from meadow-swamp and steppe ecosystems.

Стереоскопическое изучение рельефа по космическим снимкам ограничено из-за большой высоты съемки – объемно воспринимается лишь горный рельеф. Однако хорошая передача различных индикаторов рельефа, главным образом почвенно – растительного покрова, позволяет разносторонне изучать рельеф горных и равнинных районов [1].

Отображение этапов развития рельефа в особенностях его морфологии и в других компонентах природной среды позволяет изучать динамику рельефа. Такой анализ позволяет судить об относительном возрасте рельефа, который непосредственно по снимкам не устанавливается. Отсюда вытекает целесообразная последовательность изучения рельефа по космическим снимкам: морфология и морфометрия – генезис и динамика – относительный возраст и этапы развития [2].

Через растительные индикаторы хорошо отображается мерзлотно-термокарстовый рельеф, характеризующийся массовым развитием термокарстовых озерных котловин и образующихся по мере зарастания озер аласов; хорошее отображение их на космических снимках позволяет не только четко выделять районы распространения термокарстового рельефа, но и анализировать стадии его развития [2].

Аласы – уникальные природные образования Центральной Якутии, это врезанные мезодепрессии среди тайги термокарстового происхождения. Центральная часть аласа занята обычно озером, вокруг которого поясами развиты болотная, луговая и остепненная растительность и соответствующие им почвы. Началом термокарста является появление первичных озер на поверхности равнины, сложенной ледовым комплексом. Озера являются аккумуляторами тепла, и это приводит к протаиванию ледового комплекса под ними и оседанию вмещающих пород [3]. При дальнейшем развитии, аласы проходят ряд стадий. На конечном этапе своего развития алас превращаются в сухие или с остаточным озерком котловины. В настоящее время аласы занимают значительные территории в Центральной Якутии [3, 4].

Для оценки применимости космических методов в мониторинге аласных экосистем нами были выбраны фрагменты космического снимка высокого разрешения КА SPOT(20 м) от 18 08 2007 в проекции WGS-84 и по ним в программной среде MapInfo созданы картосхемы аласных экосистем.

За основу классификации отрицательных элементов аласного рельефа Центральной Якутии была принята общепризнанную схему Н.А. Граве (1944), дополненная П.А Соловьевым (1962) [5]. По этой классификационной схеме выделяются следующие морфологически различающиеся формы рельефа, соответствующие последовательным стадиям развития аласов.

1. Зачаточный былар, былар, дюедя – начальная стадия развития аласной котловины. Вследствие мелкого масштаба и плохого качества снимков отдельные детали изучаемого явления, в частности первичные площадные просадки небольшого диаметра, трудно поддаются дешифрированию.

2. Тымпы – молодые озерные термокарстовые котловины, заполненные водой. Луговые экосистемы на этой стадии практически отсутствуют (рис. 1.). По составленной картосхеме тымпы можно оценить площадь озера (в данном случае площадь озера 0,116 км²).

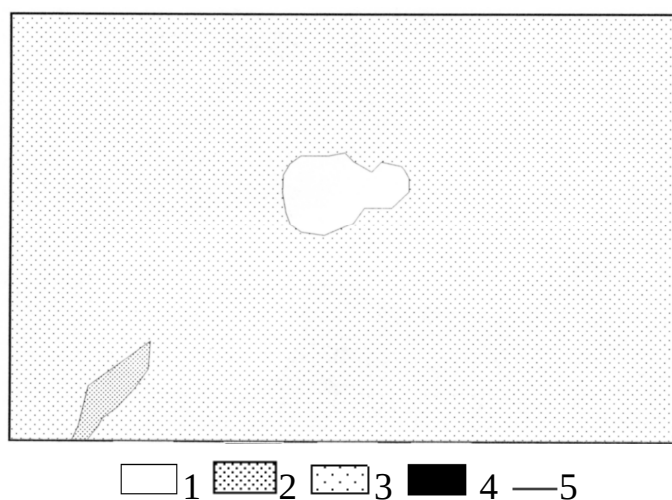


Рис. 1. Тымпы – развивающиеся термокарстовое озеро

(1 – озерно-болотные экосистемы, 2 – луговые экосистемы, 3 – лесные экосистемы, 4 – населенные пункты, 5 – линейные объекты: дороги, ЛЭП)

3. Элементарный алас – резко выраженная котловина, округлая или овальная в плане, развившаяся из одного очага термокарста. В качестве примера на рис. 2 приведена картосхема элементарного аласа Улахан-Мунду-Кюеле. По составленной картосхеме можно оценить площадь аласа (в данном случае – 0,34 км²), площадь озера (в данном случае – 0,24 км²). Луговые экосистемы составляют на этой стадии развития аласа до 30 % от всей площади. В данном случае содержание луговых экосистем незначительно.

4. Сложный алас – развитию котловины сопутствует соединение смежных аласов при разрушении разделявшего их межаласья. В качестве примера такого аласа на рис. 3 приведена картосхема аласа Оттах Чыкычи. По составленной картосхеме можно оценить площадь аласа (в данном случае – 1,25 км²), площадь озера (в данном случае – 0,93 км²), площади занятые луговыми экосистемами. В данном случае луговые экосистемы занимают 25,6 % от всей площади аласа.

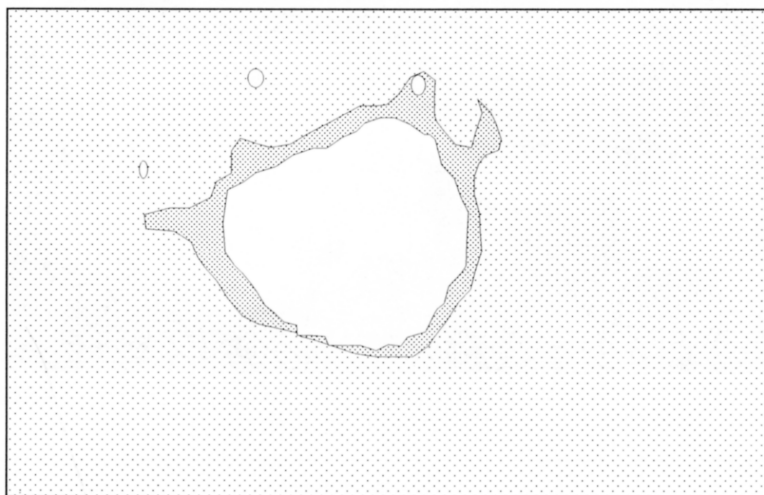


Рис. 2. Элементарный алас Улахан-Мунду-Кюеле

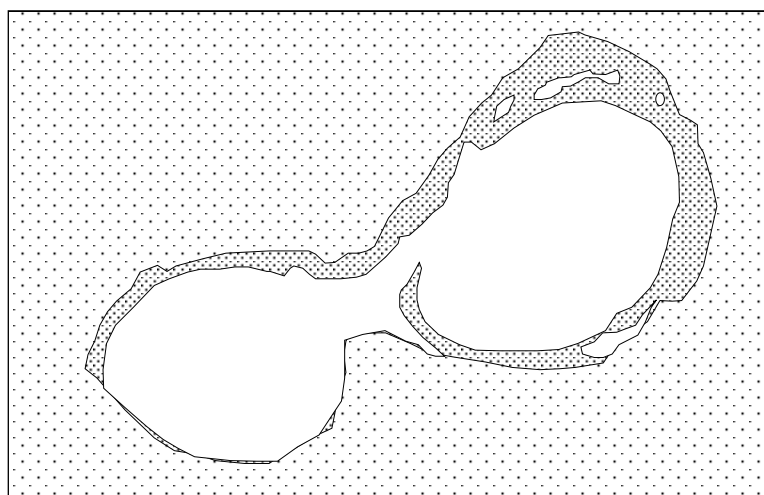


Рис. 3. Сложный алас Оттах Чыкычи

5. Зрелый алас – луговые экосистемы занимают значительную часть аласной котловины. По составленной картосхеме можно оценить площадь аласа, площадь озера и площади заняты луговыми экосистемами.

Например алас Бырылах (рис. 4) имеет общую площадь $1,78 \text{ км}^2$, площадь озера – $0,61 \text{ км}^2$, луговые экосистемы занимают 65,7 % от всей площади аласа.

Алас Май (Рис. 5) имеет площадь $1,94 \text{ км}^2$, площадь озера – $0,58 \text{ км}^2$, луговые экосистемы занимают 70,1 % от всей площади аласа.

6. Краевой (незамкнутый) алас – открыт к прилегающим обширным пониженным участкам. В качестве примера такого аласа на рисунке 6 приведена картосхема аласа Хоту. По составленной картосхеме можно оценить площадь аласа (в данном случае – $0,83 \text{ км}^2$), площадь озера (в данном случае – $0,29 \text{ км}^2$) и площади заняты луговыми экосистемами (в данном случае – 65,1 % от всей площади аласа).

7. Хону – дряхлый алас – сухой алас с остаточными озерами или без них. По составленной картосхеме можно оценить площадь аласа, площадь озера и площади заняты луговыми экосистемами.



Рис. 4. Алас Бырылах

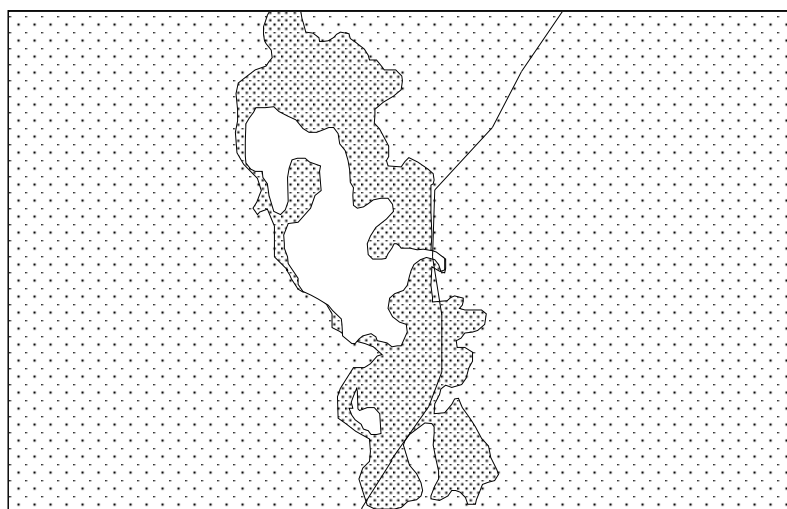


Рис. 5. Алас Май

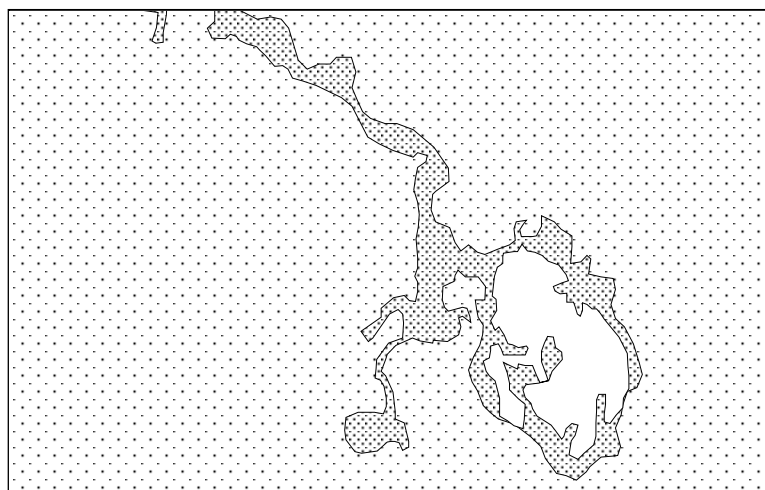


Рис. 6. Краевой (незамкнутый) алас Хоту

Например алас От-урях (рис. 7) имеет общую площадь 0,54 км², площадь озера – 0,01 км², луговые экосистемы занимают 98,1 % от общей площади аласа.

В аласе Тордунай (рис. 8) площадь аласа составляет 1,547 км², озера практически отсутствуют.

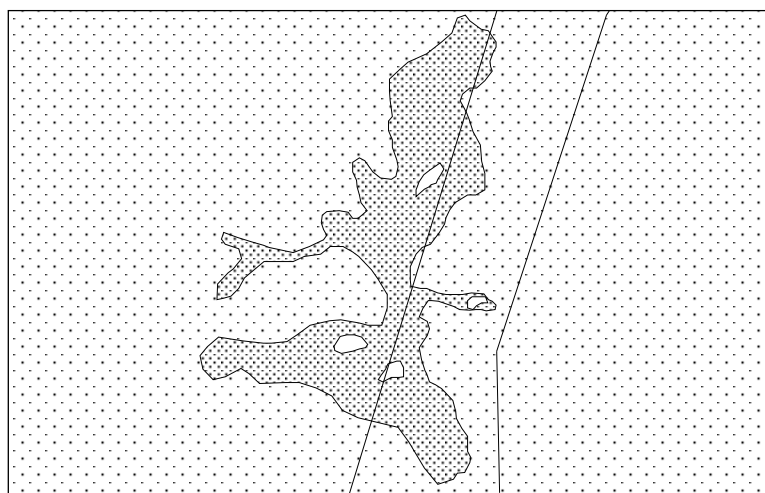


Рис. 7. Алас От-урях

Таким образом, использование методов дистанционного зондирования может успешно использоваться в мониторинге аласных экосистем. Эти методы позволяют определить стадии развития аласов, отчертить контуры озерно-болотных, луговых и лесных экосистем. Но возможности дистанционных методов в определении контуров лугово-болотных и степных экосистем внутри аласной котловины ограничены. Эти контуры можно выделить только с помощью полевых исследований.

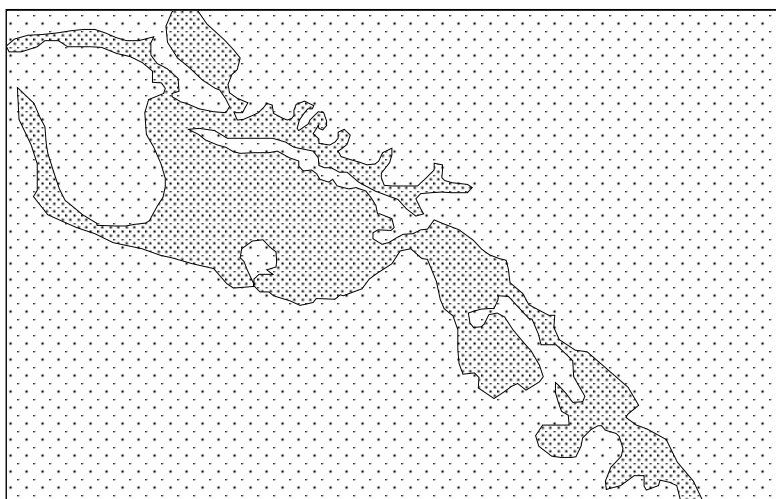


Рис. 8. Алас Тордунай

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Космические методы исследования почв: Учеб. пособие для студентов вузов / В.И. Кравцов. – М.: Аспект Пресс, 2005. – 190 с.
2. Аэрокосмические методы географических исследований: Учеб. для студ. высш. учеб. заведений / Ю.Ф. Книжников, В.И. Кравцова, О.В. Тутубалина. – М.: Издательский центр «Академия», 2004. – 336 с.
3. Почвы аласов Лено-Амгинского междуречья. – Якутск: ЯФ СО АН СССР, 1984. – 168 с.
4. Аласные экосистемы: структура, функционирование, динамика / Савинов Д.Д. и др. – Новосибирск: Наука, 2005. – 264 с.
5. Соловьев П.А. Аласный рельеф Центральной Якутии и его происхождение // Многолетнемерзлые породы и сопутствующие им явления на территории Якутской АССР / П.А. Соловьев. – М.: АН СССР, 1962. – 127 с.

© А.Н. Пучнин, М.В. Якутин, 2009

УДК 631.4

А.Ф. Путилин, Л.Ю. Дитц, С.Я. Кудряшова, А.М. Шкаруба, А.В. Чичулин
СГГА, Новосибирск

ПРОСТРАНСТВЕННАЯ ДИФФЕРЕНЦИАЦИЯ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА ПРИОБЬЯ НА ОСНОВЕ ЦИФРОВОЙ МОДЕЛИ РЕЛЬЕФА

A.F. Putilin, L.U. Ditz, S.Ya. Kudryashova, A.M. Shkaruba, A.V. Chichulin
Siberian State Academy of Geodesy (SGGA)
10 Plakhotnogo UL., Novosibirsk, 630108, Sussian federation

SPATIAL DIFFERENTIATION OF PRIOBIA SOIL COVER ON THE BASIS OF A RELIEF DIGITAL MODEL

The spatial cartographical model of a soil cover by means of Geo-Information System is developed.

Целью данной работы является разработка пространственной картографической модели почвенного покрова стандартными средствами ГИС. В основе пространственной дифференциации почвенного покрова любой территории лежит строение поверхности и его анализ. На этапе постановки задачи необходимо решить ряд концептуальных вопросов и в первую очередь определить решающую роль рельефа, его морфометрических характеристик в дифференциации почвенного покрова на примере ключевого полигона.

В качестве объекта исследования был выбран ключевой полигон территории Приобского Плато. Расположено в левобережье реки Оби и представляет собой систему грядово-увалистых возвышенностей с террасированными склонами, расчлененных ложбинами древнего стока, овражно-балочной и мелкой речной сетью. Особенности этой территории: ее общая приподнятость (абсолютные высоты > 200 м), хорошая естественная дренированность и относительная однородность почвенного покрова, представленного на водораздельных массивах черноземами, сформированных на мощной толще незасоленных карбонатных лессовидных суглинков.

В условиях Приобского Плато лесостепной зоны территория обусловлена широким распространением склонов, интенсивным развитием почвенной эрозии.

Исследуемая территория относится к Предалтайской почвенной провинции. В составе почвенного покрова преобладают черноземы выщелоченные и оподзоленные в сочетании с серыми лесными почвами. Площадь полугидроморфных и гидроморфных почв сравнительно небольшая, а солонцы выращены лишь в долинах некоторых мелких рек в виде небольших ареалов (пятен). Большая часть территории подвержена эрозионным процессам, которые являются одним из важных факторов экологического риска территории лесостепной зоны Западной Сибири. В результате развития эрозионных

процессов усиливается деградации почв, снижается плодородие, ухудшаются водно-физические свойства, деградирует биота, усложняется структура почвенного покрова и т. п. Разрушенные эрозией земли выводятся из сельскохозяйственного производства.

Базовыми параметрами оценка интенсивности эрозионных процессов являются вертикальная и горизонтальная расчлененность рельефа. В качестве количественных характеристик выступают высоты водоразделов относительно местных базисов эрозии, длины эрозионных форм рельефа (тальвеги) и площади элементарных водосборных бассейнов.

При почвенно-эрозионном картографировании с использованием ГИС-технологий чаще всего в качестве географической основы используется цифровая трехмерная векторная модель земной поверхности, созданная на основе морфометрического и морфографического анализа рельефа. Модели 3D (рис. 1) наглядно отражают геоморфологическое строение исследуемой территории, что в свою очередь определило и характер проявления основных современных рельефообразующих процессов.

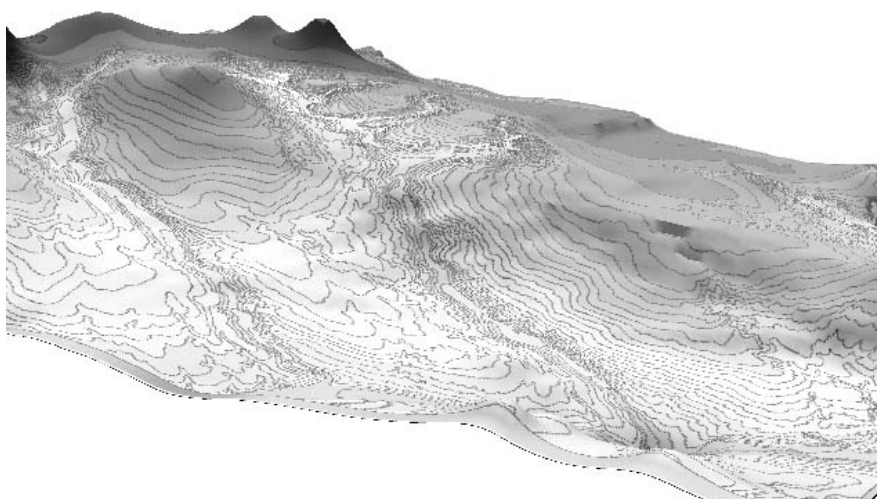


Рис. 1. Трехмерная модель рельефа с нанесенными горизонталями

Морфоструктурные особенности рельефа и его формы определяют генетико-геометрическое строение почвенного покрова, что является основой почвенной картографии.

Построение модели рельефа проведено путем интерполяции оцифрованных изолиний с топографических карт. Исходными материалами послужили топографические и почвенные карты района исследования масштаба 1:100 000 с сечением рельефа 25 м. Они послужили основой для оцифровки изолиний рельефа, гидросети, озер и границ района исследования. Инструментальными средствами для создания цифровых моделей рельефа являются стандартные средства Arc Info, где имеется специальный модуль TOPOGRID.

В качестве входной информации использовались слои горизонталей и, высотных отметок. Расчетное моделирование фактически возможно проводить

только на модели GRID, посредством использования алгебры карт, доступной в инструменте Spatial Analyst. Модуль Spatial Analyst предоставляет пользователям дополнительные возможности создания, отображения и анализа растровых данных. Растровые данные или грид-данные особенно удобны для отображения географических явлений непрерывных в пространстве, таких как рельеф, которые можно представить в виде статистических поверхностей.

Все данные (требование модели ГРИД) были приведены к декартовой изотропной (равномерной по обеим координатам) системе координат, то есть должна использоваться не градусная система координат, которая в географическом представлении не является плоской, а при переносе на плоскость не является изотропной, а некая метрическая.

Построение модель рельефа в виде ГРИД. Для увеличения эффекта сглаживания поверхности сначала строится цифровая модель в виде комбинации трехмерной многогранной поверхности нерегулярной треугольной сети (TIN). TIN формируется по высотным отметкам горизонталей в виде замкнутой трехмерной полилинии (SHAPE). Затем методом Кригинга необходимо получить гладкую аппроксимацию в ГРИД, которая представляет собой единую регулярную матрицу высот в формате ArcInfo Grid.

На основе модели рельефа можно получить ГРИД-модель уклонов в градусах (рис. 2). Гораздо более верную картину дает вычисление уклонов на основе сглаженной модели ГРИД.

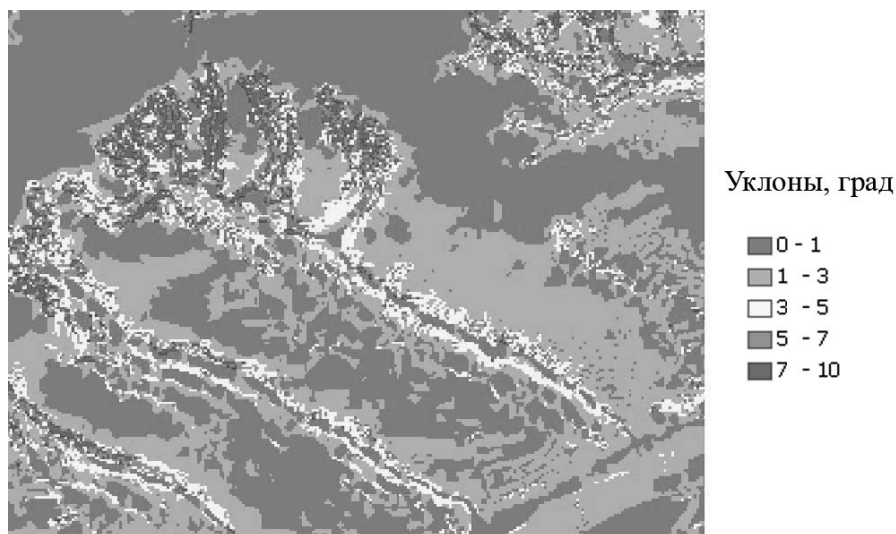


Рис. 2. Цифровая модель карты уклонов на основе GRID

Таким образом, создаваемая геоинформационная картографическая модель территории обладает возможностями построения и визуализации аналитической трехмерной поверхности, обеспечивающей построение моделей реальных географических объектов (почвы, рельеф, гидрография, растительность и т. п.), моделирования процессов их взаимодействия и взаимозависимостей.

© А.Ф. Путилин, Л.Ю. Дитц, С.Я. Кудряшова
А.М. Шкаруба, А.В. Чичулин, 2009

УДК 511.510.3

С.А. Попова, В.И. Макаров

ИХКГ СО РАН, Новосибирск

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОНЦЕНТРАЦИЙ ВТОРИЧНОГО ОРГАНИЧЕСКОГО УГЛЕРОДА В АЭРОЗОЛЯХ КОНТИНЕНТАЛЬНОЙ ТЕРРИТОРИИ

S.A. Popova, V.I. Makarov

Institute of Chemical Kinetics and Combustion, SB RAS

3 Institutskaya, Novosibirsk, 630090, Russian Federation

ESTIMATION OF SECONDARY ORGANIC CARBON CONCENTRATIONS IN AEROSOLS OF THE CONTINENTAL TERRITORY

Aerosol samples from rural area were analyzed for carbonaceous by a thermal method. Ambient particulate organic (OC) and elemental carbon (EC) data measured were investigated to determine the temporal trends of atmospheric carbonaceous aerosol and to examine the relative contributions of primary and secondary OC to measured particulate OC.

Органический (ОС) и элементный (ЕС) углерод составляет значительную и важную часть атмосферного аэрозоля (АА) влияя не только на радиационный и гидрологический режим атмосферы, но и на здоровье человека. ОС состоит из сотен соединений разных классов. Органические вещества могут выделяться непосредственно из источника и поступать в атмосферу как первичные эмиссии ($ОС_{ПЕР}$), или могут формироваться как вторичные аэрозольные продукты при конверсии газ-частица летучих органических соединений в атмосфере, либо в результате конденсации летучей органики с низким давлением насыщенных паров. Эмиссии первичного аэрозоля при атмосферном окислении могут также образовывать вторичные продукты. Относительный вклад первичных и вторичных эмиссий зависит от типа локальных источников, метеорологии региона и атмосферных химических условий.

Отсутствие методов прямого измерения вторичного органического аэрозоля ($ОС_{ВТ}$) в реальной атмосфере приводит к необходимости создания и усовершенствования моделей для определения его количественной оценки. Известно, что главными источниками ОС и ЕС в атмосфере городских территорий являются процессы горения и поэтому, элементный углерод используется в качестве трассера для идентификации $ОС_{ПЕР}$ и последующим количественным определением $ОС_{ВТ}$ [1–3]. Вторичный органический аэрозоль оценивается при использовании математического моделирования, которое соединяет образование, транспорт и осаждение $ОС_{ВТ}$ с моделями траекторий движения воздушных масс [4, 5]. Показано, что разные подходы обеспечивают разумное согласие величин $ОС_{ВТ}$ [1, 4, 5].

В данной работе, по результатам суточных измерений концентраций ОС и ЕС в пригородной зоне г. Новосибирска, рассматривается временная изменчивость величин $ОС_{ВТ}$ в атмосфере.

Отбор проб аэрозолей производился на стекловолнистые фильтры GF 92 диаметром 50 мм с помощью фильтровентиляционной установки со скоростью $1.8 \text{ м}^3/\text{ч}$ в п. Ключи, расположенному в 30 км от г. Новосибирска. Образцы АА отбирались непрерывно по 24 ч в течение 30 дней в разные сезоны года. Осадок фильтров был проанализирован методом реакционной газовой хроматографии. Суть метода заключается в термическом разделении ОС от ЕС с последующим окислением каждого компонента в двуокись углерода, который конвертируется в метан для определения пламенно-ионизационным детектором. Подробное техническое описание методики и аналитические условия определения ОС и ЕС в аэрозоле приводятся в [6]. Пиролитической конверсии ОС в ЕС (обугливание) при испарении органических веществ в инертной атмосфере не обнаружено, что проявлялось в отсутствии почернения фильтра при анализе.

Уровни концентраций $ОС_{ПЕР}$ и $ОС_{ВТ}$ определялись по следующим уравнениям [1, 2]:

$$ОС_{ПЕР} = ЕС \times (ОС/ЕС)_{ПЕР} \quad (1)$$

$$ОС_{ВТ} = ОС_{ОБЩ} - ОС_{ПЕР} \quad (2)$$

где $ОС_{ОБЩ}$ – измеренное содержание ОС в аэрозоле; $(ОС/ЕС)_{ПЕР}$ – определённое первичное отношение ОС/ЕС.

Следует отметить, что определение величины $ОС_{ПЕР}$ усложняется варьированием отношения ОС/ЕС, рассчитанного по измеренным концентрациям органического и элементного углерода. Поэтому для расчёта $ОС_{ПЕР}$ использовалось уравнение линейной регрессии, где $b \times ЕС$ подразумевает ОС выделенный при горении, a – первичный ОС биогенных источников [1]. Из рис. 1 и 2 видно, что значение a для летнего сезона выше, что соответствует усилению поступления веществ выделенных растительностью, микроорганизмами и др., для зимних месяцев величина a незначительна.

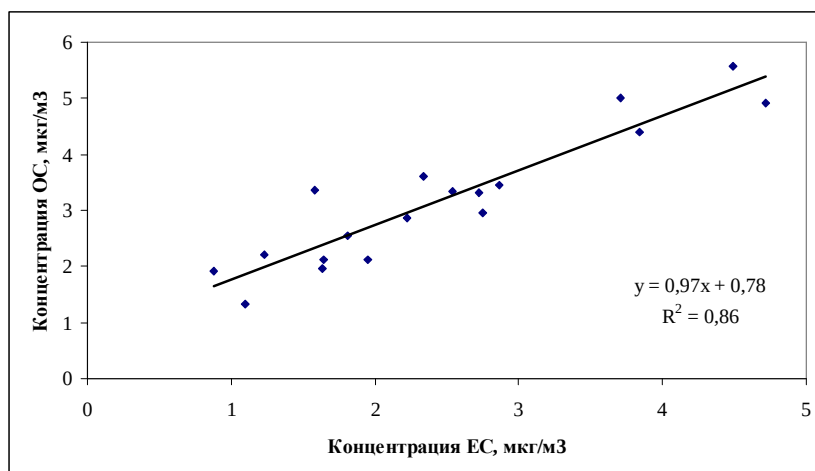


Рис. 1. Зависимость концентраций ОС и ЕС, измеренных в феврале 2007 г.

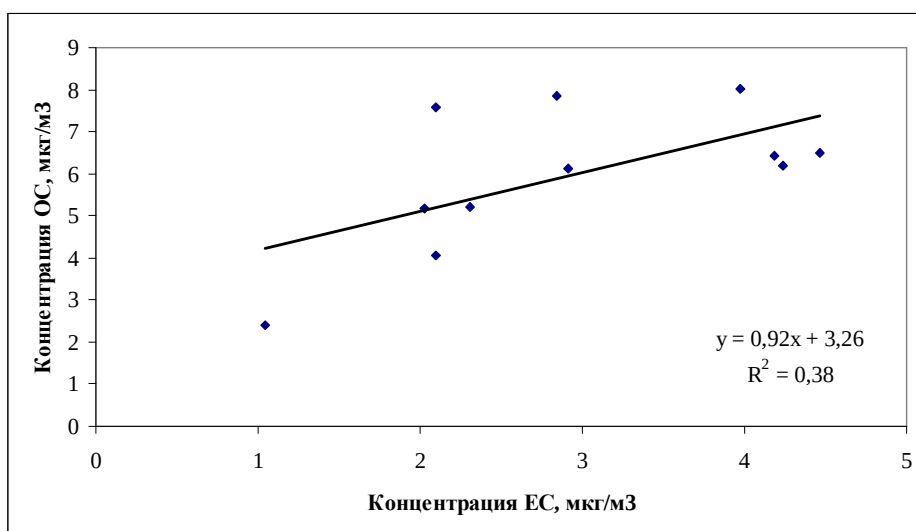


Рис. 2. Зависимость концентраций ОС и ЕС, измеренных в июне 2007 г.

Так как наши измерения проводятся с 24 ч усреднением, то невозможно наблюдать образование аэрозоля в течение суток в реальной атмосфере. Поэтому, используя значения ОС/ЕС, можно судить только о количественном присутствии ОС_{ВТ} в аэрозоле (табл. 1). Высокие величины отношения ОС/ЕС имеют сезонную зависимость и возникают за счёт образования ОС_{ВТ} в атмосфере, либо деятельности биогенных источников, либо транспорта как первичного ОС, так и «устаревшего» вторичного аэрозоля с других территорий.

Таблица 1. Корреляционная зависимость между ОС и ЕС, отношение ОС/ЕС в разные периоды года, уровни концентраций ОС_{ВТ}

Месяц	г	ОС/ЕС	ОС, мкг/м ³	ОС _{ВТ} , мкг/м ³	п
январь	0.74	1.6 ± 0.4	2.5 ± 0.9	0.40 ± 0.45	11
февраль	0.93	1.4 ± 0.3	3.2 ± 1.2	0.39 ± 0.33	18
апрель	0.93	2.5 ± 0.9	9.5 ± 8.4	2.2 ± 2.1	11
май	0.76	2.2 ± 0.8	5.2 ± 2.6	1.7 ± 1.4	19
июнь	0.62	2.2 ± 0.6	6.0 ± 1.7	1.1 ± 1.0	11
июль	0.76	2.6 ± 0.6	5.0 ± 1.6	0.92 ± 0.72	19
сентябрь	-0.12	4.7 ± 2.1	4.0 ± 1.1	0.68 ± 0.70	10
октябрь	0.83	4.3 ± 2.2	5.3 ± 4.1	1.6 ± 2.1	18

Примечание: г – коэффициент корреляции между ОС и ЕС; п – количество образцов АА.

Рис. 3 показывает естественную изменчивость содержания ОС в аэрозоле в летний период года. Резкие изменения концентраций аэрозольного углерода указывает, по-видимому, на изменения метеорологических условий, более сглаженные колебания концентраций на устойчивые метеоусловия (например, низкие скорости ветра). Видно, что периоды высоких значений ОС/ЕС в летний сезон года, как правило, сопровождаются увеличением концентрации ОС_{ВТ}. Коэффициент корреляции ОС/ЕС – ОС_{ВТ} в летний сезон равен 0.78, в зимний – 0.10.

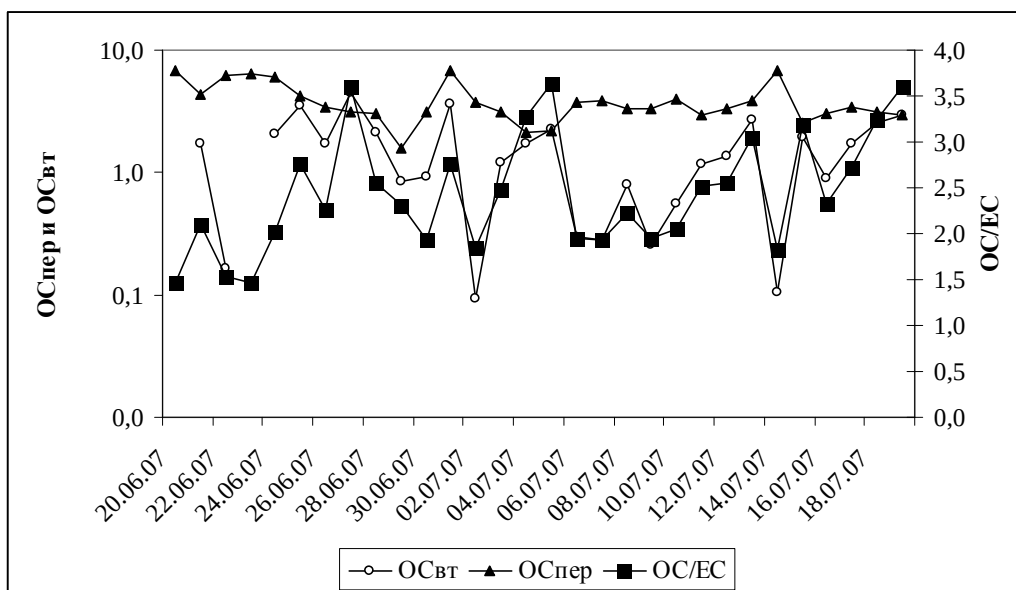


Рис. 3. Среднесуточные значения OS/EC , $OS_{пер}$ и $OS_{вт}$ в июне – июле 2007 г.

Сильные корреляции между ОС и ЕС наблюдаются в определённые периоды и могут быть обусловлены транспортом $OS_{вт}$ с первичным ЕС. Низкая корреляция ОС – ЕС указывает на образование $OS_{вт}$.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ № 08-05-00083 и гранта МНТЦ № 3695

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Turpin B. J., Huntzicker J. J. 1995. Atmos. Environ. 29, 3527–3544.
2. Lim H.J., Turpin B. J. 2002. Environ. Sci. Technol. 36, 4489–4496.
3. Castro L. M., Pio C. A., Harrison R. M. 1999. Atmos. Environ. 33, 2771–2781.
4. Pandis S. N., Harley R. A., Cass G. R., Seinfeld J. H. 1992. Atmos. Environ. 26A, 2269–2282.
5. Strader R. L., Lurmann F., Pandis S. N. 1999. Atmos. Environ. 33, 4849–4863.
6. Армалис С.Ю., Ника А.К. // Физика атмосферы. – 1986. – № 11. – 155–159.

© С.А. Попова, В.И. Макаров, 2009

УДК 504:553

Е.К. Паршина, Е.В. Миляева

СГГА, Новосибирск

Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, Новосибирск

ДЕСТРУКЦИОННАЯ ДИНАМИКА РАСТИТЕЛЬНЫХ ОСТАТКОВ В БОЛОТАХ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Ye.K. Parshina, Ye.V. Milyayeva

SSGA, Novosibirsk

The Institute of Soils Science and Agrochemistry of the Siberian Division of Russian Academy of Sciences

DESTRUCTION DYNAMICS OF GROWTH REMNANTS IN WEST SIBERIAN BOGS

The paper deals with the dynamics of dominant peat-formers decomposition in different genesis bog complexes. Decomposition of growth remnants in bogs takes place in warm seasons when the level of bog waters goes down, with oxygen freely penetrating into the upper peat level. Vascular plants decompose slower than peat- and true mosses. The bogbean (both roots and leaves) is the quickest to decay – about 70 % a year. About 40–50 % of grasses and shrubs leaves and roots decompose a year. The Baltic bog moss (*sphagnum balticum*) is the slowest (about 2 % a year). Biochemical characteristics of peat dust and hypnum account for their low decay rate.

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 выходит биосферная роль болот. Одной из наиболее важных биосферных функций которых 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 углерода в торфяных залежах весьма ограничены, что препятствует установлению их истинной роли в глобальном цикле углерода, в формировании и поддержании биологического разнообразия региона.

В торфяных отложениях современных болот сосредоточено больше углерода, чем во всех лесах земного шара. Запасы углерода в торфяниках планеты оцениваются в 412×10^{12} т, что сопоставимо с запасами углерода во всей биомассе растительных организмов и в атмосфере планеты. Процесс торфообразования имеет биохимическую природу и происходит в верхнем торфогенном горизонте. Торф образуется в результате неполного разложения

растительных остатков. Количество углерода, закрепленного в торфе, равно разнице между чистой первичной продукцией и деструкцией – разложением растительных остатков. 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. Изучение продукции и деструкции в болотных биогеоценозах имеет большое теоретическое значение. Эти процессы являются основными в функционировании болотных экосистем.

Целью нашей работы являлось определение скорости продукционных и деструкционных процессов, которые проводились расчётными и экспериментальными методами. Для определения характера и скорости разложения отдельных торфообразователей применялся метод закладки растительности в торф. Скорость разложения изучалась у четырех видов кустарничков, трех видов трав, пяти видов сфагновых мхов и двух видов гипновых на болотах различной трофности.

Объектами наших исследований являются экосистемы пяти болот на территории Западной Сибири, расположенные в зоне лесотундры и в подзонах средней и южной тайги (табл. 1).

Таблица 1. Расположение ключевых участков

Зона и подзона	Название болота	Координаты	Название экосистем
лесотундра	плоскобугристое болото «Пангоды»	65°52' с.ш. 74°58' в.д.	плоский бугор, мочажина
средняя тайга	выпуклое олиготрофное болото «Кукушкино»	60°58' с.ш. 70°10' в.д.	рям, гряда и мочажина ГМК, осоково-сфагновая топь
	выпуклое олиготрофное болото «Чистое»	61°03' с.ш. 69°28' в.д.	рям, гряда и мочажина ГМК
южная тайга	выпуклое олиготрофное болото «Бакчарское»	56°50' с.ш. 82°51' в.д.	рям, кустарничково-пушицево-сфагновое с-во, осоково-сфагновая топь, гряда и мочажина ГМК
	пойменное болото «Обское»	56°30' с.ш. 84°01' в.д.	осоково-гипновая топь

Экспериментальные площадки закладывались в типичных грядово-мочажинных комплексах, представленных кустарничково-сфагновыми ассоциациями на грядах и кустарничково-травяно-сфагновыми в мочажинах. Структурный состав фотосинтезирующей фитомассы годичного прироста на грядах и в мочажинах различен – сфагновые мхи являются абсолютными доминантами (96 %) в мочажинах, а на грядах они становятся содоминантами с кустарничками (57 % и 42 %). Величина ежегодного прироста изменчива и связана с климатическими условиями текущего года. Основной вклад в величину нефотосинтезирующей части первичной продукции вносят корни

трав и кустарничков, которые составляют 60 % от общей первичной продукции (NPP). Прирост мхов составляет 21 % от NPP – на грядах и 67 % в мочажинах.

Разложение растительных остатков на болотах происходит в теплое время года, когда уровень болотных вод снижается и кислород свободно проникает в верхнюю часть торфяного горизонта.

В болотных комплексах Южной тайги быстрее разлагаются сосудистые растения, медленнее сфагновые и зеленые мхи. Фракция листьев трав и кустарничков, которая составляет около 10 % от общей продукции, почти полностью разрушается в течение первого вегетационного сезона. Скорость разложения листьев доминанта кочек, *Chamaedaphne calyculata*, составляет 40 %, а межкочий – *Carex rostrata* – 57 %, *Eriophorum vaginatum* – 50 %. Также быстро происходит деструкция корней трав и кустарничков, вклад которых достигает 70 % от общей продукции. Скорость разложения корней *Chamaedaphne calyculata* составляет 35–40 % в год. Для корней *Carex rostrata* скорость разложения составила 45 %, а для *Eriophorum vaginatum* – 62 %.

Фракция мхов, составляющая 20 % от общей продукции, наименее подвержена деструкции и большая часть ее переходит в торф. Всего 10 % от первоначального веса разрушается в процессе деструкции. Скорость разложения в межкочьях значительно ниже, чем на кочках, в связи с их переувлажнением. Доминант межкочий – *Sph. balticum* образовал 58 гС/м², разложилось – 1,6 гС/м² (2 %). За год разложение всех фракций живого растительного вещества достигает 60 %, что составляет 442,2 гС/м².

Процесс разложения в группах трав, кустарничков и мхов зеленых и сфагновых происходит неравномерно как в течении сезона вегетации, так и в течении года.

В группе трав хвощ (*Equisetum fluviatile*) за 180 дней теряет 2/3 исходного веса при разложении на гипновом болоте и половину в мочажине олиготрофного болота. Коэффициент разложения, представляющий собой логарифмическое отношение количества разложившегося растительного вещества X к исходному X_0 ($K = \ln x/x_0$), показывает, что разложение наиболее интенсивно проходит в двадцатисантиметровом слое как надземной так и подземной его части. Листья и корни вахты трехлистной разлагаются наиболее интенсивно в слое 20–30 см на гипновом болоте. Скорость разложения осок увеличивается по трансекту от гряды к мочажине, наибольшее количество разложившегося органического вещества отмечается так же в экосистеме гипнового болота.

У кустарничков наибольшей скоростью разложения обладают листья хамедафны, наименьшей – листья андромеды. Корни и листья имеют однонаправленный тренд от олиготрофной гряды в сторону евтрофной мочажины.

Гипновые мхи имеют низкую скорость деструкции, но она выше, чем у сфагновых мхов.

В грядово-мочажинном комплексе Средней тайги листья верескового кустарничка *Chamaedaphne calyculata* потеряли за первый год разложения в ряме и на грядах 15 % массы, в топи чуть больше – 18 %. За второй год

разложения на повышенных элементах рельефа их масса снизилась ещё на 27 %, а на пониженных только на 7 %. Листья *Ledum palustre* разлагаются несколько медленнее – за год потери в ряме и на гряде составили 10 %, в течение второго года разложения потери почти в два раза больше – 18 %. Корни кустарничков за первый год и на повышениях и на понижениях имели сходные потери – 25 %. В течение второго года проведения эксперимента масса корней снизилась ещё на 10 %. Медленнее, чем другие части кустарничков, разлагались стволы. Снижение их массы за год в ряме и на гряде составило 15 %, и чуть меньше в топи – 12. В течение второго года наблюдений масса стволов понизилась на повышениях – на 9 %, в понижениях только на 3 %.

Сравнивая скорость разложения кустарничка *Chamaedaphne calyculata* в разных экосистемах, можно сказать, что хамедафне разлагалась быстрее на повышенных элементах рельефа, рям и гряд, и медленнее в понижениях, топи и мочажинах.

Ветошь пушицы разложилась за год на повышенных элементах рельефа на четверть массы, корневища и узлы кущения на 15 %, корни на 20 %. Потеря массы ветоши пушицы в течение второго года разложения не определялась, а подземные органы пушицы потеряли в течение второго года еще по 5 %. Значительное снижение массы наблюдалось для ветоши морошки – 30 % за первый год опыта и еще 50 % за второй год.

В экосистеме осоково-сфагновой топи ветошь осок теряла по одной четвертой части массы ежегодно в течение двух лет наблюдений. Корни и корневища осок за первый год разложения потеряли третью часть массы, потери второго года не превысили 5 %. Ветошь и корневища *Sheuchzeria palustris* разлагались примерно одинаково. Они потеряли треть массы за первый год, в течение второго года опыта их потери составили не более 3 %.

Рекордсменом по скорости разложения является вахта трехлистная. В течение первого года ветошь потеряла половину исходного веса, в течение второго года – ещё 30 %. Быстрому разложению подверглись также корневища вахты: в первый же год они потеряли три четвертых части массы, на второй год снижение незначительное – 4 %. Корни вахты разлагались не так быстро, как другие части растения, значительная потеря массы наблюдалась в первый год (чуть меньше половины исходной массы), в течение второго года корни вахты потеряли ещё 9 %.

Сфагновые мхи сильнее разлагались на повышенных элементах рельефа – в ряме и на грядах, и медленнее на пониженных – в топи и мочажинах. Наибольшая потеря массы среди сфагновых мхов отмечена для *Sphagnum angustifolium* – 32 % за первый год в ряме. В течение второго года потери этого мха составили 10 %. Этот же вид сфагнума в топяном сообществе разлагался медленнее примерно в два раза. Доминант мохового покрова в ряме и на грядах, *Sphagnum fuscum*, за год разложился на четверть, на следующий год эксперимента он потерял еще по 10 %. Общая потеря массы очеса *Sphagnum fuscum* за два года разложения составляет 35 % от исходного веса. Наименьшей скоростью разложения обладают доминанты мохового яруса мочажины и топи –

Sphagnum balticum, *S. papillosum* и *S. lindbergii* – 10–14 % потерь за первый год и 5–10 % в течение второго года опыта.

По разложению лишайников получены предварительные данные. Потеря массы их образцов составила в среднем 30 % за первый год наблюдений в экосистеме гряды.

В лесотундре листья кустарничков *Chamaedaphne calyculata* и *Ledum decumbens* разложились на буграх в среднем на 15 %, что является похожим результатом с разложением листьев кустарничков в средней тайге. Корни кустарничков потеряли почти 20 %, что на 10 % меньше, чем в средней тайге.

Масса образцов ветоши и корневищ морошки снизилась на четверть, что лишь немного меньше, чем в средней тайге. Ветошь *Carex globularis* разложилась на буграх на 15 %. Ветошь *Carex limosa* закладывали в мочажине, снижение массы составило 20 %, что меньше на 3–5 %, чем разложение осок в средней тайге.

Sphagnum fuscum разлагался в лесотундре на буграх в три раза медленнее, чем в средней тайге в ряме и на грядах. Снижение массы его образцов составило 8 % (в средней тайге 25 %). В то же время по разложению мочажинного мха *Sphagnum balticum* и в лесотундре, и в средней тайге получились почти одинаковые результаты – 10 % потери массы за год.

Снижение массы образцов лишайников при разложении в лесотундре равно 15 %, что в два раза меньше чем в средней тайге.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основными торфообразователями на болотах верхового типа являются сфагновые мхи. В средней тайге по истечению двух лет после отмирания сфагновый очес в ряме и на грядах потерял от 20 до 40 % исходной массы, в топяных и мочажинных экосистемах по истечению двух лет после отмирания очеса мхов потери веса составили 20 %.

Легче других растений подвергались разложению ветошь и корневища вахты трехлистной (*Menyanthes trifoliata*) и морошки (*Rubus chamaemorus*). Через два года после отмирания опад этих растений разложился на 80 %.

По скорости разложения фракции растительного вещества можно разделить на 3 группы:

- **Быстро разлагающиеся** (потери за два года от 50 % и больше). Группа включает ветошь, корни, корневища вахты и морошки;

- **Средне разлагающиеся** (потери за два года от 30 до 50 %). В группу входят листья и корни кустарничков, ветошь, корни, корневища осок и шейхцерии, сфагновые мхи, доминирующие в моховом покрове в рямах и на грядах (*Sphagnum fuscum*, *S. angustifolium*, *S. magellanicum*);

- **Медленно разлагающиеся** (потери за два года не больше 30 %). В эту группу входят стволы кустарничков, узлы кущения, корневища и корни пушицы, сфагновые мхи, доминирующие в топяных и мочажинных сообществах (*S. balticum*, *S. papillosum*, *S. lindbergii*);

Порядок разложения определяется типом экосистемы, видом растения и фракцией растительного вещества.

© *Е.К. Паршина, Е.В. Миляева, 2009*

УДК 551.4

А.Д. Обыскалов, А.М. Ганагина

СГГА, Новосибирск

ВТОРАЯ ПРОПОРЦИЯ ЗОЛОТОГО СЕЧЕНИЯ В РЕЛЬЕФЕ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

A.D. Obyskalov, A.M. Ganagina

SSGA, Novosibirsk

SECOND PROPORTION OF GOLDEN SECTION IN WEST SIBERIA RELIEF

The regularity has been revealed for the relief of West Siberia which corresponds to the second proportion of golden section.

Повышенное внимание к золотой пропорции подтверждается наличием научных, научно-популярных и методических работ, в которых исследуются ее закономерности в различных областях знаний и явлениях природы.

Во все времена математики, художники, философы и ученые занимались вопросами, связанными с золотым сечением. Эта пропорция обнаружена в произведениях искусства, архитектуры, в звуковых аккордах музыки, в конфигурациях минералов. Этот закон проявляется в пропорциях тела человека, в процессах растительного и биологического миров. Установлена связь золотого сечения с различными свойствами физической и биологической природы. Отношения мощностей горизонтов различных почв, ширины почвенных поясов Евразии и энергетические характеристики почвенного пространства близки к различным производным от коэффициента пропорциональности золотого сечения. Природа изобилует многочисленными примерами проявления обычной симметрии и классического золотого сечения [1–5].

Помимо классического золотого сечения, в природе существует и вторая пропорция золотого сечения. Возможные проявления, смысл и значение которой обсуждаются на примерах элементов орбит Луны и Земли, размеров живых организмов, гипотетической 13-дневной цикличности в жизни человека, а также дискретности рельефа земного шара.

При этой пропорции отношение целого к его большей части – 1,465, а целого к меньшей равно 3,147.

Золотому сечению 1,465 соответствует свой рекуррентный ряд, отличающийся от классического ряда Фибоначчи построением.

Распространенность золотого сечения в структуре почвенного пространства и связь почв с рельефом побудила авторов к выявлению аналогичной закономерности в рельефе земной поверхности для территории Западной Сибири.

Дискретность рельефа земной поверхности обнаружена геологом В. Пиотровским при попытке классифицировать его длину, ширину и высоту [3]. Пиотровский обнаружил интересную закономерность – оказалось, что встречаются формы рельефа с длиной 1, 3 и 10 м, но почти нет таких, у которых длина была бы 2, 5, 7 м. То же было замечено и в отношении других параметров – высоты, глубины и ширины. После многих тысяч замеров было установлено, что в классификации рельефа можно выделить 15 порядков, начиная с песчаной ряби (10 см) до тектонических структур с длиной 1 000 км. Кроме того, выяснилась еще одна странность в этом морфологическом ряду. Длина форм каждого следующего порядка была в три или в три с небольшим больше предыдущего. И так до пятнадцатого порядка. Это относилось также к ширине, высоте, глубине и площади всех форм рельефа и тектонических структур. Дискретность земного рельефа является результатом проявления второй пропорции золотого сечения ($0,682.../0,318...$). При этой пропорции отношение целого к меньшей части равно 3,147. Степени числа 0,318... образуют ряд, каждый член которого меньше предыдущего также в 3,147.... раз.

1,0; 0,318...; 0,101...; 0,032...; 0,0102...; 0,0032...; 0,00103....

Такой ряд соответствует градации земного рельефа (в сторону уменьшения), где каждый порядок меньше предыдущего в три с небольшим раз, а через порядок – в 10 раз.

Обращает на себя внимание фрактальный (самоподобный) характер дискретности земного рельефа. Оптимальность и простота фрактальных структур и процессов, как это следует из их многочисленных примеров, встречающихся в природе (дыхательная и кровеносная системы, ветвление деревьев, речная система) очевидна.

Существует еще одна странная дискретность, связанная с размерами живых существ, обитающих среди дискретного рельефа Земли, и для которой характерна сходная закономерность [4]. На огромном материале показано, что размеры организмов группируются вокруг определенных величин, различающихся на 0,5 логарифмической единицы (или в 3,15 раза в обычных единицах). То есть на ту же величину, на которую различаются размеры элементов рельефа земной поверхности, выявленные Пиотровским. Между основными максимумами в распределении размеров живых организмов иногда проявляются промежуточные величины в 0,17 и 0,33 логарифмической единицы. В обычных единицах – это очень близко к числам 1,465 и 2,147. Это значит, что и эта дискретность связана со второй золотой пропорцией ($0,682.../0,318...$).

Современный рельеф Западной Сибири обусловлен геологическим развитием, тектоническим строением и влиянием разнообразных экзогенных рельефообразующих процессов. Основные орографические элементы находятся в тесной зависимости от структурно-тектонического плана плиты, хотя длительное мезокайнозойское прогибание и накопление мощной толщи рыхлых отложений в значительной мере сnivelировали неровности фундамента. Малой амплитудой неотектонических движений обусловлено низкое гипсометрическое положение равнины. Максимальные амплитуды поднятий достигают 100–150 м

в периферических частях равнины, а в центре и на севере они сменяются опусканиями до 100–150 м. Однако в пределах равнины выделяется ряд низменностей и возвышенностей, соизмеримых по площади с низменностями и возвышенностями Русской равнины.

В пределах Западной Сибири отчетливо прослеживаются три высотных уровня. Первый уровень, занимающий почти половину территории, имеет высоту менее 100 м. Второй гипсометрический уровень располагается на высотах 100–150 м, третий преимущественно в интервале 150–200 м с небольшими участками до 250–300 м.

Наиболее высокий уровень приурочен к краевым частям равнины. Самые низкие участки (ниже 100 м) находятся в северной и центральной частях Западной Сибири.

Исходным материалом для исследования послужил массив отметок высот, снятых с топографической карты масштаба 2 500 000 на территорию Западной Сибири. Удалось выявить закономерности, соответствующие второй пропорции золотого сечения, между соседними гипсометрическими уровнями. Результаты представлены в табл. 1.

Таблица 1

№	Отношение гипсометрических уровней	Количество дискретных точек – отметок высот	Соответствие второй пропорции золотого сечения (в %)
1	Отметки второго уровня к отметкам первого уровня	63	98,7
2	Отметки третьего уровня к отметкам второго уровня	57	99,1
3	Отметки наиболее высокого уровня к отметкам третьего уровня	39	98,4

Физическое объяснение распространенности золотых сечений в живой и неживой природе и в том числе в структуре почв и дискретности рельефа до сих пор не найдено, можно предположить, что за ним стоит проявление наиболее общих научных принципов теории симметрии.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Стахов, А.П. Коды золотой пропорции / А.П. Стахов. – М.: Радио и связь, 1984. – 151 с.
2. Сороко, Э.М. Структурная гармония систем / Э.М. Сороко. – Минск: Наука и техника, 1984. – 264 с.
3. Друянов, В.А. Загадочная биография Земли / В.А. Друянов. – М.: Недра, 1981. – С. 49–53.
4. Радюк, М.С. О биологической сущности золотого сечения / М.С. Радюк // Журнал общей биологии. – 2001. – Т. 62. – № 5. – С. 403–409.
5. Симметрия почвенно-геологического пространства: сб. науч. Тр. – Пущино, 1996. – 181 с.

УДК 528.9; 528.8

О.Н. Николаева, Л.А. Ромашова

СГГА, Новосибирск

РОЛЬ КАРТОГРАФИЧЕСКОГО МЕТОДА ИССЛЕДОВАНИЯ В ЭКОЛОГИЧЕСКОМ МОНИТОРИНГЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

O.N. Nikolayeva, L.A. Romashova

SSGA, Novosibirsk

THE ROLE OF MAPPING RESEARCH IN ENVIRONMENTAL MONITORING

The paper deals with the ways of using different types of ecological maps at the main stages of environmental monitoring. The examples are given concerning the map material specially developed for the territory of Novosibirsk at the laboratory of medical-and-ecological mapping of SSGA.

Экологический мониторинг, в соответствии со сложившимся современным определением, представляет собой информационную систему наблюдений, оценки и прогноза изменений в состоянии окружающей среды, созданную с целью выделения антропогенной составляющей этих изменений на фоне природных процессов. Таким образом, мониторинг – это не только наблюдение за объектом окружающей среды и фиксация его текущего состояния, но и сопоставление современного состояния объекта с эталонным, определение допустимых изменений объекта и анализ динамики этих изменений в пространстве и во времени.

Решение указанных задач мониторинга требует использования серьезных аналитических средств, обеспечивающих представление наблюдаемых данных в пространственно распределенном виде, что упрощает оценку их текущего состояния и визуализацию перспективных изменений. Одним из таких средств являются экологические карты. И если на этапе наблюдений экологический мониторинг опирается, в основном, на различные методы инструментального контроля за качеством состояния окружающей среды, то на этапах оценки и прогноза – необходимо привлекать методы моделирования изменений, происходящих в окружающей среде. Среди таких методов важное место занимает картографический метод исследования.

Картографический метод исследования предполагает использование карт для научного и практического познания изображенных на них явлений. Благодаря применению картографического метода исследования становится возможным:

- Получение по карте качественных оценок и количественных характеристик объектов, явлений и процессов, изображенных на карте;
- Изучение взаимосвязей и взаимозависимостей между ними;

- Изучение их *динамики и эволюции* во времени и в пространстве;
- Установление тенденций их развития и прогнозирование их перспективных состояний.

Применительно же к экологическому мониторингу – в качестве модели изучаемого объекта выступают экологические карты различного содержания и назначения.

На этапе наблюдений используются по преимуществу отраслевые экологические карты. По своему назначению они являются констатационными, то есть отображают существующий уровень загрязнения окружающей среды без характеристики степени вредности отображенных на карте загрязнений для здоровья человека или других живых организмов. Цель таких карт состоит в том, чтобы с наибольшей полнотой зафиксировать и наглядно отобразить современное состояние отдельно взятого объекта или природного компонента (например, карта загрязненности почв исследуемой территории тяжелыми металлами). В силу такой «дробности» своего содержания отраслевые экологические карты составляются на исследуемую территорию в виде серий, которые являются одной из разновидностей произведений системного вида. Они позволяют охватить весь комплекс природных компонентов и отразить все основные направления техногенного воздействия на окружающую среду данной территории.

Примером подобной серии является совокупность девяти экологических карт, выполненных на г. Новосибирск в Лаборатории медико-экологического картографирования СГГА. В серию включены карты общего загрязнения воздушного бассейна, загрязненности воздушного бассейна выбросами стационарных источников, состояния водных объектов, загрязнения почв, техногенных радиоэкологических факторов, природных радиоэкологических факторов, электромагнитного и шумового загрязнения, загрязнения снежного покрова г. Новосибирска, градостроительной ситуации и уровня экологического риска на территории г. Новосибирска.

В своей совокупности карты данной серии наглядно отображают современную экологическую обстановку, сформировавшуюся на территории Новосибирска, и благодаря этому они представляют собой основательную информационную базу для планирования и разработки наиболее неотложных природоохранных мероприятий.

Вторым важным этапом экологического мониторинга является оценка современного состояния окружающей среды и ее отдельных компонентов (атмосферного воздуха, питьевой воды, поверхностных и подземных вод, почв и т. д.). На этом этапе – картографическое обеспечение используется особенно широко: с одной стороны, исходными источниками для проведения экологической оценки являются статистические данные об уровне загрязнения окружающей среды, представленные на отраслевых экологических картах (или сериях карт), или на комплексной экологической карте, отображающей всю совокупность экологических факторов, действующих на исследуемой территории. С другой стороны, наиболее экономичным и эффективным

средством доведения результатов оценки до потребителя являются оценочные экологические карты. Показателем картографирования на таких картах могут являться как превышения нормативных единиц (ПДК, ПДУ и пр.), так и интегральные показатели, рассчитанные с учетом уровня загрязнения всех основных природных компонентов. Использование интегральных показателей позволяет провести зонирование исследуемой территории по степени нарушенности экосистем или по степени экологического риска для здоровья населения.

Результаты подобного зонирования представляют немалый профессиональный интерес для работников сферы охраны природы и здравоохранения. В самом деле, информированность о размещении по территории основных очагов экологического неблагополучия, об их конфигурации и площадном охвате – позволяет специалистам повысить эффективность разработки природоохранных работ и планирования профилактических мероприятий по охране здоровья населения за счет концентрации мероприятий в наиболее неблагополучных зонах. Наглядным выражением экологической оценки территории по интегральному показателю является интегральная экологическая карта. Примером такой карты является интегральная экологическая карта Новосибирска, составленная в Лаборатории медико-экологического картографирования СГГА. На карте показаны три зоны экологической обстановки с различной степенью опасности для здоровья местного населения. При выявлении границ этих зон специалистами-медиками учитывались следующие экологические факторы, оказывающие воздействие на жителей города:

- Загрязнение атмосферы города выбросами промышленных предприятий;
- Загрязнение атмосферы города выбросами автомобильного транспорта;
- Загрязнение почв города тяжелыми металлами (ртутью, свинцом, цинком, железом и т. д.);
- Шумовое загрязнение на городских магистралях от автотранспорта;
- Уровень содержания радона в почвенном воздухе;
- Естественный радиационный фон города;
- Техногенный радиационный фон города, обусловленный наличием техногенных источников радиации;
- Электромагнитное загрязнение города;
- Размещение по городской территории таких экологически опасных объектов, как свалки, золоотвалы и шламонакопители, источники электромагнитных излучений.

Давая столь исчерпывающую характеристику экологической обстановке Новосибирска, данная карта формирует своеобразный «задел на будущее», намечает основные направления как для практической природоохранной деятельности, так и для функционирования и реорганизации существующей сети наблюдательных пунктов мониторинга.

Однако задачи экологического мониторинга не ограничиваются фиксацией и оценкой «сегодняшнего дня». На третьем этапе – этапе прогнозирования, задачи экологического мониторинга подразумевают взгляд в день завтрашний, научно-обоснованное моделирование перспективных изменений окружающей среды. При этом в процессе моделирования динамики экологических процессов – целесообразно учитывать тот факт, что перспективная хозяйственная деятельность человека на данной территории может складываться по различным сценариям: промышленные предприятия могут работать в более интенсивном режиме или, напротив, сокращать объем выпускаемой продукции; перечень отраслей промышленности, представленных в данном регионе, может сокращаться или расширяться, дополняясь новыми, не представленными ранее. Может измениться даже общее направление использования территории (например, интенсификация сельскохозяйственного производства при сокращении или отсутствии роста промышленности). И в этом случае картографический метод исследования предлагает специалистам экологического мониторинга – широкий спектр инструментов, позволяющих быстро и с достаточной эффективностью осуществлять экологический прогноз. Это – приемы математико-статистического анализа для выяснения формы и тесноты связей между различными явлениями (посредством вычисления корреляционных зависимостей – коэффициентов корреляции, корреляционных отношений и т. д.), и математическое моделирование.

В данном случае понятие математического моделирования подразумевает построение по экологической карте пространственной математической модели того или иного экологического явления (трансграничного переноса загрязненных воздушных масс, распространения загрязненных сточных вод по водотоку или водоему и пр.), и использование этой модели для анализа механизма явления и изучения его пространственно-временной динамики. Таким образом, при решении задач экологического прогнозирования экологические карты формируют ту основу информационной базы, которая будет использоваться для перспективных расчетов. При этом целесообразно использовать как отраслевые и комплексные экологические карты, так и интегральные экологические карты.

В свою очередь и результаты моделирования прогнозной экологической ситуации также целесообразно представлять в виде экологической карты, для облегчения их восприятия потребителем, поскольку человеку свойственно именно образное мышление, а карта представляет собой образ (в известной степени обобщенный) того или иного объекта или ситуации.

Карты, составленные по результатам экологического прогноза, могут варьироваться по форме представления информации. Для отражения результатов среднесрочных и долгосрочных прогнозов тех явлений, которые изменяются достаточно медленно, – можно использовать серию прогнозных экологических карт, составленных на разные моменты времени. Результаты же краткосрочного прогнозирования (например, распространение аварийного выброса крупного промышленного предприятия) целесообразно отображать с помощью картографических анимаций, которые позволяют показывать

перемещение полей или фронтов загрязнения практически в режиме реального времени.

Таким образом, экологические карты являются неотъемлемой частью системы мониторинга состояния территорий. Различаясь по своему содержанию и практической направленности, в целом они формируют тот массив конечной продукции, которая передается конкретному потребителю (наряду со статистическими базами данных). При ведении мониторинга роль экологических карт двояка: с одной стороны, экологические карты являются эффективным средством фиксации наблюдаемых данных; с другой – информация, полученная с этих карт в процессе анализа с привлечением приемов картографического метода исследования, является отправной точкой для планирования новых наблюдений.

© О.Н. Николаева, Л.А. Ромашова, 2009

УДК 502.33(571.16)

О.Г. Невидимова¹, Е.П. Янкович²

¹ИМКЭС СО РАН, Томск

²ТПУ, Томск

ПОДХОД К РАНЖИРОВАНИЮ ТЕРРИТОРИИ ПО СТЕПЕНИ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ

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

²The Institute of Geology and Oil & Gas Industries, Tomsk Polytechnic University

30 Lenin Avenue, Tomsk, 634050, Russian Federation

THE APPROACH TO TERRITORY RANGING ON DEGREE OF SAFETY OF NATURE MANAGEMENT

In the article is shown the approach to territory ranging on degree of the nature management safety, based on definition of climatic and hydrological tension factors. Initial data were processed with use of GIS Technology.

Проблемы безопасности природопользования становятся в настоящее время объектом все большего внимания, определяя приоритеты при обосновании стратегии освоения территорий и экологических позиций выбора ключевых видов природопользования на любом уровне (глобальном, региональном и др.). Большое значение для регламентации развития того или иного вида природопользования имеют региональные аспекты экологической безопасности, когда учитывается уязвимость как природно-территориального комплекса, так и конкретного ландшафта или экосистемы.

В условиях изменения климата – одного из важнейших факторов, влияющих на освоение и развитие региона и определяющих уникальность его гидрометеорологических особенностей, – проблема безопасности природопользования приобрела острое звучание, особенно в регионах со сложными природно-климатическими условиями для развития почти всех видов природопользования.

Характерной в этом отношении является Томская область – классический пример региона интенсивного использования природных ресурсов, высокого сырьевого потенциала и суровых климатических условий. Так, разработка нефтяных месторождений, являющихся основой промышленности Томской области, осуществляется в условиях экстремальных температур воздуха, когда зимой температура опускается до -50 °С, а годовые амплитуды превышают 60°С [1].

Для целей районирования исследуемой территории по степени безопасности природопользования анализируются природные факторы, связанные с климатическими и гидрологическими условиями территории. В основу исследования положены статистические данные за последний 30-летний период по 21 метеостанции и 13 гидропостам, которые расположены в разных климатических и природных зонах Томской области.

Для достижения поставленной цели были решены следующие задачи.

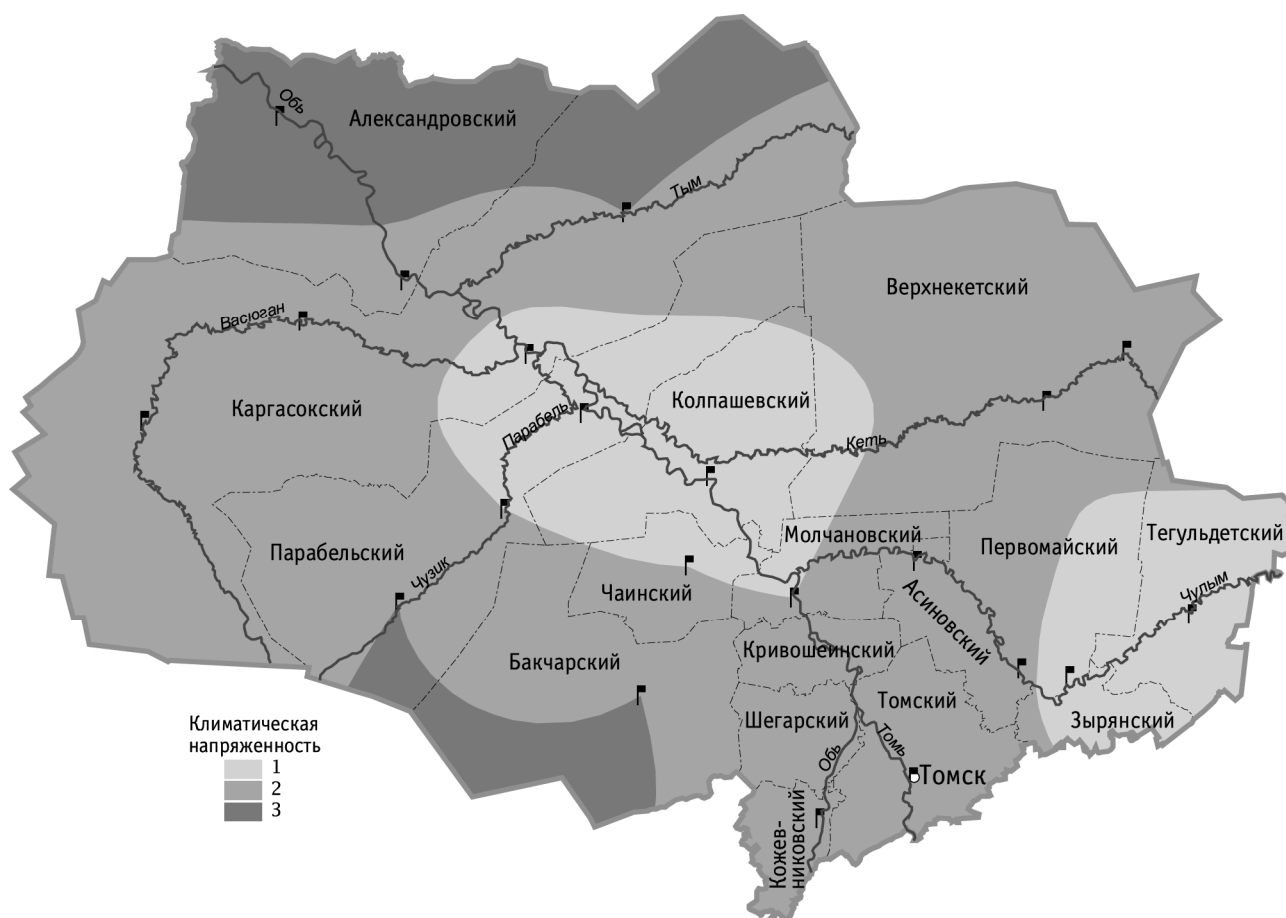
1. Из комплекса природных факторов выделялись те, которые могут быть опасными для исследуемого субъекта хозяйствования или вида деятельности и могут привести к деградации экосистемы; определялись источники, вид, структура и параметры опасных природных процессов. Анализ сформированной нами базы данных по опасным метеорологическим и гидрологическим явлениям Томской области позволил классифицировать основные опасности природного характера. Главными видами опасностей на территории Томской области являются ливневые осадки, гидрологические явления, лесные пожары, обусловленные природными факторами, повторяемость случаев с бурными и эрозионноопасными ветрами, низкие температуры, в том числе поздневесенние и раннеосенние заморозки, дефицит осадков в южных районах области. По частоте проявления опасных природно-климатических событий область характеризуется как территория с умеренной опасностью – в различных районах области происходит от 110 до 165 опасных явлений в год.

В зависимости от видов опасных процессов посредством установления природных взаимосвязей и критериев определялись коэффициенты напряженности, характеризующие уязвимость территории. Для Томской области рассчитывались климатическая и гидрологическая напряженности. Определение коэффициентов напряженности позволяет проранжировать территорию области по степени безопасности природопользования.

2. Комплексный коэффициент напряженности климата [2] – жесткость климата выражается в процентах от максимально возможной напряженности и

рассчитывается следующим образом
$$NC = \frac{\sum_{i=1}^7 n_i \times 100}{7}, \text{ где } n_i -$$
 коэффициент, соответствующий оценке по семи климатическим факторам: сила ветра (число дней в году со скоростью ветра 15 м/с и более); стока талых вод (условная среднесуточная интенсивность снеготаяния); колебание температур (максимальная амплитуда на поверхности почвы в апреле – период особой неустойчивости температурного режима); ливни (максимальное число дней в году с ливнями); воздействия гроз (максимальное количество гроз в году); засухи (максимальное количество дней в году с влажностью воздуха ниже 30 %); низкие температуры (максимальное число дней в году с температурой воздуха -35 °С и ниже). Каждому показателю, кроме показателя засухи, в зависимости от количественной характеристики присваивается коэффициент по шкале от 0,1 до 1. Показатели оценки опасности засух ранжированы от 0,1 до

0,55. Размерность этой шкалы определяется сравнительно высокой влажностью воздуха в условиях юго-востока Западной Сибири.



В частности, было выявлено, что к районам с высоким показателем жесткости климата относятся не только север Томской области, так и юго-западная часть области. На севере основные опасности обусловлены температурным фоном. На юге главными лимитирующими факторами являются дефицит осадков в различные периоды вегетации, интенсивность снеготаяния, вызывающая ливневую эрозию (оврагообразование), плоскостной смыв, подтопление хозяйственных объектов талыми водами.

крупных рек области (Обь, Кеть, Чулым) на данную территорию, оказывающих «отепляющий» эффект [3], который обуславливает, в том числе и отсутствие резких колебаний температур в вегетационный период, и меньшую опасность ветровой эрозии.

3. В общей структуре природных опасностей одно из ведущих место занимают гидрологические явления. В Томской области автомобильная и железнодорожная сети развиты относительно слабо, что является основной причиной зависимости различных видов хозяйствования от речного транспорта и продолжительности навигационного периода. Поэтому гидрологические условия оказывают значительное влияние на особенности природопользования в Томской области. Гидрологическая напряженность рассчитывается по

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

5 гидрологических факторов: низкий уровень воды в реке (максимальное количество дней в году с низким уровнем); ледовые явления (комплексный показатель, в котором учитываются продолжительность ледоходов, продолжительность ледостава и ранее начало ледовых явлений); высокий уровень воды (максимальная продолжительность 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 на рис. 2.

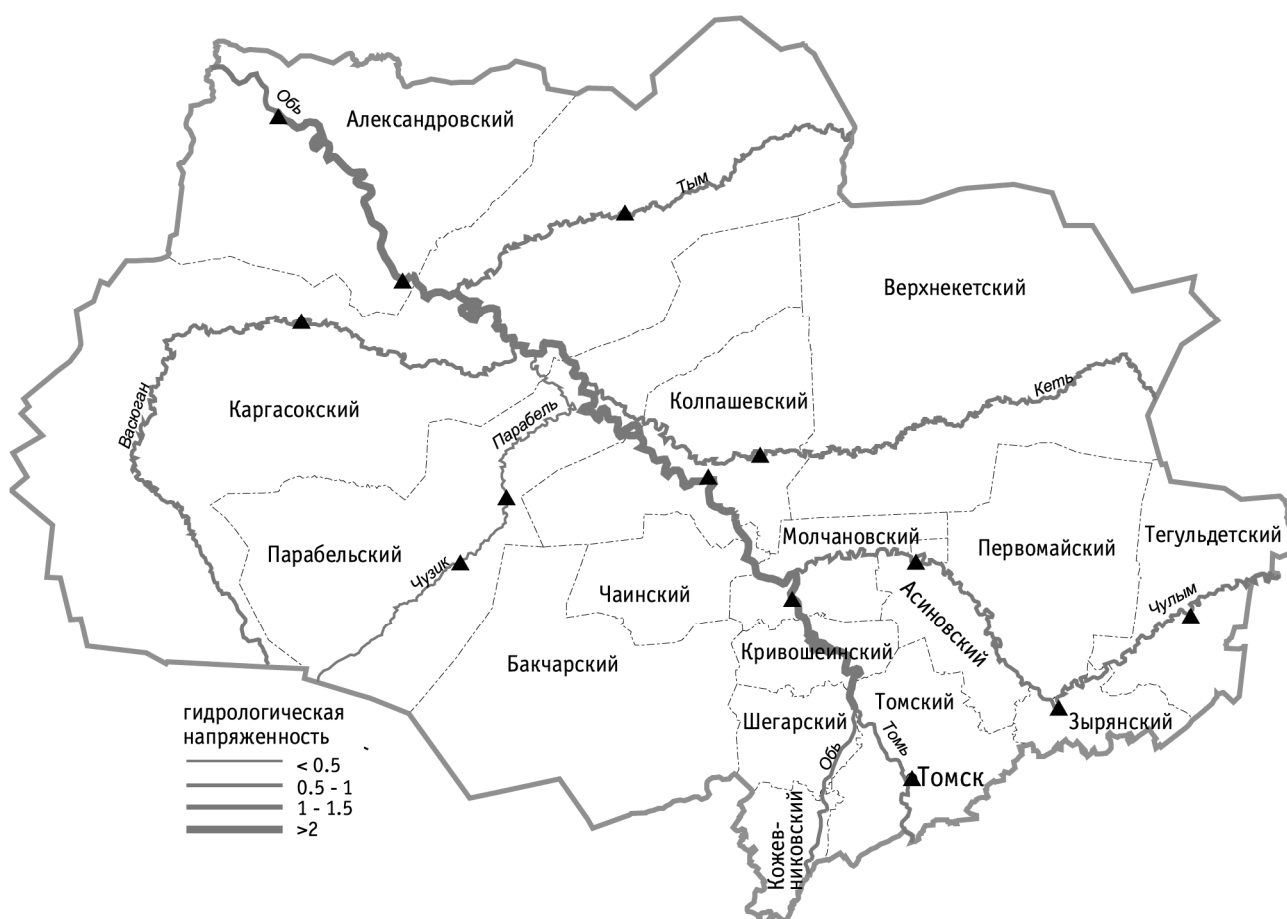


Рис. 2. Ранжирование территории по гидрологической напряженности

Для Оби основным фактором в структуре гидрологических явлений является объем стока наносов, рост которого ведет к увеличению интенсивности эрозионно-аккумулятивного процесса и деформаций русла реки, его переформированию и, следовательно, к возрастанию таких видов возможной опасности как снижение противозерозионной устойчивости береговых склонов, интенсификация склоновых процессов и т. д. Для таких крупных притоков Оби как Томь, Чулым, Кеть существенными факторами в формировании напряженности становятся продолжительность стояния высоких вод и интенсивность поступления талых вод, когда возможно затопление пониженных участков местности, сельхозугодий и полей, повреждение транспортных объектов. Для средних и небольших притоков (Чузик, Тым) значительный вклад в гидрологическую напряженность вносят ледовые явления и низкий уровень воды. Такое явление как раннее образование ледостава обеспечивает смещение предельных навигационных сроков. Значительная неравномерность стока на небольших реках приводит к тому, что критические уровни, ниже которых нарушаются условия судоходства, на некоторых реках могут наблюдаться почти ежегодно в течение 2 или даже 4 месяцев. Что и обеспечивает высокий уровень опасности данного гидрологического явления.

Мозаичность оценок по реке Обь обусловлена неоднородностью влияния таких факторов как интенсивность поступления талых вод (южные районы),

колебания объема стока наносов: некоторое снижение (Колпашевский район) и увеличение в зонах влияния и районах впадения рек Васюган, Парабель.

Таким образом, полученные результаты позволяют уточнить общие оценки variability климатических и гидрологических условий для Томской области и, на фактическом материале с использованием ArcGIS проранжировать территорию области по степени климатической и гидрологической напряженности. Полученные результаты послужат основой для районирования территории области по степени безопасности природопользования и в тех случаях, когда необходимо учитывать другие факторы, оказывающие влияние на экологическую безопасность территории. Выделение территорий с большей или меньшей степенью опасности природных процессов необходимо для планирования новых видов природопользования и для реализации плана мер, направленных на снижение социальных и экономических ущербов. Выполнение такой задачи возможно только с использованием современных геоинформационных технологий.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Евсеева Н.С. География Томской области. Природные условия и ресурсы / Н.С. Евсеева. – Томск: Изд-во Томского ун-та, 2001. – 223 с.
2. Майорова Л.П., Нарбут Н.А., Зархина Е.С., Сохина Э.М. Ранжирование территории по экологической напряженности (на примере административных районов Хабаровского края). Метод. разработка. – Хабаровск: ДВО АН СССР, 1990. – 39 с.
3. Природные ресурсы Томской области / А.Г. Дюкарев, Ю.А. Львов, В.А. Хмелев. Отв. ред. И.М. Гаджиев, А.А. Земцов. – Новосибирск: Наука, 1991. – 175 с.

© О.Г. Невидимова, Е.П. Янкович, 2009

УДК 581:55

Н.П. Миронычева-Токарева

СГГА, Новосибирск

Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, Новосибирск

ЭВОЛЮЦИЯ РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА ЛУГОВ ЮЖНОГО УРАЛА

N.P. Mironycheva-Tokareva

SSGA, Novosibirsk

The Institute of Soils Science and Agrochemistry of the Siberian Division of Russian Academy of Sciences

EVOLUTION OF SOUTHERN URALS MEADOW GROWTH

The paper describes transformation processes of meadow growth in forest-steppe zone of southern Urals. It has been found out that the formation and anthropogenic degradation of meadows is based on three primary types of plant associations: steppe meadows, those of small-leaved forests and uremas. At the first stage of anthropogenic degradation the poiums are characterized by a wide ecological and phytocenosis variety and rich floristic composition. Later on the variety of associations significantly reduces. At the third stage the convergence results in small-grass meadows. In the process of anthropogenic degradation the primary steppe meadows get mesophytized, some of the true meadows become peaty. At this stage the poiums are underproductive but man-impact tolerant.

В настоящее время степные и лесные экосистемы Сибири и Урала подвержены отрицательному воздействию разнообразных антропогенных факторов. Негативная трансформация проявляется в изменении растительного и почвенного покрова. Происходит упрощение строения растительного сообщества, изменение величин чистой первичной продукции в результате уплотнения верхнего почвенного горизонта, вызванного перевыпасом.

Основной целью исследования пастбищ в степных районах являлась оценка степени трансформации растительного и почвенного покрова, вызванного нерегулируемым выпасом луговых экосистем. При обследовании луговых экосистем использовались следующие показатели: общее проективное покрытие, средняя высота травостоя, горизонтальная структура, видовая насыщенность, запасы надземной фитомассы, культурно-техническое состояние пастбищ и сенокосов, пастбищная нагрузка в условных головах на гектар, описание почвенных разрезов.

Было обследовано 283 тысячи гектаров сенокосов и пастбищ на юге Челябинской области, а так же для определения биологического урожая и запасов органического углерода были отобраны пробы растительного вещества по методикам, разработанным сотрудниками лаборатории. Обследуемая

территория расположена в степной зоне Зауральского пенеппена на Урало-Тобольском водоразделе и представляет собой равнину с холмисто-увалистым рельефом. Гидрологическая сеть районов развита слабо. У большинства рек сток зарегулирован, и вода используется для полива земель. По плоским и плоско-склоновым равнинам почвы представлены выщелоченными черноземами, по водораздельным повышениям, на вершинах пологих склонов – обыкновенные и южные.

В процессе длительного исторического развития растительные сообщества выработали ряд свойств направленных на максимальное использование солнечной энергии элементов питания и др. ресурсов неживой природы. В первую очередь к данным качествам сообществ следует отнести сбалансированный видовой состав, вертикальную и горизонтальную структуры (табл. 1).

При интенсивном выпасе в плане перестройки структуры сообществ наиболее рельефно выделяются два процесса: упрощение ярусной структуры угнетение возобновления травостоя. В природе они перекрываются и тесно связаны между собой. Угнетение возобновления у травянистых видов обычно связано с уничтожением их генеративных органов. Одновременно упрощаются горизонтальная и вертикальная структуры. В целом же наблюдается снижение биологической продуктивности фитоценоза.

Таблица 1. Изменение параметров луговых экосистем при их трансформации

Луга						
	Исходные	Трансформированные				
Параметры	Зональное сообщество	0 недеград.	I слабо деградир	II средне деград.	III сильно деград.	IV сбой
Общее проективное покрытие	75–95	75–90	70–80	60–70	40–50	20–30
Средняя высота	30–40	35–45	20–25	20–25	10–15	5–10
Горизонтальная структура %	однородная	однородная	пятнистая 15–20 %	пятнистая 20–25 %	25–40 % почвы оголено	40–60 % почвы оголено
Видовая насыщенность на 100 кв. м.	40–45	35–45	20–30	15–20	10–12	5–8
Луга						
	Исходные	Трансформированные				
Параметры	Зональное сообщество	0 недеград.	I слабо деградир	II средне деград.	III сильно деград.	IV сбой
Запас надземной фитомассы ц/га	7–12	5–7	2–6	2–6	2–3	> 1
Урожайность ц/га сухой массы	5–10	3–5	1–3	1–3	0,5–1	> 0,5

Культурно-техническое состояние пастбищ, сенокосов в баллах	0	0	1-2	2-3	3-4	5
Пастбищная нагрузка ус.гол./га	0,5–1	2–3	3–4	5–7	6–10	12–20

Травостой остепнённых лугов образован ксеромезофитным разнотравьем. Они встречаются на опушках колков и лесных массивов, а так же на северных экспозициях склонов сопок и разделяются на злаковые и разнотравно – злаковые. Злаковые луга представлены типчаково – мятликовыми, типчаково – тонконоговыми, тимофеевично – мятликовыми, типчаково – ковыльными ассоциациями с доминированием тимофеевки степной, мятлика узколистного, типчака, овсеца Шелля, ковыля перистого в верхнем ярусе. Второй ярус травостоя образуют вегетативные побеги злаков, лабазник обыкновенный, подмаренник настоящий, аконит бородатый, порезник сибирский. Урожайностью таких лугов колеблется в пределах 12–17 ц/га.

Разнотравно-злаковые – представлены порезниково-тимофеевичными, лабазниково-тимофеевичными растительными ассоциациями с доминированием тимофеевки степной, вейника наземного, мятлика узколистного, лабазника обыкновенного, душицы, зопника. васильков, зверобоя, душицы и клевера горного урожайностью 15–19 ц/га. Солонцовые трансформаты остепнённых лугов представлены растительными ассоциациями с доминированием овсяницы луговой, пырея ползучего, полевицы гигантской, лисохвоста лугового. Они образуют разнотравно – овсяницево-ежовые, лисохвостовые и полевицевые луга с урожайностью 13–18 ц/га. Из разнотравья в них встречаются подмаренники настоящий и русский, поповник, чины луговая и клубненосная, синюха голубая, герань луговая, огоньки, лабазник вязолистный.

Злаково-разнотравные остепненные луга, в прошлом занимавшие основные незалесенные территории водоразделов, а также пологие склоны, сохранились лишь небольшими участками по неудобным для распашки местоположениям, опушкам лесов, склонам разной экспозиции. Имея переходный характер между настоящими лугами и луговыми степями, они, так же как и луговые степи, отличаются богатством видового состава, полидоминантностью и довольно разнородным экологическим спектром. Обычно в травостое содоминируют лугово-степные мезоксерофиты: *Poa phleoides*, *Poa angustifolia*, *Calamagrostis epigeios*, заметное участие принимают ксерофиты – *Festuca valesiaca*, *Koeleria cristata* и мезофиты – *Dactylis glomerata*, *Elytrigia repens*, *Bromopsis inermis*. Из группы разнотравья наибольшее значение имеют *Filipendula vulgaris*, *Galium verum*, *Fragaria viridis*, *Phlomis tuberosa*. Постоянно присутствуют осоки, обильны бобовые – те же виды, что преобладают и в луговых степях. Такие луговые сообщества устойчивы к воздействию умеренного сенокоса, на них сохраняется равномерное распределение

видов, густой, довольно высокий, многовидовой и высокопродуктивный травостой. Под воздействием умеренного выпаса, а так же постоянного выкашивания злаково-разнотравные остепненные луга трансформируются в мятликово-разнотравные, отличающиеся содоминированием мятлика узколистного и видов группы разнотравья. При усилении пастбищной нагрузки разнотравье выпадает и следующая стадия характеризуется абсолютным преобладанием мятлика узколистного.

Мятликово – разнотравные остепненные луга используются под выпас, под сенокос или под то и другое. Они имеют густой травостой. Основная масса его расположена до высоты 40 см, с наиболее насыщенным горизонтом – от 0–20 см. Травостой обычно равномерный. Мятлик и большинство других видов диффузно располагаются в фитоценозах, пятнами разрастаются обычно горошки. Неоднородность травостоя наблюдается на нарушенных участках, где образуются куртины *Fragaria viridis*, *Potentilla argentea* и др. Разнотравно-мятликовые луга в I разреженном ярусе (70–90 см) содержат *Phlomis tuberosa*, *Filipendula vulgaris*; II ярус (30–50 см) сформирован доминантами (*Poa angustifolia*, *Medicago falcata*) и более низким разнотравьем (*Galiwn verum*, *Achillea millefolium*). Третий ярус (10–20 см) состоит из *Fragaria viridis* и другого разнотравья. По сравнению с исходными лугами мятликово-разнотравные луга беднее в видовом отношении, более разрежены и менее продуктивны. В зависимости от степени стравленности среди мятликовых лугов пастбищного использования выделяется несколько стадий пастбищной дигрессии. При умеренном выпасе формируются луга, подобные вышеописанным. Отличия состоят лишь в увеличении роли злаков, особенно мятлика, некотором снижении видовой насыщенности, разрастания, иногда в большом обилии *Medicago falcata*. На следующей стадии дигрессии продолжает увеличиваться роль злаков и уменьшаться – бобовых и разнотравья. Травостой густой, но пятнистый, средняя высота его достигает всего 18–25 см. Меняется и соотношение видов: меньше становится *Phleum phleoides*, *Medicago falcata*, *Anemone sylvestris*, *Pulsatilla patens*, увеличивается количество *Pulsatilla patens*, *Elytrigia repens*, *Koeleria cristata*, *Trifolium repens*, возрастает роль полыней и некоторых сорных видов. Часть видов не меняет обилия на разных стадиях дигрессии или хотя бы на двух первых, хорошо перенося умеренный и даже интенсивный выпас (*Fragaria viridis*, *Galiwn verum*). Многие виды, выдерживая интенсивный выпас, выпадают или уменьшают обилие при чрезмерном выпасе. В последнем случае уменьшается роль мятлика узколистного и формируются мятликово-разнотравные и разнотравные луга. В этих сообществах происходит упрощение структуры травостоя, заметное уменьшение его сомкнутости, снижение продуктивности и питательности корма, обеднение популяционного состава лугов. Большинство видов относится к плохо- и непоедаемым, а так же сорным. 26 Находящиеся на этой стадии дигрессии сообщества не способны к де-мутации. На стадии сбоя появляются участки, лишенные растительности, в травостое абсолютно преобладают сорные виды. Мятликовые остепненные луга, приуроченные к наиболее сухим место-обитаниям, в результате ксерофитизации, идущей здесь параллельно

деградации, сменяются злаково-мелкодерновинными или ксерофитными полынными вторичными степями.

Торфянистые и переувлажнённые луга занимают нижние позиции северных склонов, днища балок, блюдцеобразные понижения и берега маленьких рек и представлены щучковыми лугами с добавлением овсяницы луговой, тимофеевки и полевицы гигантской. Из разнотравья наиболее часто встречаются лабазник вязолистный, лютики, василистник прижатый, гравилат городской, чемерица Лобеля, осоки. Лисохвостово-лабазниковые луга встречаются в поймах рек. Луга полидоминантны. В качестве доминантов выступают вейник тростниковидный, осока дернистая, лабазник вязолистный, лисохвост луговой, ячмень короткоостистый и др. Зеленые мхи, занимающие самый нижний ярус, покрывают почву на 100–80 %.

Наиболее влажные местообитания занимают тростниково-лисохвостовые луга на болотно-солончаковой почве. В травяном покрове травяных лугов доминируют крупные злаки – *Phragmites australis*, *Alopecurus arundinacea*, *Scolochloa festucacea*, участие других злаков единично. Общее количество видов растений в отдельных сообществах 15–20, представителей разнотравья, встречающихся единично, 5–8. Высота основного яруса луговых фитоценозов 80–90 см, общее проективное покрытие травостоя в среднем 80–90 %, урожайность 20–25 ц/га. Такие луга используются в основном для сенокосения, выпас по отаве если и практикуется, то нерегулярный и с небольшой нагрузкой (0 стадия деградации). При таком использовании луга длительно сохраняют свою структуру и флористический состав, но при постоянном выпасе, особенно в весеннее время, доминирующий лисохвост тростниковидный быстро сокращает свое обилие и замещается на более стойкие к условиям выпаса *Puccinellia hauptiana* и *Agrostis stolonifera*. Крупные мезофильные злаки переходят на роль субдоминантов. Возрастает численность разнотравья (в 2 раза) и обилие отдельных видов – *Potentilla anserina*, *Plantago maxima*. Появляются луговые «сорно-галофильные» виды рудеральные сорные растения, толерантные к засолению. Число видов на участке увеличивается до 20–25. Проективное покрытие снижается до 50–60 %, урожайность – до 12–15 ц/га. Общее изменение структуры травостоя приводит к формированию дигрессивных (II стадия) тростниково-полевицевых, полевицево-бескильницевых с тростником, луговых сообществ, имеющих наибольшее распространение среди пойменных лугов. В этой стадии луга существуют при условии ежегодного опреснения их талыми водами. Но по мере обсыхания поймы, чему способствуют циклически повторяющиеся засушливые годы в сочетании с постоянным выпасом, идет процесс дальнейшего засоления почвенного покрова выпасаемых участков и в травяной покров активно внедряются галофильные виды. На микроповышениях с выцветами солей поселяются различные галофильные растения. В понижениях много сорных однолетников – марь красная, м. городская, лебеда плодоножковая, щавель морской, лютик ядовитый, из многолетников обычны клоповник широколистный, осока ржавая. В составе травостоя лугов резко сокращается обилие злаков – в роли субдоминанта сохраняются только низкие галофильные

злаки – *Puccinellia hauptiana* и *Agrostis stolonifera*. Число видов на участке сокращается до 7–12.

Выводы

1. Фитоценотическое разнообразие лугов лесостепи юга Челябинской области сводится к трем классам формаций (остепненные, настоящие и торфянистые).

2. Антропогенная, трансформация растительного покрова леостепного Зауралья привела к исчезновению естественных луговых сообществ, появлению на их месте квазинатуральных. В настоящее время наблюдается тенденция замены квазинатуральных лугов семикультурными и культурными. Однако часть квазинатуральных лугов (не менее 30 % площади кормовых угодий) должна быть сохранена во избежание утраты генетического фонда аборигенной луговой флоры.

3. Доля участия синантропных видов растений в составе луговых сообществ может служить критерием степени их антропогенной деградации. В связи с этим следует различать четыре стадии деградации лугов: I – слабую (внедрение в сообщество нескольких синантропных видов, с незначительным обилием), II – среднюю (внедрение большого количества видов, из которых один выступает в роли кодоминанта), III – сильную (обеднение флористического состава, уменьшение числа синантропных видов, выход одного из них на позицию доминанта)? IV – трансформация растительного сообщества в сообщества однолетних сорняков.

4. Формирование и антропогенная деградация лугов в лесостепном Зауралье осуществляется на базе трех исходных типов растительных сообществ: остепненных лугов, мелколиственных лесов и урем. На I стадии антропогенной деградации луговые сообщества еще характеризуются большим эколого-фитоценотическим разнообразием, богатством флористического состава. В дальнейшем разнообразие сообществ существенно сокращается, состав и структура их упрощаются, и на III стадии в результате конвергенции остаются лишь мелкотравные (*Potentilla anserina*), мелкозлаково-мелкотравные (*Trifolium repens* + *Poa pratensis*) и крупнозлаковые (*Deschampsia caespitosa*) луга. В ходе антропогенной деградации происходит мезофилизация первичных остепненных лугов, переход части настоящих лугов в категорию торфянистых. Луговые сообщества на III стадии деградации малопродуктивны, но обладают высокой антропотолерантностью.

УДК 504:553

Е.В. Миляева, Н.П. Миронычева-Токарева

СГГА, Новосибирск

ФИТОИНДИКАЦИЯ АНТРОПОГЕННО-НАРУШЕННЫХ ТЕРРИТОРИЙ ПРИ РАЗРАБОТКЕ НЕФТЯНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ (НА ПРИМЕРЕ ХМАО)

Ye.V. Milyayeva, N.P. Mironycheva-Tokareva

SSGA, Novosibirsk

PHYTOINDEXATION OF ANTHROPOGENOUS TERRITORIES IN THE DEVELOPMENT OF OIL POOLS (XMAO AS AN EXAMPLE)

The paper considers the problems of using phytoindexation methods for determining the degree of swamp ecosystems deterioration and the rate of their recovery. Ecosystem's response to the impact depends on its type and the impact force. During the seven years of seral transformations appreciable progress of the primary growth restoration has been noted on the experimental sites situated rather far from the disturbing factor.

Кроме трех известных экологических факторов (абиотические, биотические и антропогенные) существует еще одна группа факторов называемая пространственной, то есть влияние на живые биологические системы пространственной структуры, именуемой геометрией пространства. Геометрия пространства создается как естественными (формы земной поверхности, распределение организмов и их группировок в пространстве), так и антропогенными факторами. Изучение влияния геометрии ландшафтной системы в целом и экосистем его образующих очень важно для выявления степени устойчивости системы, определяемой пределом насыщения функциональных связей внутри нее и сложностью внутренней организации.

Геометрия пространства определяется хронологической составляющей. Ключевые понятия – масштаб, пространство, время, т. е. структура, функционирование и динамика экосистем зависят от масштаба ландшафтов, поскольку ландшафты – это пространственно-гетерогенные территории, которые определяются мозаикой различных местообитаний, определяющихся рельефом.

Способность к саморазвитию и самовосстановлению проявляются в исключительной динамичности большей части компонентов биоты и экосистемы в целом. Однако, как показывают наблюдения последних десятилетий, экосистемы, достигшие в своем развитии терминальных стадий, не всегда оказываются устойчивыми к антропогенным воздействиям. Очень часто развитие экосистем прерывается на субклимаксовых стадиях. В случае

заповедания в них начинаются восстановительные (демутационные) сукцессии, ведущие вначале к обновлению и увеличению биологического разнообразия, с последующей инвазией видов не характерных для данной экосистемы, в результате чего они превращается, через ряд восстановительных стадий, в новую экосистему.

Каждая серия изменений экосистем, даже если она вызвана одними и теми же причинами может протекать различно.

Соответственно этому главную цель наших исследований составляло выявление зональных особенностей некоторых форм динамики экосистем, избранных в качестве моделей. Познание их может способствовать решению ряда теоретических задач и практических задач.

Рассматривая вопрос об интенсивности антропогенного воздействия на экосистемы, целесообразно измерять его не в параметрах самих воздействий, а в параметрах состояния растительного и животного сообществ в экосистеме. Они применимы при учетах антропогенного воздействия на биологические системы. Воздействия могут быть различными по типу (загрязнения, пожары, заиления) и по силе (концентрация загрязнителей, интенсивность горения, мощность слоя заиления, глубина выработки грунта). Интенсивность различного типа воздействий несравнима в силу их разной физической природы. Реакции экосистем на воздействия также различны, что зависит от типа экосистем, типа воздействий и от их силы. Тем не менее, природа реакций на различные воздействия в основном одинакова: изменение численности популяций, состава видов, их продуктивности и физиологического состояния.

Одним из наиболее простых и универсальных методов оценки состояния экосистем является фитоиндикация. Она опробована в различных условиях и применима к широкому классу типов экосистем. Вопросы нарушения биологических сообществ должны рассматриваться с целью определения нормы нагрузки на сообщество. 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 возобновительной активности растительного слоя может проявляться двояко: в падении или возрастании интенсивности образования семян и степени нарушенности вегетативного возобновления. Изменения физиологического состояния отдельных видов растений выражаются в сокращении продолжительности жизни хвои, раннем усыхание листьев.

Изменение флористического состава является наиболее интересным аспектом реакции экосистем и по разнообразию его использования, и по универсальности применения, на чем основано большинство методов фитоиндикации. Изменения флористического состава складываются за счет выпадения свойственных данному местообитанию видов растений и внедрения видов первоначально ему чуждых.

Работы по определению степени нарушенности экосистем под воздействием факторов нефтедобычи в пространстве и во времени проводились

в территории Самотлорского месторождения (Ханты-Мансийский национальный округ).

На исследуемой территории был заложен километровый трансект на котором заложены экспериментальные площадки (10х10м) по дальности от места воздействия. Для каждого местообитания определялся вид воздействия: 1) вырубка древостоя; 2) механические нарушения растительности (проезд транспорта, тракторный разезд и пр.); 3) выемка грунта (бульдозерная расчистка, мелкая выемка торфа, ямы, канавы); 4) запыление (загрязнение минеральными частицами, проникающее с водой); 6) сильное заиливание и засыпка (плотный слой минерального грунта небольшой мощности, существенно не изменяющий рельефа); 7) фильтрационное загрязнение (ореол загрязнения, возникающего вследствие проникновения с болотными и грунтовыми водами растворимых солей из нефти); 8) общее загрязнение (загрязнение шламом, буровым раствором при отсутствии нефти); 9) нефтяное загрязнение (загрязнение с наличием пятен мазута и нефти); 10) подтопление; 11) гарь (в лесах, как правило, после низового пожара). Для каждого типа местообитания сделаны описания.

Трансект – 1 км (5 точек).

1. Мочажина – осока, вахта, пушица, веотрион, мхи.

2. Гряда – кустарнички, мхи, травы: пушица, вейник.

3. Грядово-мочажинный комплекс с сосной болотной, осокой, пушицей, кустарничками, травами. Сосна угнетена, верхушки высушены, высотой до 1,5 м, располагается единично, сомкнутости крон не образует. Гряды – 50 %, мочажины – 50 %.

4. Рям средний (сосняк болотный) – сосна болотная, высотой до 2 м, сомкнутость крон 0,3–0,5. Гряды – 80 %, мочажины – 20 %.

5. Рослый рям на минеральной почве. Бруснично-голубичный кустарниковый ярус, мхи, гипновые.

Для каждого конкретного местообитания набор видов разбивается на группы – мхи; травы; кустарнички.

Проективное покрытие мхов при загрязнении уменьшалось из года в год на расстояниях 100 м, 500 м и 1 000 м от факела загрязнения в течение четырех лет наблюдений. Через семь лет проективное покрытие мхами значительно увеличилось (на 500-х метрах покрытие возросло на 20 %).

За годы наблюдений количество не характерных видов трав накапливается, причем наиболее четко это проявляется на первых трех точках (мочажина, гряда, грядово-мочажинный комплекс). Доля сорных видов трав возрастает с каждым годом. В отличие от не характерных видов резкое увеличение сорных видов трав наблюдается на последних двух точках (рям средний, рям рослый).

Проективное покрытие кустарничками резко увеличивается за семь лет только на расстоянии 1 000 м от факела загрязнения. На расстоянии 100 м и 500 м они практически не изменяются (рис. 1).

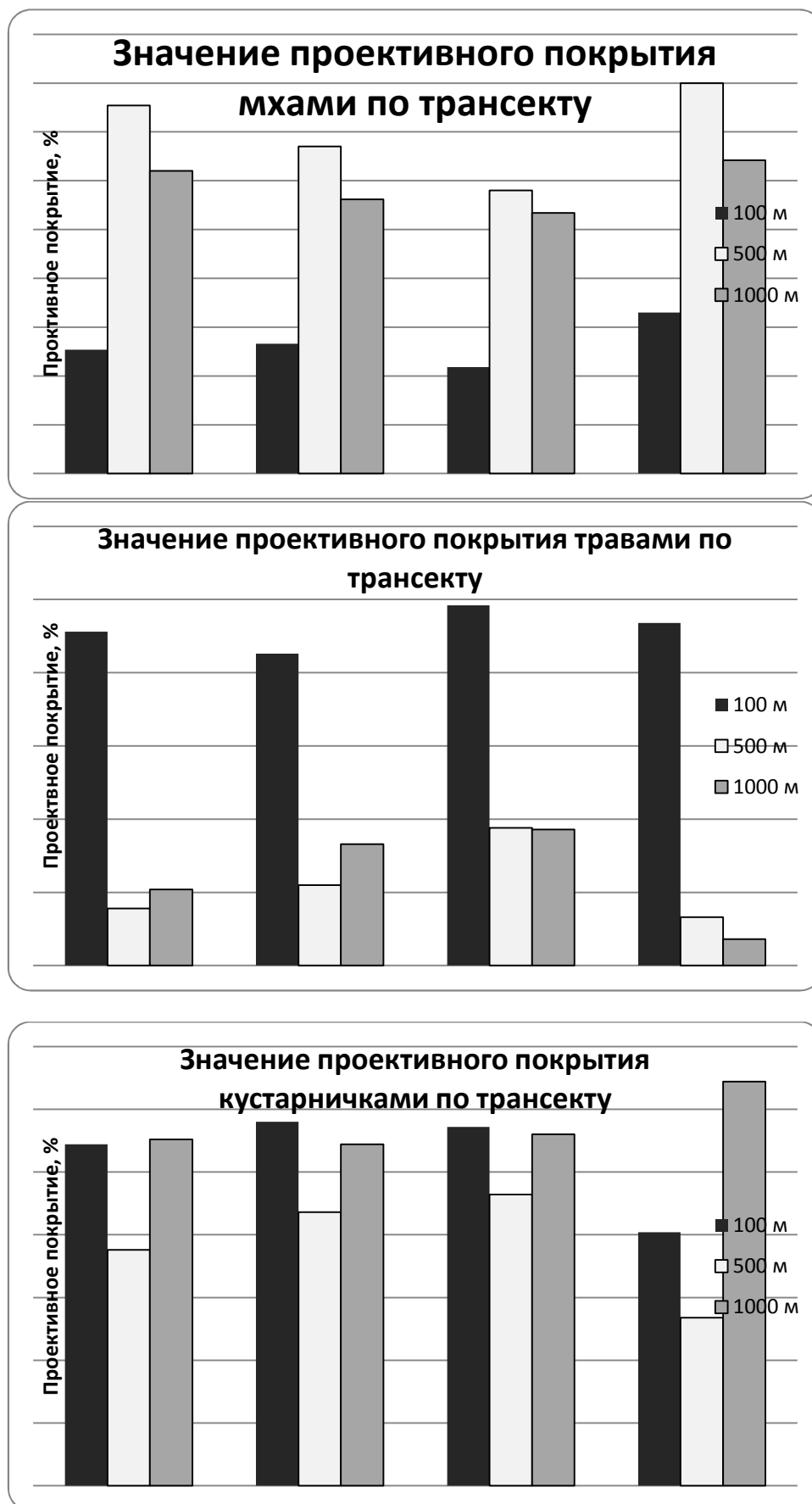


Рис. 1. Значение проективного покрытия по трансекту

Выводы:

Общая площадь проективного покрытия на экспериментальных площадках по трансекту за 7 лет сукцессионных преобразований не уменьшилась. Площадь проективного покрытия мхами по всему трансекту не увеличилась, что говорит о низкой возобновляемости сфагновых мхов.

Проективное покрытие травами велико только на самых близких площадках к фронту загрязнения, видимо требуется значительное время для восстановления примерно исходных ассоциаций растительности соответствующей грядово-мочажинному комплексу.

Кустарничковый ярус увеличивает скорость экспансии на площадках в значительном удалении от фронта разрушения.

В целом за семь лет восстановительной сукцессии последствия нефтедобычи произошло незначительное восстановление исходных растительных сообществ.

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, 2009*

УДК 551.52

К.П. Куценогий, В.И. Макаров, Ю.Н. Самсонов

Институт химической кинетики и горения СО РАН, Новосибирск

Л.К. Трубина

СГГА, Новосибирск

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АЭРОЗОЛЬНОГО ГЕНЕРАТОРА С РЕГУЛИРОВАНИЕМ ДИСПЕРСНОГО СОСТАВА ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННОЙ ИЗМЕНЧИВОСТИ ОПТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК АЭРОЗОЛЬНЫХ ЭМИССИЙ И ТУМАНОВ В ПРИЗЕМНОМ СЛОЕ АТМОСФЕРЫ

K.P. Koutzenogii, V.I. Makarov, Yu.N. Samsonov

Institute of Chemical Kinetics and Combustion SB RAS, Novosibirsk

L.K. Trubina

Siberian State Academy of Geodesy (SSGA)

10 Plakhotnogo Ul., Novosibirsk, 630108, Russian Federation

AEROSOL GENERATOR WITH OPERATED PARTICLE SIZE DISTRIBUTION USED TO MODEL SPATIAL-TEMPORAL VARIABILITY OF THE OPTIC CHARACTERISTICS OF AEROSOL EMISSION AND FOGS IN A ATMOSPHERIC SURFACE LAYER

Optical characteristics of atmospheric aerosols and fogs are determined by particle size distribution, concentration and a geometrical shape of clouds. However, in a real atmosphere, it is difficult, in most of the cases, to measure these characteristics simultaneously, because they strongly vary in time and space. In the 80–90-s, researchers of the Institute of Chemical Kinetics and Combustion, SB RAS, developed and produced movable aerosol generators of operated particle size distribution in (GCD) in range from about 0,5 to 30 mkμm and with a power up to 30 l/min of liquid solution. Initial height of aerosol emission of 2 to 12 m for a movable generator (modeled linear source) and up to 30–50 m for an immovable generator (point source). A digital stereophotogrammetry technology has been developed to describe the dispersion aerosol cloud produced by GRD. The stereophotogrammetry data can be used both to determine diffusion characteristics and to describe the geometry of a trajectory of aerosol cloud motion caused by slower variations in wind velocity and direction in atmospheric surface and boundary atmospheric layers. Examples are presented of both real field experiments of the spatial-temporal variability of geometrical dimensions of an aerosol cloud and of the optical characteristics of an aerosol cloud at $\lambda = 0,638$ and $\lambda = 12$ mkμm using laser sounding.

Оптические характеристики атмосферных аэрозолей и туманов определяются спектром размеров частиц, их концентрацией и геометрической формой облаков. Однако в реальной атмосфере в большинстве случаев эти

характеристики одновременно измерить очень трудно, так как они сильно изменяются и во времени и в пространстве. Пространственно-временная изменчивость траектории движения и форма аэрозольного облака зависят от метеорологических условий, характеристик подстилающей поверхности (динамическая и термическая неоднородности), типа источника (точечный или линейный) и физико-химических процессов при образовании аэрозольного облака (термоконденсационный или пневматический режимы).

В 80–90-е годы в ИХКГ СО РАН были разработаны и изготовлены мобильные аэрозольные генераторы с регулируемой дисперсностью (ГРД) в диапазоне регулирования размеров от $\sim 0,5$ до 30 мкм, с мощностью до 30 л/мин жидкого раствора, с начальной высотой выброса аэрозолей от 2-х до 12 м для движущегося генератора (линейно-протяженный аэрозольный источник) и до 30–50 м для неподвижного агрегата (точечный источник). На рис. 1 показан пример моделирования пространственно-временной изменчивости аэрозольного облака с помощью ГРД.

Рис. 1. Пример моделирования пространственно-временной изменчивости аэрозольного облака с помощью ГРД

Фотоснимки аэрозольных облаков разного дисперсного состава: субмикронного ($d \sim 0,5$ мкм) и грубодисперсного размера ($d \sim 20$ мкм) при различных метеорологических условиях: в утреннее и вечернее (нейтральная стратификация в приземном и пограничном слоях атмосферы) приведены на рис. 2.

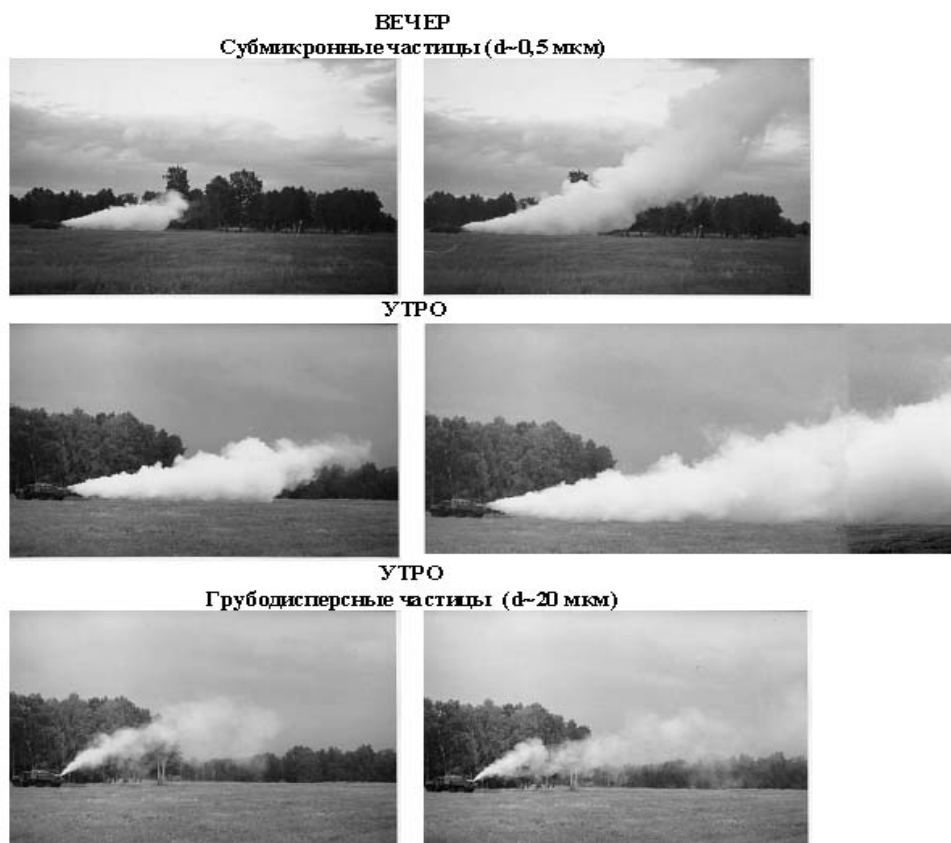


Рис. 2. Распространение дымового аэрозольного облака от ГРД в разных метеофизических условиях

На снимках видны различия в форме и плотности аэрозольных облаков, что объясняется разным размером составляющих их частиц. В частности, аэрозольное облако субмикронных частиц генерируется при термоконденсационном режиме, и поэтому его начальная температура несколько выше, чем при создании облака грубодисперсных аэрозольных частиц.

В период с 2001 по 2004 год для фиксирования динамики распространения генерируемого облака разработана методика цифровой стереофотосъемки, позволяющая получать цифровые трёхмерные модели характеристики подстилающей поверхности и формы и траектории движения аэрозольного облака.

Основные процессы технологии наземной стереосъемки:

- Выбор положения и маркировка точек опорной сети и их маркировка с учетом размещения ГРД и розы ветров на момент съемки;
- Синхронная стереосъемка генерируемых аэрозольных облаков двумя цифровыми камерами;
- Геодезическое обеспечение;
- Цифровая обработка полученных стереопар;
- Вычисление параметров, характеризующих динамику распространения аэрозольного облака.

Примеры использования этой методики представлены на рис. 3.

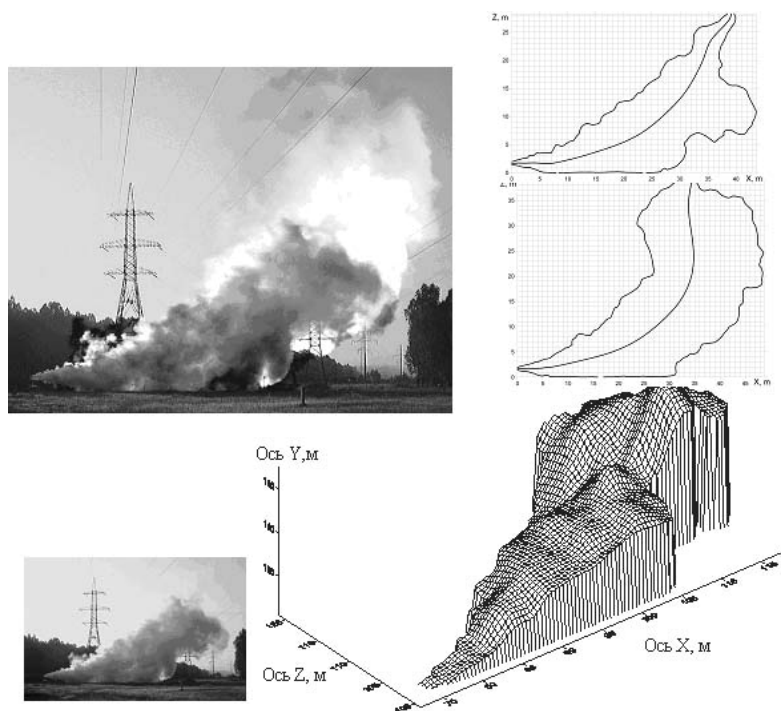
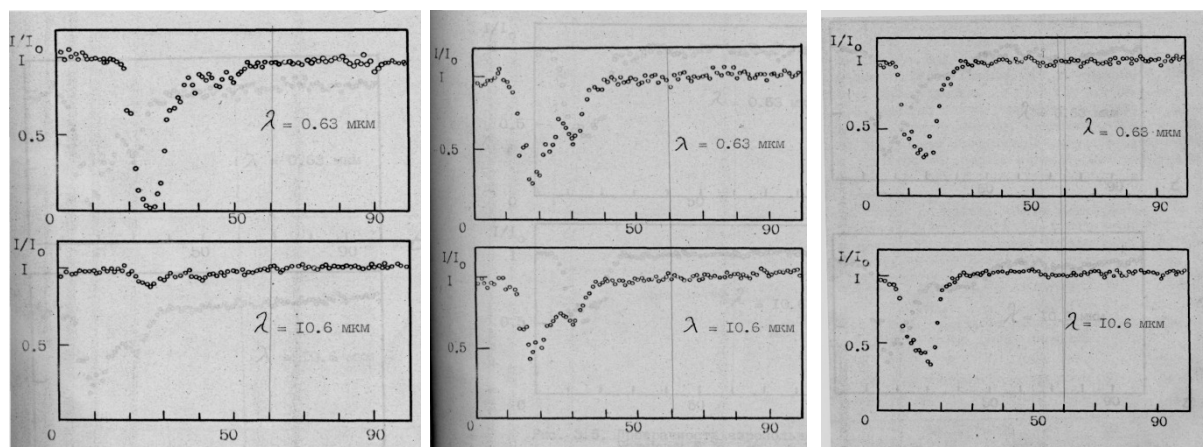


Рис. 3. Результаты определения формы распространения аэрозольного облака по материалам наземной фотосъемки

Материалы наземной стереосъемки позволяют, наряду с определением диффузионных характеристик, описать геометрию сложной траектории движения дымовой струи, обусловленной более медленными изменениями скорости и направления ветра в приземном и пограничном слое атмосферы [1–5].

На рис. 4 приведены примеры изменения оптического ослабления аэрозольного облака различного дисперсного состава с использованием лазерного зондирования излучением гелий-неонового ($\lambda = 0.638$ мкм) и CO_2 лазеров ($\lambda = 10.6$ мкм).



Прозрачность
аэрозольного облака.
Термомеханический
источник, $d_m = 0,68$ мкм
 $\sigma_g = 1,62$

Прозрачность
аэрозольного облака.
Пневматический
режим, $d_m = 8,9$ мкм σ_g
 $= 2$

Прозрачность
аэрозольного облака.
Пневматический
режим, $d_m = 19$ мкм σ_g
 $= 2,3$

Рис. 4. Измерение оптической прозрачности аэрозольного облака от ГРД с использованием лазерного зондирования

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Куценогий К.П., Макаров В.И., Самсонов Ю.Н. и др. Экспериментальное исследование поведения аэрозольного облака в условиях динамической неоднородности. Тр. Международной конференции RDAMA-2001. Т. 6, 4.2, Спецвыпуск. – Новосибирск, 2001. – С. 255–260.
2. Куценогий К.П., Макаров В.И., Трубина Л.К. Определение геометрии дымового шлейфа от аэрозольного генератора методом цифровой стереофотограмметрии // Оптика атмосферы и океана. – 2004. – Т. 17. – № 4. – С. 339–344.
3. Трубина Л.К., Куценогий К.П. Использование цифровой стереофотограмметрии и ГИС-технологий для описания динамической неоднородности подстилающей поверхности // Оптика атмосферы и океана. – 2002. – Т. 15. – № 5–6. – С. 511–514.

4. Трубина Л.К., Куценогий К.П. Цифровая стереофотограмметрия и ГИС-технологии в исследовании атмосферных аэрозолей // География и природные ресурсы. Специальный выпуск. – 2004. – С. 39–43.

5. Куценогий К.П., Трубина Л.К. Цифровые фотограмметрические технологии в системе геоэкологического мониторинга. В кн.: Аэрозоли Сибири, Интеграционные проекты. Вып. 9, ч. 4. – Новосибирск, 2006. – С. 489–508.

© К.П. Куценогий, В.И. Макаров, Ю.Н. Самсонов, Л.К. Трубина, 2009

УДК 504 (571.14)

П.В. Кужельная

СГГА, Новосибирск

ИЗМЕНЕНИЕ КАЧЕСТВА ВОДЫ РЕК НОВОСИБИРСКА В РЕЗУЛЬТАТЕ УРБАНИЗАЦИИ

P.V. Kuzhel'naya

SSGA, Novosibirsk

URBANIZATION EFFECT ON THE QUALITY OF WATER IN NOVOSIBIRSK RIVERS

Urbanization resulted in significant deterioration of small rivers water quality. The rivers are mostly polluted with domestic waste and manufacturing waters. Small reservoirs become a kind of sewage pipes extension. Nowadays their hydrological regime depends on the wastewater outfall conditions, with the water qualitative composition being nearly that of poorly treated sewage waters.

Процесс урбанизации в Новосибирске получил ускорение с момента образования Новосибирского водохранилища, которое завершилось в 1959 году. С этого времени реки города со своими притоками, ручьями, в пределах урбанизированной зоны, испытали значительную трансформацию.

На первоначальных этапах развития Новосибирска водный фактор играл определяющую роль в формировании городской застройки, являясь стратегическим и локализирующим для города. По мере ускорения процесса урбанизации в Новосибирске проводились многочисленные мелиоративные работы, цель которых - увеличить площадь полезных для сельскохозяйственной и градостроительной деятельности земель. В настоящее время можно говорить о следующих экологических проблемах:

- Число мелких рек искусственно сокращено, в результате создания Новосибирского водохранилища изменены естественные пойменные комплексы;

- В результате реализации градостроительных, планировочных мероприятий экологическая, эстетическая и планировочно-организационная роль рек значительно снижена;

- Происходит вторичное заболачивание земель.

Поэтому был проведен пространственный анализ различий качества воды рр. Обь, Иня, Бердь, Каменка, Ельцовка 1 и 2, Тула и Плющиха, рассчитанного с учетом содержания взвешенных веществ, растворенного кислорода, БПК₅, азота аммонийного, азота нитритного, азота нитратного, хлоридов и сульфатов.

Для этого была создана база данных с 1951 по 1999 года (до образования водохранилища и по наши дни), где найдены интегральные статистические оценки распространенности:

- Статистический уровень значимости коэффициента корреляции (r);
- Среднее арифметическое (M),
- Средняя распределения (Me);
- Минимум и максимум значений.

Данные приведены в табл. 1.

Таблица 1. Изменение качества воды рек в районе Новосибирска за 30 лет

	взвешенные вещества	растворенный кислород	БПК ₅	аммоний	нитриты	нитраты	хлориды	сульфаты
Водохранилище	-0,2	0,22	0,05	0,962	0,183	-0,57	-0,2	-0,1
	p = 0,2	p = 0,24	p = 0,77	p = 0,00	p = 0,439	p = 0,009	p = 0,4	p = 0,5
М	19,7	10,02	1,97	1,17	0,0109	0,332	8,3	21,4
Ме	14,7	9,83	1,78	1,68	0,0070	0,105	6,4	19,1
Мин	0,0	5,8	1,04	0,00	0,000	0,020	2,6	8,2
Мак	105	12,5	5	2,46	0,0350	2,1	42,0	66,5
Обь	- 0,3	0,01	0,22	0,312	0,2068	0,183	0,03	0,2
	p = 0,0	p = 0,87	p = 0,00	p = 0,00	p = 0,013	p = 0,017	p = 0,7	p = 0,0
М	81,7	9,72	2,26	0,299	0,0452	0,254	5,9	14,4
Ме	20,7	9,95	1,82	0,09	0,0057	0,15	4,1	12,2
Мин	0,0	1,93	0,4	0,00	0,0000	0,0	0,6	2,8
Мак	1430	15,3	10,01	4	0,780	3,3	76,0	54,3
Иня	- 0,4	-0,11	0,38	0,608	0,2254	0,113	0,7	0,5
	p = 0,1	p = 0,7	p = 0,14	p = 0,00	p = 0,505	p = 0,755	p = 0,0	p = 0,02
М	65,5	9,5	3,33	0,356	0,0192	0,502	7,1	49,6
Ме	21,4	9,64	2,64	0,12	0,0150	0,39	5,2	35,9
Мин	1,0	1,24	1,32	0,00	0,0040	0,2	1,9	16
Мак	435	15	8,95	1,71	0,0380	1,58	13,5	126,5
Бердь	-0,7	-0,18	-0,19	-0,208	-0,0957	-0,165	-0,0	0,2
	p = 0,2	p = 0,65	p = 0,57	p = 0,538	p = 0,878	p = 0,649	p = 0,9	p = 0,4
М	154,2	10,28	1,83	0,105	0,0016	0,07	3,1	8
Ме	14	10,23	1,5	0,103	0,0010	0,02	3	8
Мин	5	8,61	1,07	0,03	0,0005	0,00	1,5	3,5
Мак	584,0	11,86	3,2	0,278	0,0031	0,32	4,4	11,9
Каменка	-0,3	-0,12	-0,49	0,046	-0,3193	-0,231	-0,1	-0,2
	p = 0,2	p = 0,71	p = 0,14	p = 0,913	p = 0,338	p = 0,494	p = 0,6	p = 0,4

Продолжение табл. 1

	взвешенные вещества	растворенный кислород	БПК5	аммоний	нитриты	нитраты	хлориды	сульфаты
Водохранилище	-0,2	0,22	0,05	0,962	0,183	-0,57	-0,2	-0,1
	p = 0,2	p = 0,24	p = 0,77	p = 0,00	p = 0,439	p = 0,009	p = 0,4	p = 0,5
М	206,3	6,31	20,69	4,513	1,2845	1,152	45	36
Ме	100,0	6,05	21,05	4,48	0,9300	0,57	42,5	34,1
Мин	19,4	1,89	3,75	0,1	0,0020	0,05	16,4	24,9
Мак	827,3	12,8	43,5	10	5,4000	5,88	76,4	46,9
Ельцовка 2	-0,3	0,25	-0,54	-0,78	-0,32	-0,35	0,2	-0,3
	p = 0,1	p = 0,29	p = 0,01	p = 0,00	p = 0,182	p = 0,143	p = 0,4	p = 0,1
М	325,3	7,88	18,84	3,756	1,5495	1,027	50,2	61
Ме	154,9	8,06	5,57	2,85	0,0900	0,495	40,2	58
Мин	9,5	1,06	0,00	0,02	0,0008	0,010	12,7	30,8
Мак	1777,0	14,9	95	10,5	26,600	5,55	102,6	100,4
Ельцовка 1	-0,1	0,26	-0,55	-0,335	0,0969	-0,340	-0,07	0,1
	p = 0,5	p = 0,30	p = 0,00	p = 0,174	p = 0,711	p = 0,167	p = 0,8	p = 0,5
М	349,0	7,53	37,20	5,123	0,3888	1,601	166,7	57,1
Ме	218,6	7,49	14,17	4,465	0,1140	0,875	61,7	49,8
Мин	52,0	0,92	0,00	0,04	0,0050	0,41	25,5	29
Мак	1175,9	15,4	151,5	14	3,540	13,3	765	121,5
Тула	-0,1	-0,08	-0,32	-0,328	-0,1575	-0,037	-0,6	-0,3
	p = 0,5	p = 0,74	p = 0,18	p = 0,184	p = 0,520	p = 0,878	p = 0,1	p = 0,1
М	212,1	7,58	7,13	2,131	0,1595	0,432	76,4	48,1
Ме	109,0	7,9	3,03	1,985	0,0470	0,27	77,8	43,3
Мин	19,7	1,74	0,00	0,08	0,0010	0,01	22,3	29,6
Мак	2300,0	11,24	40	9,760	1,340	2,2	132,4	94
Плющиха	-0,1	0,00	0,04	0,229	0,528	-0,014	0,5	-0,7
	p = 0,8	p = 0,99	p = 0,95	p = 0,71	p = 0,360	p = 0,981	p = 0,3	p = 0,1
М	1342,2	12,5	16,55	1,44	9,204	4,362	36,3	26,5
Ме	1312,0	12,22	7,75	0,91	12,500	5	40,8	27,1
Мин	252,0	8,17	3	0,2	0,5000	0,66	22	23
Мак	2370,0	17,4	47,7	3,750	12,700	8,28	42,4	30,5

Взвешенные вещества снижались в реке Оби ($Me = 20,7$). В других водотоках тенденции в изменении не установлено, но значимое различие в диапазоне размаха.

Статистический анализ позволяет принять, что содержание растворенного кислорода в реках находится на одном уровне в диапазоне минимального значения в водохранилище, максимального в реке Плющиха.

Биохимическое потребление кислорода в течение 5 суток (БПК₅) увеличивались в реке Оби ($Me = 1,82$) и снижались в Ельцовки 1 и 2 ($Me = 14,7$ и $5,57$). Другие водотоки характеризовались неизменным показателем БПК₅ (мин в реке Каменка, мак в реке Плющиха).

Установлен рост соединений аммония в воде водохранилища ($Me = 1,68$), реки Оби в черте города ($Me = 0,09$) и Ине ($Me = 0,12$). В воде реки Ельцовка 2 наблюдалось снижение ингредиента ($Me = 2,85$). Для других рек было характерен не изменяющийся уровень с мин река Ельцовка 1 и мак река Каменка.

Содержание нитритов статистически значимо росло за рассматриваемый период только в реке Оби в черте городе ($Me = 0,0057$). Для остальных водотоков этот показатель колебался но, не определял тенденцию к росту или снижению мин река Ельцовка 1 ($M = 0,3888$), мак река Бердь ($M = 0,0016$).

В Новосибирском водохранилище содержание нитратов статистически значимо снижалось ($Me = 0,105$), а в реке Оби – росло ($Me = 0,15$). В других водотоках показатель колебался но, не определял тенденцию к росту или снижению. Мин река Ельцовка 2 ($M = 1,027$), мак река Плющиха ($M = 4,362$).

Хлориды за рассматриваемый период во всех водотоках находились на среднем уровне от мин река Тула до мак река Бердь за исключением вод реки Ини, где отмечен статистически значимый рост, очевидно обусловленный техногенным происхождением.

Сульфаты за рассматриваемый период во всех водотоках находились на среднем уровне от (мин река Тула) до (мак в водохранилище) за исключением вод рек Оби и Ини. В воде этих рек установлен статистически значимый рост сульфатов, по медиане равный 12,2 и 35,9 соответственно.

Таким образом математико-статистический анализ показывает, преимущественный рост по всем показателям в реке Оби – основном источнике хозяйственно-бытового водоснабжения и место отдыха населения города Новосибирска и прилегающих населенных пунктов.

УДК 504

М.А. Креймер

СГГА, Новосибирск

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ЭКСПЕРТИЗА В РОССИИ: ОПЫТ, ПУТЬ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ И ИНТЕГРАЦИИ

M.A. Kreimer

SSGA, Novosibirsk

ECOLOGICAL ASSESSMENT IN RUSSIA: EXPERIENCE, IMPROVEMENT AND INTEGRATION

Genesis of basic instructions for conducting ecological assessment is considered. The tendency has been revealed concerning the transition from solving ecological problems to technical ones. The author offers to develop ecostandards on the basis of integrating nature management standards and lands structure according to the land-use categories. The aims of ecological assessment are determined in accordance with the integral ecological standards, saturation limits and preservation of land-use categories structure within the natural complex.

Материальная обеспеченность общества зависит от эффективного природопользования, при котором сочетаются сиюминутные потребности государства и интересы будущих поколений. Наиболее значимым регулятором природопользования всегда выступала экологическая экспертиза. Регулирование заключалось в предложении интенсивности и масштабов природопользования в социальных интересах, включающие демографические и гигиенические. Поэтому экологическое законодательство строилось не только с учетом экономических, но и социально-гигиенических, в совокупности образующих модели устойчивого развития общества. С таким подходом регулирования соглашались только в экономически стабильные периоды и пытались изменить принципы экспертизы в переходные этапы.

К числу первых регуляторов необходимо отнести Инструкцию о порядке рассмотрения, согласования и экспертизы воздухоохраных мероприятий и выдачи разрешений на выброс загрязняющих веществ в атмосферу по проектным решениям [1], в основе которой положены гигиенические нормативы и задачи по их технико-экономическому достижению.

В настоящее время правовой основой является федеральный закон об экологической экспертизе [4], содержащий области применения и процедурные вопросы. Этот документ к данному времени получил существенное развитие, отдельные положения, которых стали, в результате чего дискуссионными.

Обобщающий характер закона об экологической экспертизе обусловил принятие Положения о проведении государственной экспертизы и утверждении

градостроительной, предпроектной и проектной документации [5]. Правовые усилия этого документа были направлены на «предотвращение создания объектов, строительство и использование которых нарушает права физических и юридических лиц или не отвечает требованиям утвержденных в установленном порядке норм и правил» и оценка эффективности капитальных вложений.

Расширение перечня строительных объектов и отставание в разработке технических регламентов потребовали сохранить практику применения строительных и санитарных нормативов [2], а в 2007 году привели к принятию нового Порядка организации и проведения государственной экспертизы проектной документации и результатов инженерных изысканий [3]. В нем предложена классификация объектов изыскания и строительства по локальному перечню критериев с приоритетом на особо опасные производственные объекты по инженерно-технологическим признакам.

В этом документе, наметилась тенденция отхода от целей проведения экологической экспертизы, как было подмечено в публикации А.К. Ретеюма «Трудный путь экспертизы» [6]. По мнению автора, идея введения технических регламентов в сферу управления качеством окружающей среды неадекватна стоящим проблемам, и более продуктивна была бы конкретизация ранее установленных требований.

Новая экономическая политика за последние 10–20 лет показала, что модели природопользования и охраны среды обитания человека не могут регулироваться рыночными отношениями. Техническое регулирование и экологические платежи малоэффективны перед экономическим интересом бизнеса. Для разработки результативной законодательной базы в части обеспечения экологической безопасности необходимо длительное время, а главное фундаментальные научные исследования о взаимодействии природы и общества. Поэтому нормативно-методический опыт прошлых лет становится востребованным и в настоящее время. Новое законодательство в России сохраняет отраслевую и ведомственную автономность и вследствие этого наблюдается дублирование некоторых правовых норм или наоборот, занижение важных алгоритмов управления. Так, например, по мимо градостроительного кодекса к решению экологических проблем применимы водный, лесной и земельной кодексы. На отдельных территориях применимы только федеральные законы об особо охраняемых природных территориях и о санитарно-эпидемиологическом благополучии. Поэтому едва ли при изысканиях или проектировании можно ограничиться несколькими федеральными документами или иметь всеобъемлющий норматив.

Новая политика в экологической экспертизе «не замечает», что после проектирования и строительства объект должен соответствовать одной из семи категорий землепользования, предусмотренных в земельном кодексе. Кадастровая оценка земель и соответствия им проектных решений является важной нормой правового государства. В каждой категории землепользования имеются свои нормативно-методические документы, призванные обеспечить

гармонию между инженерно-строительными решениями и природными закономерностями на основе специфических критериев оценки.

Поэтому на землях населенных пунктов необходимо проведение санитарно-гигиенической экспертизы, обеспечивающей сохранение среды обитания и здоровья человека, а не градостроительной документации или коммерческой деятельности. На землях промышленности и сельскохозяйственного назначения – экспертиза техники и технологии. Инженерно-технические мероприятия должны учитывать природные процессы, так, как правило, являются их техногенным звеном. С другой стороны, их масштабы не должны выходить за рамки, установленные данной категорией природопользования.

На землях водного и лесного фонда, а также особо охраняемых природных территорий целью экспертизы является установление соответствия между выделенными категориями земель и ландшафтным районированием, обеспечивающим сохранение природных круговоротов вещества и энергии, а в совокупности биологического разнообразия.

Практика природопользования свидетельствует, что приведенные выше специфические принципы экологической экспертизы достигаются на каждой категории землепользования не через «оценку соответствия требованиям технических регламентов», а опосредованно через природоохранные и природопользовательские проекты (схемы), которые в обязательном порядке разрабатываются на каждой категории. Существующие нормативно-методические документы, применяемые при проектировании и экспертизе, имеют обобщенное содержание для всей Российской Федерации и практически не учитывают природно-климатические особенности субъектов федерации. В технических регламентах не предусматривается дифференциация требований по экологическим, ландшафтным и другим особенностям территории России.

Учесть экологические (ландшафтные, санитарно-гигиенические, почвенные, гидрологические и др.) факторы призваны следующие природоохранные и природопользовательские проекты:

Состав земель	Проекты норм природопользования
Земли водного фонда	
1) бассейновый округ 2) гидрографический район 3) водохозяйственный участок	1. Гидрографическое и водохозяйственное районирование территории РФ 2. Схемы комплексного использования и охраны водных объектов 3. Нормативы допустимого воздействия на водные объекты и целевых показателей качества воды в водных объектах 4. Водоохранные зоны и прибрежные защитные полосы
Земли лесного фонда	
1) защитные леса и особо защитные участки лесов, 2) эксплуатационные леса; 3) резервные леса	1. Лесной план 2. Лесохозяйственный регламент 3. Проект освоения лесов

Особо охраняемых территорий и объектов	
1) государственные природные заповедники, 2) национальные парки; 3) природные парки; 4) государственные природные заказники; 5) памятники природы; 6) дендрологические парки и ботанические сады; 7) лечебно-оздоровительные местности и курорты.	1. Схемы развития и размещения особо охраняемых природных территорий. 2. Схемы охраны природы.
Земли населенных пунктов	
1) градостроительное зонирование 2) функциональное зонирование 3) градостроительный регламент	1. Схема территориального планирования 2. Генеральный план 3. Проект норм твердых бытовых отходов, 4. Обеспечение санитарно-эпидемиологических требований
Земли промышленности, энергетики, транспорта, связи	
Санитарно-защитная зона Промышленные узлы Территориально-производственные комплексы	1. Нормы образования и захоронения промышленных токсических отходов 2. Нормы предельно допустимых выбросов вредных веществ в атмосферный воздух 3. Нормы предельно допустимых сбросов сточных вод в водоемы
Земли сельскохозяйственного назначения	

Обязательные проекты норм природопользования призваны классифицировать соответствующие земли по их составу землепользования с выделением допустимых экономических интересов и экологических приоритетов. Требования к составу земель и проектам норм природопользования содержатся в кодексах и федеральных законах и призваны построить рациональную модель, на основе которой осуществляется использование природных ресурсов и размещение отходов жизнедеятельности и производства с учетом интересов настоящих и будущих поколений.

Обобщение различных проектов и необходимого состава земель является основой классификации для экологического законодательства. Без такой основы, например, снижается эффективность действующих нормативно-методических документов, а технические регламенты не получили приоритетного положения.

Принятые в различное время нормативно-методические документы являются основой для разработки экологических норм и правил природопользования, дифференцированного на земли водного, лесного фондов, особо охраняемые природные территории, земли населенных пунктов. Они позволяют «корректно» интегрировать деятельность на землях промышленности и сельскохозяйственного назначения в природные процессы потому, что границы категорий землепользования и состав их земель условны и не

препятствуют негативному влиянию техногенных факторов. Детализация категорий землепользования по их составу в соответствии с действующими кодексами является основой разработки экологических нормативов. Экологические нормы и правила должны проходить общественные слушания и утверждаться законодательным собранием.

Экологическая экспертиза проводится в целях: а) установления соответствия экологическим нормам и правилам в приведенной выше редакции; б) оценки предельного насыщения различными производствами и объектами категорий землепользования, в) изменения структуры категорий землепользования в пределах природного комплекса.

Каждой эпохе освоения природных ресурсов соответствуют свои технико-экономические возможности. Поэтому помимо нерешенных природоохранных проблем государство должно передавать следующим поколениям некоторые материальные блага в виде биосферных заповедников, самоочищающей способности воды водоемов и др., а также высокорентабельные природные ресурсы, экономическая выгода от которых должна направляться на решение природоохранных проблем, оставленных в наследство будущим поколениям.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Инструкция о порядке рассмотрения, согласования и экспертизы воздухоохраных мероприятий и выдачи разрешений на выброс загрязняющих веществ в атмосферу по проектным решениям. Утверждена председателем Государственного комитета СССР по гидрометеорологии и контролю природной среды от 23.04.1984 г., Согласована Госстроем СССР 19.04.1984 г. № ВА-1878-20. Общесоюзный нормативный документ ОНД 1-84. – М.: Моск. отд. Гидрометеоздата, 1984. – 25 с.

2. Исполнение требований ГОСТ СНИП до техрегулирования. Письмо Госстроя от 22.12.2003 г. № ЛБ-8381/9 URL:http://www.lawrussia.ru/texts/legal_861/doc861a481x192.htm (дата обращения 26.02.2009).

3. О порядке организации и проведения государственной экспертизы проектной документации и результатов инженерных изысканий. Постановление Правительства РФ от 5.03.2007 г., № 145 // Рос. газ. – 2007. – 15 марта.

4. Об экологической экспертизе. федер. закон Рос. Федерации от 23 ноября 1995 г., №174-ФЗ. По состоянию на 10.01.2007 URL:<http://www.legis.ru/misc/doc.php?id=476> (дата обращения 25.02.2009).

5. Положение о проведении государственной экспертизы и утверждении градостроительной, предпроектной и проектной документации в Российской Федерации. Утверждено Постановлением Правительства Российской Федерации от 27 декабря 2000 г. № 1008. Собрание законодательства Российской Федерации, 2001, N 1, ст. 135 // Рос. газ. – 2001. – 23 января. Утратило силу постановлением Правительства Российской Федерации от 5.03.2007 г., № 145.

6. Ретеюм А. К. Трудный путь экспертизы // Экологическая экспертиза. – 2008. – № 2. – С. 2–7.

УДК 574.4

Н.П. Косых, Н.П. Миронычева-Токарева, Е.К. Паришина

Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, Новосибирск

БЮДЖЕТ ПИТАТЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В БОЛОТНЫХ ЭКОСИСТЕМАХ

N.P. Kosykh, Mironycheva-Tokareva N.P., E.K. Parshina

Institute of Soil Science and Agrochemistry SB RAS (ISSA SB RAS)

Novosibirsk, Russian Federation

BUDGET OF NUTRIENT ELEMENTS IN THE BOG ECOSYSTEMS

The quantitative characteristic of the stock of nutrient elements is in the living, dead biomass, the production, a change of the element domains during the decomposition and in the process of retraslocation. The element of the stock to the larger degree are determined by the value of phytomass and production, increasing in a number of the ecosystems: oligotrophic hollow → ridge → ryam → mesotrophic poor fen. With an increase in the trophicity of ecosystem, increases the production and decomposition. In the process of retraslocation it is 5–22 % of N, 6–15 % of P, and 25–36 % K from the consumption remain in the ecosystem.

Круговорот углерода представляет собой совокупность продукционных, деструкционных процессов, процессов депонирования и ресинтеза органических соединений. Под *продукционным процессом* понимается сочетание процессов, приводящих к созданию растительного органического вещества. *Деструкционные процессы* включают в себя процессы отмирания растений, образование мортмассы. Процесс *ресинтеза* является совокупностью процессов, приводящих к образованию новых органических соединений из продуктов переработки растительного вещества. Определение биотического круговорота и составляющих его блоков, потоков, звеньев и путей, а также система терминов подробно рассмотрена ранее Титляновой (1977) для травяных экосистем, нами продолжены такие работы в болотных экосистемах. Целью данной работы является оценка составляющих продукционно-деструкционного процессов, с учетом процесса ретранслокации в болотных экосистемах средней тайги Западной Сибири в зависимости от типа экосистемы и топографии.

Район исследований охватывает подзону средней тайги. Исследования проводились на ключевом участке, расположенном в междуречье Оби и Иртыша в окрестности г. Ханты-Мансийск. На ключевом участке было выбрано олиготрофное грядово-мочажинное выпуклое болото и заложены следующие пробные площадки: гряда, олиготрофная мочажина в ГМК, мезотрофная топь и рям. Характеристика пробных площадей представлена в табл. 1. На выделенных площадках послойно отбирались пробы растительного вещества до глубины 30 см. Кустарнички и травы срезались с площадок 40 × 40 см, мхи вместе с

корнями трав и кустарничков объемом 1 дм³ от поверхности головок мха. В лабораторных условиях отобранные образцы разделялись на следующие фракции: фотосинтезирующие части трав, кустарничков, мхов (апикальные верхушки и стебли), однолетние, многолетние побеги кустарничков, живые и мертвые подземные органы трав и кустарничков, погребенные стволы. Чистая первичная продукция складывается из надземной продукции трав, кустарничков и мхов и продукции подземных органов. Надземная продукция трав представляет собой фракции фотосинтезирующей фитомассы. Надземная продукция кустарничков представляет собой прирост веток текущего года с растущими на них листьями. Подземная продукция трав и кустарничков определялась по приросту текущего года корней.

Таблица 1. Характеристика пробных площадей и экосистем олиготрофного болота

Пробные площади	экосистемы	Растительное сообщество	Доминанты
Выпуклое олиготрофное болото «Кукушкино» (61° с.ш.; 69° в.д.)	Рям	Сосново-кустарничково-сфагновый	<i>Pinus sylvestris</i> , <i>Ledum palustre</i> , <i>Andromeda polifolia</i> , <i>Oxycoccus microcarpus</i> , <i>S.fuscum</i> .
	Гряда	Кустарничково-сфагновое с сосной	<i>Andromeda polifolia</i> , <i>Ledum palustre</i> , <i>Oxycoccus microcarpus</i> , <i>S.fuscum</i> .
	Мочажина олиготрофная	Осоково-сфагновое	<i>Carex limosa</i> , <i>Scheuchzeria palustris</i> , <i>Sphagnum lindbergii</i> , <i>S.balticum</i> .
	Мочажина мезотрофная	Осоково-сфагновое	<i>Carex rostrata</i> , <i>C. lasiocarpa</i> , <i>Betula nana</i> , <i>Sphagnum papillosum</i> , <i>S.majus</i> ,

Эксперименты по определению скорости разложения растительных остатков доминантных видов в торфяном слое олиготрофных болотных комплексов в средней тайге велись в течение 3 лет. Для определения скорости разложения применялся метод закладки растительности в торф (Козловская и др., 1978).

Результаты и обсуждение

Особенностью биологического круговорота в болотных экосистемах является продолжительное задерживание поглощенных химических элементов в растительном веществе. По этой причине общая биомасса на единице площади в деятельном слое (до 30 см от поверхности мхов) в болотных фитоценозах в 5–14 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.

Анализ величины и структуры общего запаса, прироста, текущего изменения и отпада фитомассы, а также потребления, закрепления и возврата

элементов почвенного питания в 4 болотных экосистемах позволяет отметить ряд особенностей их формирования – фитомасса возрастает примерно в 1,5 раза. При этом количество фитомассы травостоя в яме больше по сравнению с олиготрофной мочажинкой на 25–30 %. С улучшением экологических условий ускоряется процесс развития травостоя, текущего прироста, текущего изменения запаса и отпада фитомассы, раньше начинается распад и все эти процессы протекают гораздо интенсивнее. С ухудшением условий в фитомассе травостоя увеличивается относительное содержание мхов и уменьшается доля кустарничков. Доля живого мохового покрова в общей фитомассе в лучших экологических условиях (рямах и мезотрофных топях) по сравнению с худшими, в олиготрофных мочажинах меньше, что связано с различным видовым составом приземного сфагнового слоя и травяного покрова.

Микробиологическая деятельность в болотах протекает весьма напряженно, причем наряду с бактериями и актиномицетами особую важную роль играют грибы, активно разлагающие углеводы, из которых преимущественно состоят продукты отпада сфагновых мхов. Из-за длительного холодного сезона, подавляющего микробиологическую деятельность, полного разрушения опадающих частей растений не происходит. По мере увеличения длительности холодного зимнего сезона масса неразложившихся растительных остатков возрастает с юга на север от 4 500 г/м² сухого органического вещества в рямах лесостепи до 32 000 г/м² на буграх лесотундры.

Запасы фитомассы в экосистемах изменяются от 1 610 до 2 260 гС/м². Структура фитомассы в болотных экосистемах характеризуется резким превышением надземной массы над подземной, причем в болотных экосистемах приходится выделять приземный слой – слой сфагновых мхов. В рямах и грядах это соотношение можно выразить как 2.2 : 1 : 1.03, 2.6 : 1 : 1.6, в мезотрофных мочажинах, олиготрофных мочажинах – 1 : 1.4 : 1.4, 1 : 9.8 : 4.1. Для фитомассы гряд и рямов, так же как и мочажин характерно высокое содержание азота. Максимальное количество его в рямовом фитоценозе (15,07 г/м²), немного ниже содержание его в экосистемах гряд (14,0), в мезотрофной топи уменьшается до 12,8 г/м², и минимальное количество в бедных мочажинах – всего 7,1 г/м². 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 каждом конкретном типе экосистем имеются свои особенности.

В период функционирования экосистем в сосново-кустарничково-сфагновых сообществах рямов и гряд накопление в живой фитомассе достигает около 32,7–34,0 г/м² элементов питания, в том числе азота 14–15 г/м², кальция 6.1–7.1 г/м², калия 8.1–8.5 г/м², магния 2.6–2.9 и фосфора 1.05 г/м² (рис. 1).

В мезотрофной топи эти показатели составляют соответственно 12.8, 11.03, 5.58, 1.71 и 1.0 г/м². В олиготрофной мочажине емкость круговорота элементов питания вдвое меньше. Общая емкость биологического круговорота веществ в экосистеме ямы в 1,6 раза больше по сравнению с олиготрофной мочажинкой, в том числе азота в 2,1 раза.

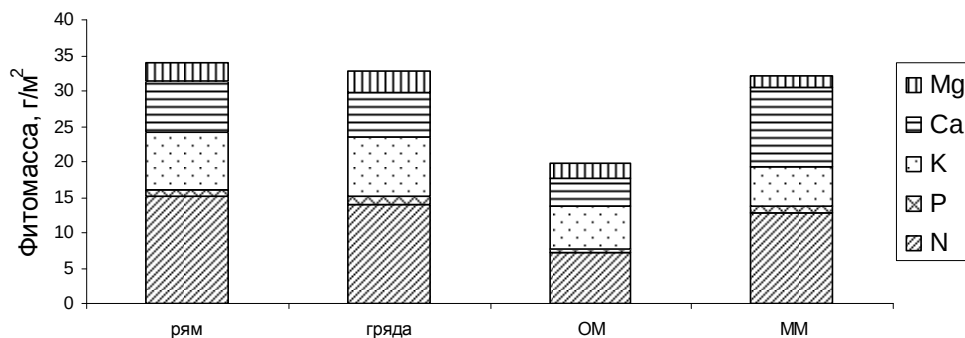


Рис. 1. Распределение запасов химических элементов в различных болотных экосистемах

Продукция экосистем составляет 330–560 гС/м² в год в зависимости трофности. С приростом вовлекается в биологический круговорот запасы элементов питания от 3,96 в олиготрофных мочажинах, в сообществах рямов и гряд 12.6–13.2, и максимума достигает в мезотрофных топях – 21.6 г/м² в год. В том числе азота в грядах и рямах 5.91–6.24 г/м², кальция 2.06–2.14 г/м², калия 2.96–3.55 г/м², магния 0.86–1.06 и фосфора 0.45–0.49 г/м² (рис. 2). В мезотрофной топи эти показатели составляют соответственно 8.71, 7.38, 3.71, 1.09 и 0.74 г/м². В олиготрофной мочажине потребление с приростом элементов питания намного меньше и составляют соответственно 2.87 N, 0.9 Ca, 2.28 K, 0.6 Mg, 0.31 P г/м² в год.

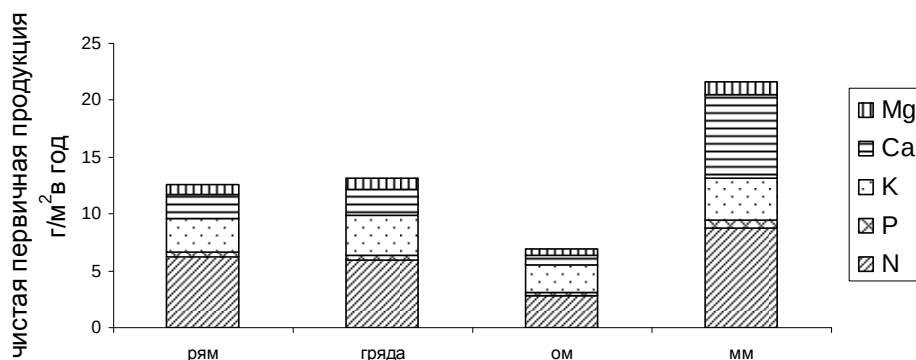


Рис. 2. Потребление химических элементов с чистой первичной продукцией

Скорость разложения составляет от 50 до 150 гС/м² в год. При разложении потери элементов составляют от 2.1–2.4 азота, 1.19–1.38 Ca, 1.99–1.62 K, 0.53–0.71 Mg, 0.18–0.27 P г/м² в год в экосистемах повышенных элементов рельефа (гряды и рямы), 4.1 азота, 6.9 Ca, 2.13 K, 0.79 Mg, 0.38 P г/м² в год в экосистемах мезотрофных топей (рис. 3). Минимальные потери наблюдаются в олиготрофных мочажинах 0.7 азота, 0.6 кальция, 1.0 калия, 0.4 магния, 0.06 г/м² в год фосфора.

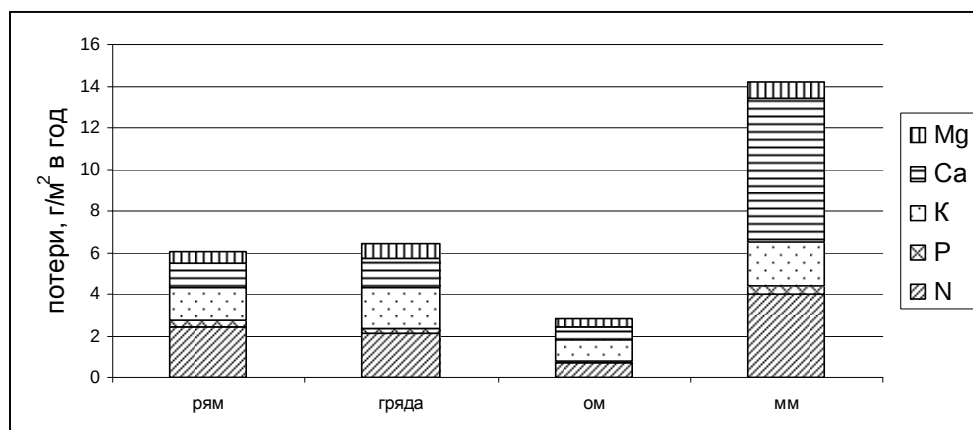


Рис. 3. Потери химических элементов при разложении

В процессе ретранслокации из зеленых листьев трав, кустарничков и мхов, возвращение питательных элементов (N, P, K) составляет от 1,1 г/м² до 2,6 г/м². В процессе ретранслокации от 5 до 35 % от потребления возвращается в экосистему, в зависимости от типа экосистемы и растительности. На повышенных элементах рельефа (гряды и рямы), ретранслокация N максимальна и составляет 18–22 %, в ОМ – 13 % и в мезотрофной мочажине – всего 5 %. Ретранслокация фосфора в экосистемах гряд и рямов не превышает 6 %, в мезотрофной мочажине 7,6 %, а в ОМ – 15 %. Ретранслокация K максимальна в экосистемах рямах и гряд – 35–36 %, в ОМ – 32, в ММ составляет 25 % от потребления.

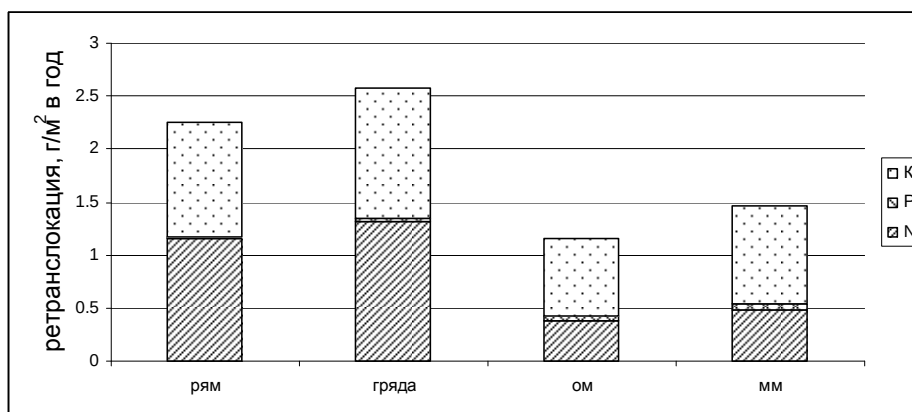


Рис. 4 Возвращение химических элементов в процессе ретранслокации

Во всех экосистемах болот количество химических элементов в мертвом органическом веществе больше, чем в живой биомассе. Заторможенность биологического круговорота элементов усиливается по мере увеличения обводненности и уменьшения трофности. Так наиболее заторможен круговорот в ОМ, в наиболее бедных и обводненных экосистемах. Наиболее активно круговорот веществ в фитоценозе осуществляется в мезотрофной топи, что связано большим притоком питательных элементов и кислорода. Анализ величины и структуры общего запаса, прироста фитомассы, а также

потребления, закрепления и возврата элементов питания в разных экосистемах позволяет отметить ряд особенностей их формирования. В процессе биологического круговорота сумма питательных элементов в фитомассе различается в 1,5 раза, в чистой первичной продукции – примерно в 4 раза, в процессе разложения – в 4,7 раза, в процессе ретранслокации – в 2 раза и зависят от типа экосистемы.

Работа выполнена при финансовой поддержке 08-05-92501-НЦНИЛ_а, 08-05-92496-НЦНИЛ_а.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Титлянова А.А. Биологический круговорот углерода в травяных биогеоценозах. – Новосибирск: Наука, 1991. – 224 с.
2. Козловская Л.С., Медведева В.М., Пьявченко Н.И. Динамика органического вещества в процессе торфообразования. – Л.: Наука, 1978. – 170 с.

© Н.П. Косых, Н.П. Миронычева-Токарева, Е.К. Паришина, 2009

УДК 630

Н.Г. Коронатова, Е.В. Миляева

Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, Новосибирск
СГГА, Новосибирск

ПРОДУКТИВНОСТЬ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ (PINUS SYLVESTRIS L.) В ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ ПОЧВЕННО-ЭКОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ

N.G. Koronatova

Institute of Soil Science and Agrochemistry, SB RAS
18 Sovetskaya ul., Novosibirsk, 630099, Russia

E.V. Milyaeva

Siberian State Academy of Geodesy (SSGA)
10 Plakhotnogo Ul., Novosibirsk, 630108, Russian Federation

PRODUCTIVITY OF PINE STAND (PINUS SYLVESTRIS) UNDER EXTREME SOIL ENVIRONMENTAL CONDITIONS

Productivity of pine stand (*Pinus sylvestris*) in ryams, ombrotrophic pine-dwarf shrub-*Sphagnum* bogs, and in a post-mined sand quarry in taiga zone of the Western Siberia is considered in the paper. In both ecosystems trees were under conditions of a lack of nutrients and extreme moistening: the shortage of moisture in the quarry and the redundancy of water in ryams. Total above-ground phytomass was of low value both in the quarry and ryams. In these ecosystems young pine stand under 20 years old had similar estimates of productivity. In ryams total above-ground phytomass was estimated as $5.4-20.7 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$, above-ground primary production – $1.3-1.4 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{year}^{-1}$, in the quarry total above-ground phytomass was $16.7 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$, above-ground primary production – $1.1 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{year}^{-1}$. However pine density was 4-5 times higher in ryams in comparison with the quarry. In various ecosystems different strategy of pine stand surviving was observed. In ryams with such high tree density the productivity of each pine was low. In the quarry pine stand was of low density but each tree taken separately had higher productivity parameters.

Сосна (*Pinus sylvestris*) обладает удивительной экологической пластичностью. Она способна произрастать на почвах с минимальным содержанием питательных элементов и в условиях экстремального влагообеспечения, как в сторону чрезмерного обводнения, так и в сторону сильного иссушения почвы. Это позволило сосне широко распространиться и занять такие местообитания, где не могут выжить другие древесные породы. Так, сосна является главным древесным компонентом гряд комплексных верховых болот и рямов – верховых сосново-кустарничково-сфагновых болот. С другой стороны, в таежной зоне сосна часто доминирует на песчаных почвах, не способных удерживать влагу [Ильина и др., 1985]. Кроме того, она первой

поселяется на нарушенных участках, лишенных почвенного покрова, в условиях глубокого залегания грунтовых вод и песчаного характера пород. В северной тайге Западной Сибири такие участки встречаются вдоль дорог, а также в некоторых выработанных карьерах [Коронатова, 2003]. Здесь влажность грунта в летний период низка, что, по-видимому, лимитирует поселение других высших растений.

В данной работе рассматриваются параметры продуктивности древостоя сосны обыкновенной в неблагоприятных условиях влагообеспеченности и доступности элементов питания, на рьях и выработанном песчаном карьере, в северотаежной и среднетаежной подзонах Западной Сибири.

Полевые исследования проводились в июле в разные годы: в 2000 г. в северной тайге исследовалось самозарастание сосной выработанного песчаного карьера, в 2006 г. в средней тайге изучалась продуктивность соснового древостоя двух рьямов. Растительность карьерной выработки исследовалась близ г. Ноябрьска (63 с.ш., 75 в.д.). Грунтовая толща карьера в верхних 20 см, где сосредоточена основная масса корней сосны, характеризовалась следующими параметрами: влажность варьировала в течение лета от 3 до 11 %, температура составила 15–17 °С, содержание органического углерода 0,2 %, азота 0,0034 %, максимальное содержание подвижного фосфора 0,7 мг P_2O_5 на 100 г, подвижного калия – 0,96 мг K_2O на 100 г [Коронатова, 2007]. На рьях продуктивность сосен изучалась в Сургутском полесье (61 с.ш., 73 в.д.), в районе интенсивной нефтедобычи. Рьямы являются олиготрофными болотными экосистемами, то есть также характеризуются минимальным содержанием элементов минерального питания растений, так как практически весь азот и фосфор находятся в форме органических соединений, недоступных для усвоения растениями, а доступные для растений элементы питания поступают лишь с атмосферными осадками и пылью [Пьявченко, 1963].

Во всех исследуемых местообитаниях определялись численность сосен, их возраст, высота, средний диаметр на уровне мха или песка, запас растительного вещества и годовая продукция. Характерные для древостоя средние значения численности, возраста, диаметра и высоты определялись на учетных площадках размером 50 или 100 м². Определение запасов растительного вещества и годовой продукции было проведено методом модельных деревьев. Для этого с каждой пробной площади отбиралось по 6–8 экземпляров по ступеням толщины ствола у земли от 0,5 до 7 см. У модельных деревьев с диаметром ствола до 4 см полностью определялся запас надземной фитомассы. У более крупных экземпляров запас фитомассы определялся методом модельных веток [Молчанов, Смирнов, 1967]. Для этого измерялась длина всех ветвей дерева, и 5–7 ветвей отбирались в качестве модельных. В лаборатории модельные экземпляры разбирались на приросты текущего года и предыдущих лет, отдельно для зеленой и одревесневшей частей. Фракции высушивались и взвешивались. На карьере определялся также запас корней сосен диаметром более 1 мм. Надземная первичная продукция считалась как сумма запасов фотосинтезирующей фитомассы и побегов текущего года. Радиальный прирост

не измерялся. Для определения запаса фитомассы модельного дерева по модельным ветвям строились степенные уравнения зависимости фитомассы ветвей от их длины. Зависимости фитомассы разных фракций модельных деревьев от диаметра ствола также аппроксимировались степенными уравнениями, полученные результаты экстраполировались на все деревья учетной площадки, что позволило получить данные о запасах и продукции соснового древостоя.

Численность сосен на ряме 1 составила 7,5 тыс. экз. на 1 га, из них подрост возрастом до 20 лет насчитывал 3,6 тыс. экз. (табл. 1). Численность сухостоя составила 300 экз. на 1 га. Общая численность деревьев на ряме 2 была 9,3 тыс. экз. на 1 га, подрост составил 2,9 тыс. экз., сухостой – 600 экз. Очевидно, что при большей численности сосен на ряме 2, деревья здесь сильнее угнетены, имеют меньшие размеры, более низкие значения запаса фитомассы и продукции и больший запас мортмассы. Доля зеленой фитомассы на обоих рямах была почти одинакова. На обоих рямах древостой разновозрастный, значительная часть деревьев представлена 40–60-летней возрастной группировкой. Максимальный возраст на ряме 1 не превышал 80 лет, на ряме 2–100 лет. Полученные результаты свидетельствуют, что сосны на рямах низкорослы и низкопродуктивны. Для сравнения приведем данные о продуктивности зональных среднетаежных сосняков Западной Сибири. Здесь запас фитомассы деревьев составляет 13 340 г/м², из них на долю зеленых частей приходится 493 г/м², продукция – 306 г/м² в год [Базилевич, 1993], то есть продукционные параметры сосновых древостоев на рямах в десятки раз ниже, чем в зональных лесах.

Таблица 1. Характеристика древостоя сосны в экосистемах рямов

Параметры	Рям 1	Рям 2
Численность, шт./га	7500	9300
Средний возраст, лет	45	60
Средняя высота, м	1,9	1,5
Средний диаметр у поверхности мха, см	4,7	4,2
Запасы разных фракций надземной фитомассы, г/м ² воздушно-сухого вещества:		
фотосинтезирующая фитомасса	117,1	56,9
нефотосинтезирующая фитомасса	676,3	353,5
Мортмасса	55,0	72,2
все растительное вещество	848,4	482,6
Отношение фотосинтезирующей фитомассы к нефотосинтезирующей	0,17	0,16
Надземная первичная продукция, г/м ² в год	29,7	16,6

Поскольку ко времени изучения продуктивности соснового древостоя на карьере возраст деревьев не превышал 15 лет, было проведено сравнение сосен карьера с сосновым подростом рямов возрастом до 20 лет (табл. 2). Численность молодых деревьев на карьере в 4–5 раз ниже, чем на рямах, при этом деревья на карьере были более крупными. Тем не менее, запас надземной

фитомассы деревьев карьера очень низок по сравнению с подростом того же возраста на отвалах юга Западной Сибири, где запас составил 5 900–7 700 г/м² [рассчитано по данным: Кузьмина, 1997]. Несмотря на разницу в численности молодняка, в экосистемах карьера и рямов надземные запасы и первичная продукция имеют сходные значения. Доля фотосинтезирующей фитомассы велика, причем на ряме 1 ее доля снижается за счет накопления живого вещества в одревесневших частях растений.

Таблица 2. Характеристика подроста сосны возрастом до 20 лет в разных экосистемах

Параметры	Рям 1	Рям 2	Карьер
Численность, шт./га	3600	2900	700
Средняя высота, м	0,7	0,5	0,8
Средний диаметр, см	1,3	0,7	1,9
Запасы разных фракций, г/м ² сух. вещества:			
хвоя текущего года	1,0	1,3	0,8
побеги текущего года	0,3	0,1	0,3
хвоя прошлых лет	4,4	1,1	6,7
побеги прошлых лет и ствол	14,6	2,7	8,7
ветошь	0,4	0,2	0,2
все надземное растительное вещество	20,7	5,4	16,7
Отношение фотосинтезирующей фитомассы к нефотосинтезирующей	0,37	0,86	0,83
Надземная первичная продукция, г/м ² в год	1,3	1,4	1,1

Сравнение модельных экземпляров, отобранных в трех экосистемах, показало следующее (табл. 3). Небольшие молодые сосны с диаметром ствола 1 см на ряме 1 и карьере сходны по запасам растительного вещества, но первичная продукция на карьере в 2,5 раза выше. На ряме 2 модельная сосна имела низкие значения запасов и продукции. Крупный 15-летний экземпляр с карьера с диаметром ствола 4 см имел такие же размеры и годовую продукцию, что и 40- и 80-летние модельные сосны с рямов, несколько уступая в общем запасе фитомассы. Отношение фотосинтезирующей фитомассы к нефотосинтезирующей было наибольшим для сосен, растущих на карьере. Сосны на ряме 2 сильнее угнетены и характеризуются меньшими продукционными параметрами. Индивидуальные различия между деревьями возрастом менее 20 лет на карьере выше. Так, коэффициент вариации запаса фитомассы молодняка на карьере составил 217 %, на ряме 1 – 65 %, на ряме 2 – 80 %. Вероятно, это связано с численностью древостоя, поскольку дифференциация деревьев внутри одной популяции сосен увеличивается с уменьшением их густоты [Бузыкин и др., 2002].

Таким образом, несмотря на разницу местообитаний – зарастающий песчаный карьер и верховые сосново-кустарничково-сфагновые болота, – олиготрофные условия произрастания обуславливают сходство продукционных параметров соснового древостоя. В популяциях сосен данных экосистем существует жесткая корневая конкуренция [Санникова, 1992] за элементы

минерального питания растений, а также влагу в песчаном грунте карьера, что отражается в низкой численности, низкорослости, низких значениях запасов надземного растительного вещества и надземной первичной продукции древостоя. Однако, деревья развивают мощную корневую систему, пронизывающую верхние 20 см почвы, чтобы захватить максимальную площадь питания. Так, на карьере длина одного латерального корня модельного дерева высотой 1 м достигает 7,5 м, а общий запас проводящих корней – половины от запаса надземной фитомассы [Коронатова, 2003]. Согласно литературным данным в сосново-кустарничково-сфагновых сообществах длина отдельных проводящих корней также может превышать 10 м [Пьявченко, 1963, с. 60–61]. При этом в обоих типах экосистем между редко стоящими соснами отсутствует конкуренция за фотосинтетически активную радиацию.

Таблица 3. Сравнительные характеристики модельных сосен с различным диаметром ствола

Параметры	Модельные сосны с диаметром ствола					
	1 см			4 см		
	Рям 1	Рям 2	Карьер	Рям 1	Рям 2	Карьер
Возраст, лет	15	20	12	40	80	15
Высота, м	0,74	0,70	0,35	1,89	1,90	1,85
Запасы разных фракций, г/м ² сух. вещ-ва:						
хвоя текущего года	2,2	1,6	6,2	40,5	33,3	21,9
побеги текущего года	0,6	0,3	1,2	11,8	7,0	17,9
хвоя прошлых лет	6,2	5,0	12,3	166,7	86,2	231,1
побеги прошлых лет и ствол	24,7	4,0	8,0	874,6	766,3	352,6
ветошь	0	1,6	1,0	13,0	23,6	3,5
вся надземная фитомасса	33,7	12,5	28,7	1106,6	916,4	627,0
Отношение фотосинтезирующей фитомассы к нефотосинтезирующей	0,33	1,53	2,01	0,23	0,15	0,68
Надземная первичная продукция, г/м ² в год	2,8	1,8	7,4	52,3	40,3	39,8

Сосновый подрост возрастом до 20 лет имеет сходные значения запасов и продукции на рямах и на карьере. Однако, при этом наблюдается разная стратегия выживания в условиях верховых болот и карьерных выработок. На карьере сосновый древостой очень разрежен, численность деревьев в 4–5 раз ниже, чем на рямах, но продукционные параметры отдельных деревьев здесь выше, по сравнению с рядами. В то же время дифференциация деревьев внутри популяции здесь чрезвычайно велика, и наряду с относительно крупными экземплярами, существуют очень угнетенные особи того же возраста. На олиготрофных рямах наблюдается противоположная картина. Полученные значения продуктивности достигаются за счет более высокой численности деревьев, однако, запас и продукция отдельных экземпляров низки. При этом

нет такого различия между представителями одной генерации, какая наблюдалась на карьерах.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Базилевич Н.И. Биологическая продуктивность экосистем Северной Евразии. – М.: Наука, 1993. – С. 90– 91.
2. Бузыкин А.И., Пшеничникова Л.С., Суховольский В.Г. Густота и продуктивность древесных ценозов. – Новосибирск: Наука, 2002. – 152 с.
3. Ильина И.С., Лапшина Е.И., Лавренко Н.Н. и др. Растительный покров Западно-Сибирской равнины. – Новосибирск: Наука, 1985. – 251 с.
4. Коронатова Н.Г. Вестник Томского государственного университета, серия «Биологические науки». Приложение № 7, сентябрь 2003. – Томск, 2003. – С. 135–141.
5. Коронатова Н.Г. Инициальное почвообразование на выработанных карьерах северной тайги Западной Сибири // Сибирский экологический журнал. – 2007. – № 5. – С. 829–836.
6. Кузьмина Г.П. Культуры сосны в техногенных условиях КАТЭКа // Биологическая рекультивация нарушенных земель: Материалы международного совещания 26-29 августа 1996 г. – Екатеринбург, 1997. – С. 136–140.
7. Молчанов А.А., Смирнов В.В. Методика изучения прироста древесных растений. – М.: Наука, 1967. – 100 с.
8. Пьявченко Н.И. Лесное болотоведение (основные вопросы). – М.: Изд-во АН СССР, 1963. – 192 с.
9. Санникова Н.С. Микроэкосистемный анализ ценопопуляций древесных растений. – Екатеринбург: Наука. Урал. отд-ние, 1992. – 65 с.

© Н.Г. Коронатова, Е.В. Миляева, 2009

УДК 681.518

*А.Ю. Королюк**, *Е.Н. Смоленцева ***, *И.Д. Зольников****, *Н.Н. Добрецов****

*Центральный Сибирский ботанический сад СО РАН, Новосибирск

**Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, Новосибирск

*** Институт геологии и минералогии СО РАН, Новосибирск

ЭТАЛОННЫЕ ПОЛИГОНЫ ДЛЯ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ЗАПАДНОЙ СИБИРИ В СВЯЗИ С ПРОБЛЕМОЙ ОПУСТЫНИВАНИЯ

*A.U. Koroluk**, *E.N. Smolentseva***, *I.D. Zolnikov****, *N.N. Dobrezov****

*Russian Academy of Sciences, Siberian Branch (SB RAS), Central Siberian Botanical Garden of Novosibirsk, Russian Federation

**Russian Academy of Sciences, Siberian Branch, Institute of Soil Science and Agrochemistry, Novosibirsk, Russian Federation

***Russian Academy of Sciences, Siberian Branch, Institute of Geology and Mineralogy, Novosibirsk, Russian Federation

TESTING AREAS FOR GEOECOLOGICAL MONITORING OF WESTERN SIBERIA IN CONNECTION WITH THE DESERTIFICATION PROBLEM

The network of testing areas for environment monitoring in a southern part of Western Siberia in connection with a desertification problem is created. In total 11 sites in different bioclimatic zones and high-rise belts are chosen. For each site Gis – projects are prepared. The geocoded topographical and thematic small and large-scale map, space pictures, bases of the geodata enter into them.

Establishing throughout Central Asia and South Siberia a network for monitoring desertification will enable to diagnose efficiently and reliably the development of the situation, unfavourable for the society and biosphere, and to design adequate measures of mitigation.

Опустынивание (desertification) определяется как «деградация земель в засушливых, полувасушливых и сухих субгумидных районах в результате действия различных факторов, включая изменение климата и деятельность человека» (1). Россия присоединилась к международной конвенции по борьбе с опустыниванием в конце 2003 года. К этому моменту мировое сообщество накопило богатый опыт в изучении данной проблемы. Что касается России (и бывшего СССР), большая часть исследований по этой проблеме, проводились в регионах Средней Азии и европейской части России. Несмотря на ряд публикаций, посвященных различным аспектам аридизации климата и проблеме опустынивания территорий юга Западной Сибири (2,3), изменения природной среды в этих условиях слабо освещены в научной литературе. Большинство исследователей считает, что процессы опустынивания вызваны преимущественно антропогенными факторами (3), роль же естественных

циклических процессов для трансформации наземных экосистем и их компонентов в условиях аридизации климата до конца не исследована. Это вызвало необходимость проведения геоэкологического мониторинга в южной части Западной Сибири (ЗС). Для этого в рамках СО РАН в настоящее время создаётся система мониторинга экосистем в аридных и семиаридных регионах Сибири и Центральной Азии. Одним из элементов системы мониторинга для ЗС явилась сеть эталонных полигонов, расположенных в её различных ландшафтных комплексах. Каждый эталонный полигон представляет собой небольшую по площади территорию, репрезентативную с точки зрения экосистемного разнообразия. Выбор территорий для эталонных полигонов проводился в несколько этапов. На первом этапе на основании анализа литературных, фондовых и картографических материалов было проведено ландшафтное зонирование территории южной части ЗС и определены границы широтных зон и подзон для Западно-Сибирской равнины и основных высотно-поясных комплексов для территории Горного Алтая. Дополнительно была выделена полоса предгорий Алтая и Салаира. На основании анализа ДДЗ в каждом высотно-поясном и широтно-зональном подразделении были выявлены территории с относительно слабой (внутри подразделения) антропогенной трансформацией. Были определены границы крупных интразональных образований: ленточные боры по древним ложбинам стока, солёно-озёрные равнины, поймы рек. По космическим снимкам проведен анализ ландшафтной неоднородности каждого из участков, экспертно оценена его репрезентативность для пояса (подпояса) или зоны (подзоны), а также доступность для проведения экспедиционных исследований. На основании проведенного анализа было выбрано 11 эталонных полигонов, представляющих различные типы экосистем южной части ЗС (табл. 1).

Для полигонов в степной и лесостепной зонах Кулунды, Бийско-Чумышской лесостепи и предгорий Алтая был проведен анализ антропогенной трансформации ландшафтов. С использованием снимков спутника MODIS проведено автоматическое дешифрирование пахотных земель, позволившее провести площадные оценки степени распаханности. Оценка территории выбранных эталонных полигонов показала слабую нарушенность их экосистем в сравнении с окружающими агроландшафтами.

Таблица 1. Представленность различных ландшафтных комплексов Западной Сибири в сети эталонных полигонов (цифры – номера полигонов)

Пояс / зона	Зональные ландшафты	Интразональные ландшафты
Лесостепная зона	1 – луговые степи, травяные леса 6 – луговые степи, остепненные луга, травяные леса	1 – болота, галофитная растительность, поймы, 6 – болота, поймы, петрофитные степи
Степная зона	2 – настоящие степи; 4 – настоящие и сухие степи 5 – настоящие степи	2 – травяные леса, болота, галофитная растительность, поймы; 3 – ленточные боры, болота, галофитная растительность; 4 – петрофитные степи; 5 – петрофитные степи;
Высокогорный пояс	9 – субальпийские луга, тундры	9 – высокогорные болота, петрофитные сообщества
Горнолесной пояс	7 – черневая тайга, травяные леса; 9 – темнохвойная тайга; 10 – светлохвойная тайга	7 – поймы, болота; 9 – болота; 10 – петрофитные кустарники
Горнолесостепной пояс	8 – луговые степи, травяные леса	8 – поймы, болота
Горностепной пояс	10 – сухие и настоящие степи; 11 – пустынные степи	10 – петрофитные степи, поймы; 11 – гало- и петрофитные сообщества, поймы

На втором этапе в течение полевых сезонов 2006-2008 гг. на всех 11 полигонах проводилось обследование экосистем и их компонентов. Методы сбора тематической информации зависели от ландшафтных особенностей эталонных полигонов. На полигонах в пределах Западно-Сибирской равнины (полигоны № 1–6) применялся ландшафтно-профильный метод. Пространственная структура почвенно-растительного покрова анализировалась по космоснимкам, затем в наиболее типичных местах закладывались ландшафтные профили, на которых проводились нивелирование и описание растительных сообществ и почв. Все точки описания имели точную географическую привязку по GPS. На полигонах, расположенных в пределах горных территорий (Горный Алтай, Салаир) использовался метод катен, а также специально разработанная методика, для комплексной многопараметрической характеристики экосистем полигонов (4).

Для каждого эталонного полигона был создан ГИС-проект, включающий геокодированные картографические материалы, ДДЗ и атрибутивные базы данных. В процессе выбора и натурного обследования эталонных полигонов использовались космические снимки различного пространственного разрешения. Изображение космических снимков отражает несколько типов пространственных структур (территориальных единиц) ландшафтов. Поэтому для изучения структурной организации экосистем на различных иерархических уровнях использовались космические снимки различного разрешения: QuickBird – 0.61–2.44 м., Landsat ETM+ – 30–80 м, MODIS – 250–1 000 м. Это

дало возможность исследовать природные объекты на двух уровнях иерархии геосистем: топологическом (QuickBird) и региональном (Landsat, MODIS).

Для мониторинга экосистем регионального уровня на территории эталонных полигонов созданы ГИС-проекты, включающие цифровые геокодированные топографические карты масштаба 1 : 1 000 000, цифровые модели рельефа (ЦМР) на основе SRTM, тематические цифровые карты масштаба 1 : 500 000 (геологическую, почвенную, геоботаническую). На топологическом уровне нами изучались элементарные ландшафты (микрорландшафты) и их компоненты (рельеф, горные породы, растительность, почвы). Для характеристики таких объектов были созданы «локальные» ГИС-проекты, включающие геокодированные топографические карты (М 1:10 000; 1:25 000), крупномасштабные ЦМР построенные с учётом требований секретности, а также базы геоданных с тематическими и комплексными описаниями точек наблюдения и эталонных выделов на космических снимках.

Для стандартизации процесса сбора информации в целях интерпретации ДДЗ были разработаны стандарты комплексного многопараметрического описания биотических и абиотических компонентов экосистем элементарных гомогенных и гетерогенных ландшафтов. Этот стандарт ориентирован на учёт признаков, вносящих вклад в спектральные характеристики ДДЗ различного пространственного разрешения. Для объективизации характеристики количественного соотношения абиотических и биотических компонентов в проективном покрытии поверхности микрорландшафта применялось фотографирование цифровой камерой участков земной поверхности в виде квадрата со стороной один метр. В камеральных условиях по цифровым изображениям определялось проективное покрытие (в процентах) растительности и степень каменистости поверхности почв.

В результате проведённых исследований для всех полигонов получены новые тематические данные, характеризующие геолого-геоморфологическую основу ландшафтов, растительную, почвенную и зоологическую компоненты экосистем, а также характеристика связей между ними.

На третьем этапе материалы натурных наблюдений уточнялись и дополнялись данными камеральной обработки (лабораторные анализы, данные статистической обработки). Для каждого эталонного полигона создана ГИС-библиотека по основным типам экосистем и связанная с ней библиотека эталонных спектральных характеристик. В результате для каждого эталонного полигона были сформированы многопараметрические базы геоданных. Эти данные, подвергнутые геосистемному анализу, позволят в дальнейшем построить комплексные геоинформационные модели эталонных полигонов, представляющие современное состояние экосистем и их отдельных компонентов. Данные модели являются основой для проведения дальнейших наблюдений и послужат эталонами сравнения. В качестве примера рассмотрим результаты обследования 3 эталонных полигонов.

Эталонный полигон «Чуйская степь». Полигон располагается в горностепном поясе Юго-Восточного Алтая на территории Чуйской межгорной

котловины, которая входит в состав Кош-Агачского района Республики Алтай. По данным исследований 2006–2008 гг. была разработана система классификации растительных сообществ Чуйской котловины, представленная 4 типами растительности и 13 группами. Зональными типами выступают опустыненные и настоящие дерновиннозлаковые степи. Литогенные особенности ландшафтов обуславливают развитие трех эдафических интразональных рядов сообществ: петрофитного, галофитного и псаммофитного. Компонентный состав почвенного покрова (ПП) Чуйской котловины образован 15 почвенными типами, которые объединяются в 9 отделов. Зональным типом почв являются криоаридные, входящие в отдел палево-метаморфических почв (5).

На основе комплексных описаний микроландшафтов были установлены закономерности объединения экосистем локального иерархического уровня в системы более высокого ранга. В Чуйской степи мезоландшафты ранга урочищ объединялись нами в геосистемы более высокого иерархического уровня (местности). Основой для типизации геосистем этого уровня послужили геолого-геоморфологические особенности Чуйской степи.

Эталонный полигон «Касмалинский бор». Полигон расположен в юго-западной части Алтайского края на стыке трех районов: Угловского, Михайловского и Волчихинского. Он представляет региональный феномен ландшафтных комплексов – ленточные боры степной зоны. Ленточные боры степной зоны Обь-Иртышского междуречья представляют уникальное природное явление. Они формируют серию вытянутых в северо-восточном направлении лент, занимающих ложбины стока. Данные комплексы несут своеобразный набор сообществ, обладают оригинальной флорой и имеют сложную пространственную структуру. Основные черты почвенно-растительного покрова изученной территории связаны с проявлениями эоловой и флювиальной динамики. Флювиальные процессы проявляются кратковременно в периоды снеготаяния или ливневых дождей. В результате регулярного перемещения субстрата происходит формирование сложно слоистой почвенно-литологической толщи. На пространственную структуру ландшафтов оказывают влияние также современный гидрологический и геохимический режим, существование карбонатных пластов и линз мергеля, мощность эоловых отложений.

Растительность полигона образована лесным, степным, луговым типами, а также разнообразными галофитными и прибрежно-водными сообществами. Леса представлены сосновыми ксерофитными, березовыми мезофитными и гигрофитными вариантами. Степной тип представлен псаммофитными, гемипсаммофитными и засоленными степями. Галофитная растительность разнообразна и объединяет ценозы с доминированием многолетних трав, однолетников и полукустарничков, широко развиты солончаковатые луга.

Полигон «Касмалинский бор» является одним из ключевых полигонов для отработки методики анализа и геоинформационного моделирования ландшафтов, обладающих сложной пространственной структурой.

Эталонный полигон «Кулундинское озеро». Полигон находится в западной части Алтайского края на территории Благовещенского района, в пределах приозерной равнины Кулундинского озера. Низкие гипсометрические уровни территории, соленые озера, обилие солончаковых соров, многочисленные западины и ложбины определяют повсеместное засоление почв и господство галоморфных и гидроморфных ландшафтов.

Изучение структуры почвенно-растительного покрова и анализ межкомпонентных (рельеф-почва-растительность) взаимосвязей, а также динамики отдельных компонентов экосистем проводились с использованием космических снимков QuickBird и серии снимков Landsat ETM. На космических снимках высокого разрешения ландшафты приозерных равнин показывают высокую контрастность и неоднородность, а также корреляцию между пространственным размещением растительных сообществ и элементарных почвенных ареалов. Полигон характеризуется высоким разнообразием растительности и почв. В растительном покрове представлены все типы, характерные для Кулунды: степи, луга, леса и кустарники, разнородная галофитная и водно-болотная растительность. Почвенный покров исследованной территории создают обусловленные рельефом элементарные почвенные ареалы и образуемые ими почвенные комбинации (ПК) – вариации, пятнистости и комплексы. Увлажнение и минеральный состав почв являются основными факторами, дифференцирующими компонентный состав этих ПК.

Создание на территории Центральной Азии и Южной Сибири единой сети эталонных полигонов для мониторинга опустынивания позволит своевременно, достоверно и эффективно диагностировать неблагоприятное для социума и биосферы развитие ситуации, разрабатывать адекватные меры борьбы с негативными явлениями.

Работа выполнена при финансовой поддержке междисциплинарных интеграционных проектов СО РАН № 14 и № 56.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Конвенция Организации Объединённых Наций по борьбе с опустыниванием, 1994.
2. Виноградов Б.В. Динамика природных процессов и функционирование природных экосистем. – Вестник МГУ, Геогр. серия, 1997. – № 5. – С. 92–105.
3. Куст Г.С. Опустынивание принципы эколого-генетической оценки и картографирования. – М.: Наука, 1999. – 362 с.
4. Зольников И.Д. и др. Многопараметрические базы геоданных для картографирования и мониторинга наземных экосистем Чуйской котловины Горного Алтая // «Биоразнообразие, проблемы экологии Горного Алтая и сопредельных регионов: Настоящее прошлое, будущее» Матер. Междун. конф. Ч. 2. – Горно-Алтайск: РИО ГАГУ, 2008. – С. 67–72.
5. Классификация и диагностика почв России. – Смоленск: Ойкумена, 2004. – 342 с.

УДК 502.75:631.4

Б.М. Кленов

СГГА, Новосибирск

ЭКОЛОГИЯ ГУМУСООБРАЗОВАНИЯ В БУРЫХ ЛЕСНЫХ ПОЧВАХ АЗИАТСКОЙ ЧАСТИ РОССИИ

B.M. Klenov

Siberian State Academy of Geodesy (SSGA)

10 Plakhotnogo Ul., Novosibirsk, 630108, Russian Federation

ECOLOGY OF HUMUS FORMATION IN BROWN FOREST SOILS OF THE ASIAN PART OF RUSSIA

The paper deals with geographo-genetical and geographo-analytical analysis of bioclimatic conditions of humus formation in mountainous systems of the Western Siberia and Far East. The specific features of principal humics have been taken into account.

Бурые лесные почвы, или бурозёмы, – тип почв, наиболее ярко представленный в горных системах северного полушария. Впервые они были описаны более 100 лет тому назад в Западной Европе под пологом широколиственных буково-грабовых лесов в условиях сравнительно теплого и умеренно влажного климата при среднегодовой температуре +7–11 °С и годовой сумме осадков 500–1 200 мм.

Однако в бывшем Советском Союзе до 30-х годов прошлого столетия господствовало представление о преимущественном формировании под пологом лесов, особенно хвойных, подзолистых почв. Лесной растительности приписывалось исключительно оподзоливающее действие вне зависимости от условий её произрастания, состава и свойств почв.

К середине XX-го столетия многочисленные почвенные исследования позволили утверждать, что ареал развития бурых лесных почв значительно шире, чем предполагалось ранее. Бурые лесные почвы были описаны в различных районах Европы и Азии [1]. Таким образом, ареал бурых лесных почв, общепринятый для южных горных территорий с теплым влажным и широколиственными лесами, стал охватывать территории от умеренно теплых западноатлантических до сибирских экстраконтинентальных. В последнем случае растительность представлена не широколиственными лесами, а темнохвойными.

В Азиатской части России почвы буроземного типа широко распространены в пределах горного окаймления Западной Сибири, Восточной Сибири, а также на Дальнем Востоке. В данном сообщении приведены основные показатели гумусового состояния бурых лесных почв Прителецкой

части Горного Алтая и Дальнего Востока (в пределах восточного Сихотэ-Алиня и прибрежной части Тихого океана, Хабаровский край). Для получения более полной картины гумусообразования использованы данные гумусового состояния однотипных почв Горной Шории [2]. При этом был использован общепринятый в классическом почвоведении сравнительно-географический и сравнительно-аналитический подход к исследованию почв.

Биоклиматические и в целом экологические условия формирования бурых лесных почв изученных территорий совершенно неоднозначны (табл. 1).

Таблица 1. Биоклиматические условия формирования бурых почв в горных системах азиатской части России

Биоклиматические показатели	Горный Алтай	Горная Шория	Сихотэ-Алинь
Тип климата, по Н.Н. Иванову [3]	Континентальный, на переходе к резко континентальному (8 и 9 поясы континентальности соответственно)	Континентальный (8 пояс континентальности)	Слабо морской на переходе к слабо континентальному (5 и 6 поясы континентальности соответственно)
Пояс распространения почв в пределах высот над уровнем моря, м	1 000–1 800	450–550	200–750
Продолжительность вегетационного периода, дней	115–120	100–115	90–120
Сумма температур выше +10 °С	980–1 400	1 800	1 200–1 600
Среднегодовая температура, °С	+0,3... -2,2	+0,3...-0,9	+0,3
Среднегодовое количество осадков, мм	600–1 000	600–800	700
Количество осадков за теплый период года, % от среднегодовой нормы	70	75	80
Высота снежного покрова, м	0,75–1,5	0,7	0,2–0,4
Типичная растительность	Кедрово-лиственный и лиственный высокотравный ягодно-мшистый тип леса	Пихтово-кедровый тип леса со слабо развитым моховым покровом и с наличием подлеска из черемухи, рябины, калины и высокотравья в травянистом покрове	Ельник зеленомошной группы с наличием пихты и примеси березы во втором ярусе
Почвообразующие породы	Элювио-делювий хлоритовых сланцев, диоритов, песчаных алевролитов	Щебнистые пролювиально-делювиальные отложения – продукт выветривания гранодиоритов	Продукт выветривания базальтов – красновато-бурый рыхлый щебнисто-глинистый элювий и элювио-делювий

Как известно, различное сочетание общеизвестных пяти факторов почвообразования, по В.В. Докучаеву, является причиной многообразия почв на Земном шаре. В данном случае выявляется, что и при различном сочетании

факторов почвообразования в различных регионах могут образовываться почвы одного типа почвообразования – буроземообразования. На примере трех географических территорий Азиатской части России можно отметить, что буроземообразование может происходить как в условиях континентального климата Западной Сибири, так и слабо морского климата по Н.Н. Иванову [3]. Однако два разных типа климата не являются основным, определяющим условием буроземообразования. Данные табл. 1 позволяют судить о том, что климатические условия во всех изученных регионах существенно не отличаются, например, по количеству и характеру выпадающих осадков. Как видно, на всех изученных территориях основная часть их выпадает в период максимальной биологической активности. Однако, тем не менее, нельзя отметить и одинаковость климатических составляющих. Континентальность на Дальнем Востоке «погашается» за счет более высокой среднегодовой температуры и в целом более высоким запасом тепла, если судить о нем по сумме положительных температур выше 10 °С. Хотя в Западной Сибири, есть территории с буроземообразованием, более теплообеспеченные, например, Горная Шория. Различными оказались в основном высотные пределы, в которых сформировались изученные почвы. Таким образом, определяющим фактором почвообразования для почв одного типа, формирующихся в географически удаленных территориях, оказался рельеф. Однако рельеф сам по себе определяет и другие условия образования почв. Склоны разной экспозиции, как известно, отличаются различной влаго- и теплообеспеченностью. В целом же, например, в Горном Алтае и в особенности в Горной Шории, осадки в форме снега, т. е. второстепенная часть осадков от общего годового их количества, существенно влияет на характер почвообразования [2]. Первый снег в горных системах юго-востока Западной Сибири выпадает в конце сентября, а устойчивый снежный покров создается к декабрю, когда почва имеет положительную температуру. Дальнейшее снижение температуры воздуха в связи с этим не приводит к промерзанию почв.

С увеличением абсолютных высот мощность снежного покрова может достигать 1,5 м. Вследствие большой мощности снежного покрова даже при отрицательной среднегодовой температуре промерзание почвы либо отсутствует (Горная Шория), либо очень незначительно (Горный Алтай). Более того, установлено, что на больших высотах температура почв значительно выше, чем в нижней части пояса, что связано с инверсией температур и высокой мощностью снежного покрова в этих частях горных систем.

Что касается Дальнего Востока, то более благоприятная здесь, по сравнению с горными системами Западной Сибири, среднегодовая температура, компенсируется промерзанием почв, отмечающимся со второй половины октября и до конца апреля и достигающим нередко глубины 60–80 см [4].

Все биоклиматические условия суммарно определяют не только условия гумусообразования, но и природу гумуса в целом и его составляющих в частности. Распределение гумуса по профилю всех изученных почв имеет равномерно убывающий характер с глубиной (табл. 2), а размеры его

накопления метровой толще, по нашим подсчетам, не превышают 150-180 т/га, что характерно для почв данного типа [5].

Таблица 2. Основные показатели физико-химических свойств и состава гумуса бурых лесных почв

Почвен- ный горизон т	Физико-химическая характеристика почв					Характеристика состава гумуса			
	гумус, %	ЕКО, мг-экв/ 100 г почвы	обмен- ный Н, мг-экв/ 100 г почвы	рН солевой суспензи и	Фракция Менее 0,01 мм, %	воскосм олы, %	Сгк/ Сфк	Подви жные ГК, %	Подви жные ФК, %
Горный Алтай									
А	5,5	11,7	6,5	4,7	38,0	10,0	0,9	70	70
AB	3,8	10,9	5,5	4,6	38,0	8,0	0,7	70	70
В	1,7	7,0	3,8	4,6	36,0	6,0	0,5	50	60
Горная Шория									
А	4,3	18	9,0	4,2	12,0	12,0	0,4	50	50
AB	3,9	18	10,0	4,4	18,0	10,0	0,4	55	50
В	3,4	10	5,0	4,3	8,0	9,0	0,4	55	50
Сихотэ-Алинь									
А	6,8	11,0	7,0	4,0	55,0	4,9	0,8	80	75
AB	4,6	7,9	4,5	3,9	58,0	2,5	0,6	90	85
В	3,5	7,0	5,0	3,9	5,8	2,0	0,4	90	85

Несколько большее его накопление в почвах Дальнего Востока скорее всего связано с наибольшей степенью выветрелости базальтовых пород, чем гранитоидов, о чем можно судить по содержанию в верхней части, собственно гумусовой, части профиля фракций мелкой размерности (физической глины, менее 0,01 мм). Основные характеристики состава гумуса отличительные его особенности в бурых почвах Дальнего Востока. Меньшее накопление здесь устойчивых к разложению веществ битумной природы (воскосмол), типичных для темнохвойных лесов, можно объяснить тем, что весь комплекс биоклиматических условий здесь складывается, тем не менее, в пользу более высокой скорости биологического круговорота, чем в Западной Сибири. Известно, что окраинная часть континента относится к зоне «перехода», которая находится под влиянием Тихого океана, что является основной причиной фациальности буроземообразования здесь [6]. Другая отличительная особенность состава гумуса бурых почв Дальнего Востока наблюдается в повышенной подвижности как ГК, так и ФК, что согласуется с более кислой их реакцией, связанной не только с более кислым опадом елового леса, но и с большей долей участия обменного водорода в составе почвенного поглощающего комплекса.

Изученные почвы имеют огромную практическую значимость. В горных территориях их целесообразно использовать под лесными угодьями. Вместе с тем, на выположенных местоположения на Дальнем Востоке они перспективны для сельскохозяйственного использования.

Сведенные в данном обзоре данные по гумусовому состоянию почв буроземного типа почвообразования показывают, что различное сочетание факторов почвообразования на примере разных территорий Азиатской части России может привести к формированию почв, весьма близких по своему генезису.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Почвы Горно-Алтайской автономной области / Под ред. Р.В. Ковалева. – Новосибирск: Наука, Сиб. отд-ние, 1973. – 352 с.
2. Ковалева С.Р., Корсунов В.М., Таранов С.А. Лесные почвы горного окаймления юго-востока Западной Сибири (Восточный Алтай, Горная Шория, Салаир). – Новосибирск: Наука, Сиб. отд-ние, 1974. – 206 с.
3. Иванов Н.Н. Пояса континентальности Земного шара / Изв. Всесоюз. географ. о-ва. – 1959. – № 5. – С. 410–423.
4. Почвенные ресурсы сельскохозяйственного назначения. – Новосибирск: Наука, Сиб. отд-ние, 1989. – 208 с.
5. Кленов Б.М. К вопросу о природе гумуса основных типов почв Горного Алтая // Докл. Сибирских почвоведов к IX Международному конгрессу почвоведов. – Новосибирск: Наука, Сиб. отд-ние, 1968. – С. 122–140.
6. Ивлев А.М. Фациальные особенности почвообразования в зоне перехода от континента к океану.
http://soilmuseum.narod.ru/publications/konfer/doc2004/zemlya_104.htm.

© Б.М. Кленов, 2009

УДК 528.9

В.Л. Истомин, К.П. Куценогий

ИГиЛ СО РАН, ИХиГ СО РАН, Новосибирск

ИССЛЕДОВАНИЕ РАВНОМЕРНОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЧАСТИЦ РАЗЛИЧНОЙ ФОРМЫ ПРИ ИМПУЛЬСНОМ РАСПЫЛЕНИИ

V.L. Istomin

Lavrentyev institute of Hydrodynamics

Siberian Branch Russian Academy of Sciences

15 Lavrentyev Pr., Novosibirsk, 630090, Russian Federation

K.P. Koutsenogii

Institute of Chemical Kinetics and Combustion

Siberian Branch Russian Academy of Sciences

3 Institutskaya st., Novosibirsk, 630090, Russian Federation

A STUDY OF UNIFORM DISTRIBUTION OF VARIOUSLY SHAPED PARTICLES UNDER PULSED SPUTTERING

The report presents results of experimental investigations of the density of the sediments of powder materials under pulsed sputtering by means of sedimentometer.

Для определения аэродинамических геометрических размеров частиц сложной формы была предложена методика с использованием седиментометра и цифровой стереофотограмметрии [1–3].

Корректность результатов этой методики существенно зависит от равномерности осадка распыленной навески порошкообразного материала. Поэтому основной задачей приводимых в данном сообщении результатов является экспериментальная проверка точности.

Исследование неравномерности распределения осаждаемого материала при распылении с помощью импульса газа проводилось на установке, подробно описанной в статье [1]. Приводим её краткое описание.

Описание установки. Схема экспериментальной установки показана на рис. 1. Установка состоит из бункера 1 с порошкообразным материалом 2, транспортной магистрали 3 (А и Б), источника сжатого воздуха (ресивера) 4, основного 5 и двух вспомогательных 6 и 7 клапанов, калиброванного сопла 8, располагающегося в транспортной магистрали 3, вспомогательного сопла 9, а также приемника (или камеры распыления) 10 порошкообразного материала, который в зависимости от назначения можно располагать как вертикально, так и горизонтально. В калиброванном сопле 8 находится некоторая порция порошкообразного материала 11, поступающая от расходного бункера 1 через сопло 12. Собственно приемник состоит из верхнего переходного корпуса 13, сменной цилиндрической части приемника 10 и нижнего переходного корпуса

14, к которому присоединяется фильтродержатель 17 с установленными на металлической сетке 16 фильтрами 15 типа АФА-ХА-18 [2–3].

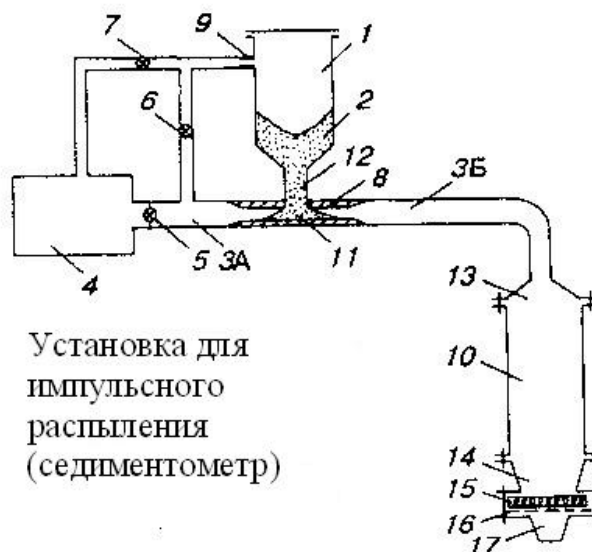


Рис. 1. Экспериментальная установка

В настоящих экспериментах применялись стальной вертикальный цилиндрический канал с внутренним диаметром 70 мм, длиной 560 мм и ресивер объемом 300 см³.

Методика проведения экспериментов. Проба исследуемого вещества загружалась в бункер. В ресивер нагнетался воздух с начальным давлением от 0,4 до 1,0 МПа. Открывались основной клапан, создающий воздушный импульс длительностью около 0,5 с, и вспомогательные клапаны. Порция порошка 50–60 мг распылялась с воздушным потоком в приемник и оседала на фильтре. Затем из разных частей фильтра АФА-ХА-18 вырезались 10 участков фильтров площадью 1 см² с напыленным на них веществом.

В опытах использовались порошки плексигласа и пыльцы черной ольхи.

Частицы порошка плексигласа имели сферическую форму со средним диаметром 60 мк. В первой серии экспериментов давление в ресивере менялось от 0,4 МПа до 0,2 МПа, а во второй – от 1,0 МПа до 0,3 МПа.

Результаты опытов первой серии представлены в табл. 1.

Таблица 1. Распределение порошка плексигласа на разных участках фильтра (Р_н = 0,4 МПа)

Опыт	Вес 1 см ² фильтра с нанесенным на него порошком плексигласа, мг.										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	$\bar{X}$
1	2,8	2,7	2,8	2,7	2,7	2,7	2,8	2,7	2,7	2,7	2,7
2	2,5	2,5	2,5	2,5	2,4	2,5	2,4	2,5	2,5	2,4	2,5
	Вес порошка плексигласа, осевшего на 1 см ² фильтра АФА										
1	0,2	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	0,16
2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,2	0,1	0,2	0,2	0,1	0,12

Примечание. $\bar{X}$ – среднее значение.

полученных экспериментальных данных показывает, что распыление навески давлением 0,4 МПа на поверхность фильтра происходит достаточно равномерно. Аналогичный результат достигается и при увеличении начального давления в ресивере до 1,0 МПа (табл. 2).

Таблица 2. Распределение порошка плексигласа на разных участках фильтра ($P_H = 1,0$ МПа)

Опыт	Вес 1 см ² фильтра с нанесенным на него порошка плексигласа, мг										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	$\bar{X}$
3	3,3	3,4	3,3	3,2	3,3	3,2	3,1	3,2	3,3	3,3	3,3
4	2,8	2,8	2,8	2,9	2,9	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8
	Вес порошка плексигласа, осевшего на 1 см ² фильтра АФА										
3	0,4	0,5	0,4	0,3	0,4	0,3	0,2	0,3	0,4	0,4	0,3
4	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2

Аналогичные опыты были проведены с пылью черной ольхи, которые не являются сферическими частицами. Они представляют практически плоские частицы в форме пятиконечного многоугольника. Основной размер пыли составляет 25–45 мк. В экспериментах с пылью для засыпки в бункер использовались порции пыли весом 30–50 мг. Начальное давление в ресивере равнялось 0,4 МПа. Сброс давления в нём осуществлялся до 0,2 МПа. Результаты экспериментов приведены в следующей табл. 3.

Полученные данные, приведенные в табл. 3, указывают на достаточно равномерное распределение пыли по площади фильтра.

Таблица 3. Вес пыли, осевшей на различных участках фильра, площадью 1 см²

Опыт	Первый		Второй		Третий		Четвертый		Пятый		Шестой	
	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
1	2,7	0,1	2,8	0,2	2,7	0,2	2,9	0,1	2,8	0,3	2,8	0,1
2	2,8	0,2	2,9	0,3	2,6	0,1	3,0	0,2	2,7	0,2	2,9	0,2
3	2,7	0,1	2,8	0,2	2,7	0,2	2,9	0,1	2,7	0,2	2,8	0,1
4	2,7	0,1	2,8	0,2	2,6	0,1	3,0	0,2	2,8	0,3	2,8	0,1
5	2,8	0,2	2,7	0,1	2,7	0,2	3,0	0,2	2,7	0,2	2,9	0,2
6	2,7	0,1	2,8	0,2	2,6	0,1	2,9	0,1	2,8	0,3	2,8	0,1
7	2,8	0,2	2,8	0,2	2,7	0,2	3,1	0,3	2,7	0,2	2,8	0,1
8	2,7	0,1	2,7	0,1	2,6	0,1	3,0	0,2	2,7	0,2	2,8	0,1
9	2,7	0,1	2,8	0,2	2,6	0,1	3,0	0,2	2,6	0,1	2,8	0,1
10	2,8	0,2	2,8	0,2	2,7	0,2	3,0	0,2	2,7	0,2	2,8	0,1
$\bar{X}$	2,7	0,1	2,8	0,2	2,7	0,2	3,0	0,2	2,7	0,2	2,8	0,1

Примечание. I – вес 1 см² фильры с напыленной на него пылью ольхи черной. II – вес пыли ольхи черной, напыленной на 1 см² фильр.

Эксперименты показали, что для эффективного распыления порошков с размером частиц до 60 мк достаточно импульса газа с начальным давлением в ресивере 0,4 МПа.

Таким образом, импульсное распыление обеспечивает достаточно равномерное распыление частиц по всей площади фильтра независимо от формы частиц. Однако, в связи с малым количеством порошка, осаждаемого на фильтре, точность распыления по предварительным оценкам составляет около 25 %.

В связи с этим необходимо продолжить эксперименты с целью увеличения массы осадка на фильтре.

Работа выполнена при поддержке проекта МНТЦ № 3695.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Истомин В.Л., Куценогий К.П. «Получение аэрозолей из порошкообразных материалов методом импульсного воздействия газом» // ТЭ – 1998, – Т. 5, № 1. – С. 75–79.
2. Трубина Л.К., Головина Л.А. Фотограмметрический метод определения морфологии пылевых зерен // Вестник СГГА. – 2000. – Вып. 5. – С. 139–143.
3. Куценогий К.П., Куценогий П.К. Проблема определения размера аэрозольных частиц несферической формы. В кн. Аэрозоли Сибири, под ред. Куценого К.П. – Новосибирск, 2006. – С. 508–518.

© В.Л. Истомин, К.П. Куценогий, 2009

УДК 528.8

Д.С. Дубовик¹, М.В. Якутин²

¹СГГА, Новосибирск

²ИПА СО РАН, Новосибирск

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДОВ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ В МОНИТОРИНГЕ СТЕПНЫХ ЭКОСИСТЕМ ТУРАНО-УЮКСКОЙ КОТЛОВИНЫ

D.S. Dubovik¹, M.V. Yakutin²

¹Siberian State Academy of Geodesy (SSGA)

10 Plakhotnogo Ul., Novosibirsk, 630108, Russian Federation

²Institute of Soil Science and Agrochemistry (ISSA)

18 Sovetskaya Ul., Novosibirsk, 630099, Russian Federation

USE OF REMOTE SENSING IN MONITORING OF STEPPE ECOSYSTEMS IN TURAN-UYUK DEPRESSION

The purpose of the present research consist in construction of a landscape map on Turan-Uyuk depression. The map was compounded under the data of a decoding of space snapshots. Nine kind of landscapes were discharged on a landscape map. The field area has compounded 17,3 %, and the area of steppe pastures has compounded 10 % from the general area of a flat part of Turan-Uyuk depression. The hardly degraded pastures compound 22 % from common area of pastures.

Из всех типов наземных экосистем, степные экосистемы испытывают наибольшее воздействие со стороны человека с древнейших исторических времён до наших дней. Сухие степи задолго до появления человека на Земле служили естественными пастбищами для десятков миллионов травоядных животных. Сегодня на этих пастбищах пасется домашний скот. Его численность и биомасса близки к тем, что имели дикие копытные 3–4 века назад.

Система ведения кочевого скотоводства складывалась в течение длительного исторического периода и определялась совокупностью природных и хозяйственных факторов. Выполнение этих условий приводило к локализации антропогенного воздействия на растительный покров. В настоящее время для Тувы характерна смена традиционных видов отгонного скотоводства полустационарным, что связано с появлением постоянных центров. Следствием этого является сокращение числа и дальности перекочёвок, сосредоточению скота вблизи посёлков, летовок в одних и тех же местах. В местах значительного скопления населения и домашних животных наблюдаются процессы деградации степных экосистем [1, 2].

Индикаторами деградации экосистем выступают любые нарушения компонентов – изменения состава, структуры; ухудшение естественных качеств

компонентов; на последних стадиях дигрессии возможно отсутствие биотических компонентов и зонального экотопа [3].

В степях Тувы в ходе длительной адаптации установилось уникальное соотношение надземной и подземной массы растительности, которое составляет 1 : 30 и даже 1 : 40. Мощный запас питательных веществ в корнях гарантирует быстрое восстановление надземных частей растений после поедания их скотом. Естественная степная растительность с мощной корневой системой является лучшим закрепителем почвы. Распашка и замена степной растительности культурными злаками с неизбежностью привели к усилению эрозионных процессов.

В современном научно-исследовательском арсенале имеется большое количество различных методов определения жизненного состояния и жизнеспособности различных видов, популяций и состояния экосистем. Однако все эти научные методы, будучи основанными на количественной параметризации структурных и особенно функциональных характеристик биоты и среды обитания, достаточно сложны, трудоёмки и дороги [1, 2]. Экологический мониторинг с использованием этих методов часто затруднен.

Дистанционное исследование обеспечивает быстрый и эффективный способ получения информации об использовании земель, состоянии экосистем, степени нарушенности природных и природно-антропогенных комплексов. Среди физических методов, применяемых в экологическом мониторинге в настоящее время, особое место занимают оптические дистанционные методы, основанные на использовании закономерностей взаимодействия излучения с веществом, на знании оптических свойств исследуемых объектов, на понимании сущности оптических явлений, протекающих в природной среде [4].

Оптические и радиационные свойства экосистем непосредственно определяются, в первую очередь, растительным покровом, а там, где покрытие растительности меньше 30–40 %, также и почвами. Растительность и почвы представляют ту физическую деятельную поверхность, которая формирует отражение, падающего солнечного света и собственное излучение. Основные экобиоморфы растительности и классы типов почв характеризуются специфическими оптическими свойствами [5].

В настоящее время в России в отличие от многих стран отсутствует единая информационная система обеспечения исследований окружающей среды. Ведущиеся в различных организациях и ведомствах работы по изучению природно-антропогенных систем разрознены, и получаемые при этом важные результаты не всегда доступны для массового пользователя. Более того, отсутствуют единые стандарты представления и хранения экологической информации и развития технологий ее обработки [6].

Цель данного исследования состояла в анализе соотношения площадей природных и антропогенно-трансформированных объектов в равнинной части Турано-Уюкской котловины Республики Тыва.

Исходные растровые изображения были получены из ресурсов Google Maps. Размер собранного растра составил 8*4,5 тысячи точек. Полученное от

Google Maps изображение зарегистрировано в проекции Меркатора (Universal Transverse Mercator (WGS 84)), в MapInfo, по 8 контрольным точкам, координаты которых получены при помощи Google Earth. Ошибки точек не превышают 4-х пикселей. Зона UTM 46. При определении контуров для некоторых участков котловины использовались данные Google Earth высокого разрешения (Quick Bird), снимок Landsat 7 ETM+ с различными комбинациями каналов.

Граница Турано-Уюкской котловины проведена примерно по горным склонам, где постоянные высоты гор достигают 1 300–1 500 метров и лесной покров становится постоянным. Средние высоты в равнинной части котловины колеблются от 800 до 880 метров, понижение поверхности в равнинной части котловины в целом идёт с запада на восток, конечный водоток – р. Бий-Хем, с высотой уреза около 665 метров возле впадения р. Уюк. Высота реки Уюк в месте впадения р. Туран – около 810 метров, высота р. Туран, возле г. Туран примерно 855 метров. Мелкие горы внутри котловины имеют высоту не более 1 100–1 200 метров над уровнем моря.

Путём сравнения характерных окрасок с данными Google Earth высокого разрешения были определены контура девяти типов местности (рис. 1).

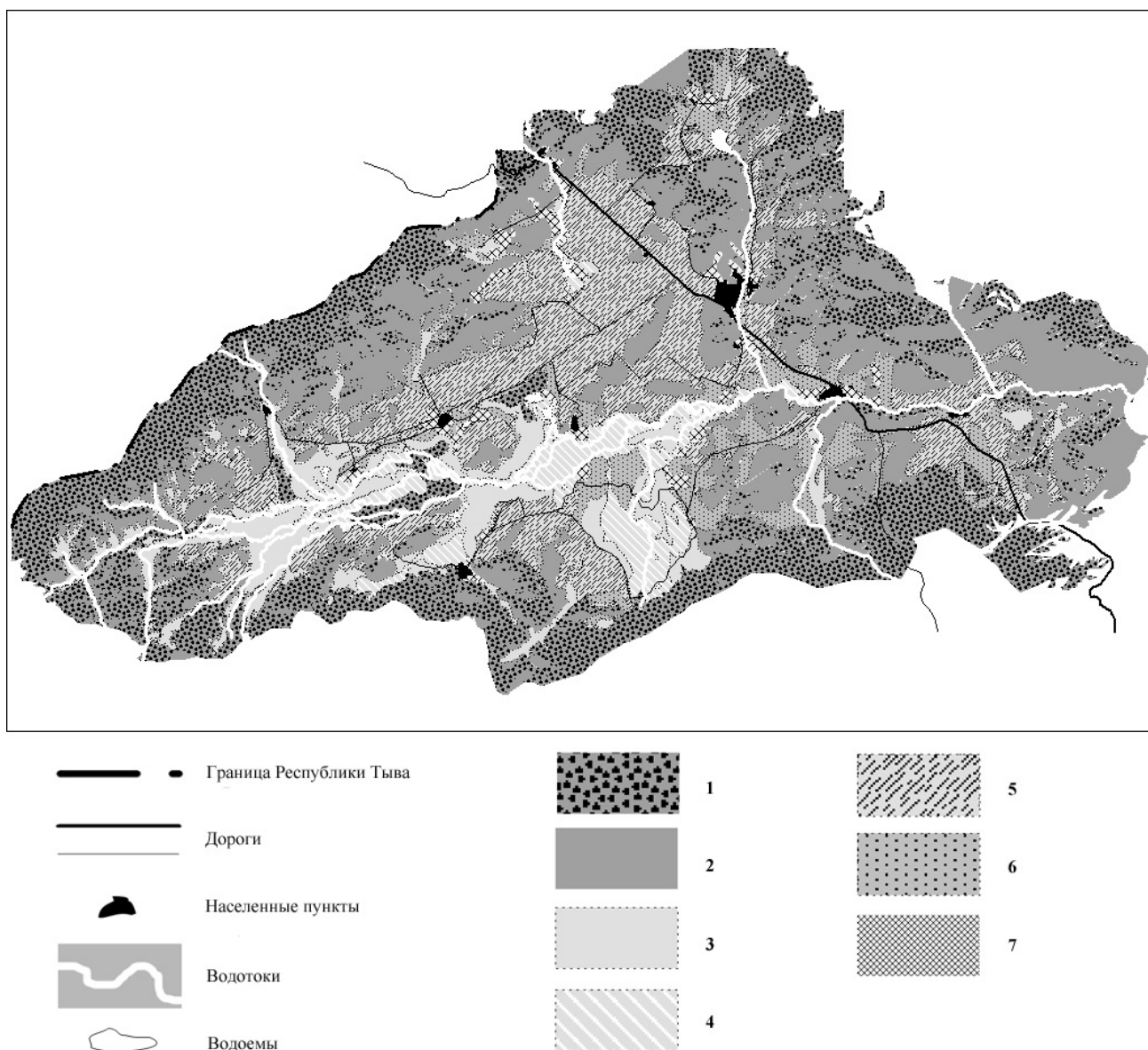


Рис. 1. Ландшафтно-экологическая картосхема Турано-Уюкской котловины: 1 – лесные массивы; 2 – горные степи и луга; 3 – луга; 4 – болота; 5 – пашни; 6 – степные пастбища под умеренным выпасом; 7 – сильно деградированные степные пастбища

Картосхема отрисована в масштабе М 1 : 100 000. Приблизительные ошибки при определении площадей лесов, пашни, травяных экосистем горных склонов и населенных пунктов составляют не более 10 %. Площади остальных выделенных типов местности определены с ошибкой до 20 %. Некоторые контура могут быть ошибочно опознаны, и для более подробного и полного их анализа необходимо полевое дешифрирование.

Большие площади территории котловины, являющиеся, по сути, сильно пересечённой местностью, выделены в общий контур горных склонов – в основном это южные склоны невысоких гор с неоднородным покрытием. Во многих местах мелкие водотоки, расчленяя склоны, спускаются в долину,

образуют конус выноса и переходят в контура луговой или болотной растительности.

На территориях, занятых степными пастбищами в равнинной части котловины, были выделены участки сильно деградированных пастбищ и степных пастбищ под умеренным выпасом.

На основании ландшафтной карты были вычислены площади различных ландшафтных участков (табл. 1).

Таблица 1. Площади дешифрированных объектов в Туранской котловине

№ п/п	Тип местности	Площадь (км ²)	Площадь (%)
1	Лесные массивы различной плотности и состава, подавляющая часть из которых – хвойные породы горных склонов	683,69	30,8
2	Травяные экосистемы горных склонов	606,67	27,3
3	Пашни используемые или заброшенные	382,92	17,3
4	Пойменные луга	187,46	8,4
5	Заболоченные территории, местами с мелкими, до 200 метров в диаметре озёрами	121,69	5,5
6	Озёра	4,75	0,2
7	Степные пастбища под умеренным выпасом	173,27	7,8
8	Сильно деградированные степные пастбища	48,57	2,2
9	Населённые пункты	10,23	0,505

Общая площадь равнинной части Турано-Уюкской котловины по данным дешифрирования составила 2 219,25 км². Травяные экосистемы занимают 1 015,97 км² (45,78 % площади равнинной части котловины).

Суммарная длина всех водотоков – 417,3 км, длина обозначенных на картосхеме полевых и грунтовых дорог – 247,9 км, длина федеральной трассы М-54 в пределах картосхемы – 68 км, протяженность границы с Красноярским краем в пределах картосхемы – 50,1 км.

Общая площадь пашни составляет 382,92 км² (17,3 % площади равнинной части котловины). Степные пастбища занимают 221,84 км² (10 % площади равнинной части котловины), из них сильно деградированы 21,9 %.

Одним из лимитирующих факторов отгонного животноводства является наличие водопоев. В горно-степных, горно-лесостепных и горно-лесных районах ими являются реки, а в равнинных и горно-пустынных – родники и колодцы. В юго-восточной части Тувы концентрация поголовья скота отмечается в местах с повышенной плотностью водопоя: у мелких озер, в солончаковых впадинах, возле родников и колодцев. Именно там наблюдается максимальное нарушение и сбитые пастбища, на которых фиксируется смена коренного растительного сообщества сорными видами растений с преобладанием ядовитых – слабопоедаемых и непоедаемых [1].

По данным составленной ландшафтно-экологической картосхемы оказалось, что в Турано-Уюкской котловине основные площади сильно

деградированных пастбищ, также как во всей Тыве, приурочены к населенным пунктам и водопоям.

Последнее обследование состояния пастбищ на севере Центральной Азии показало, что около 75 % пастбищ деградированы в той или иной степени и нуждаются в различных мероприятиях по улучшению [7]. Составленная ландшафтно-экологическая картосхема Турано-Уюкской котловины не позволяет без дополнительного полевого обследования оценить степень нарушенности всех степных пастбищ. Но на основании составленной картосхемы уже на данной стадии ее исполнения становится возможным оценить площади и местоположение наиболее нарушенных участков степных пастбищ, и принять меры к проведению комплекса мероприятий для их восстановления.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ондар С.О. Проблемы устойчивости экосистем и оценка их современного состояния / С.О. Ондар, Н.И. Путинцев, А.Ч. Ашак-оол и др. / Кызыл: ТувИКОПР СО РАН, 2000. – 182 с.
2. Востокова Е.Л. Совместная Российско-Монгольская комплексная биологическая экспедиция. Биологические ресурсы и природные условия Монголии // Т. XXXIX Экосистемы Монголии: распространение и современное состояние / Е.Л. Востокова, П.Д. Гунин, Е.И. Рачковская и др. – М.: Наука, 1995. – 326 с.
3. Гунин П.Д. Современные процессы деградации и опустынивания экосистем восточноазиатского сектора степей и лесостепей // Современные глобальные изменения природной среды. В 2-х томах. Т. 2. / П.Д. Гунин, И.М. Микляева. – М.: Научный мир. – 2006. – С. 389–412.
4. Зяткова Л.К. У истоков аэрокосмического мониторинга природной среды / Л.К. Зяткова, Б.С. Елепов. – Новосибирск: СГГА, 2007. – 380 с.
5. Виноградов Б.В. Аэрокосмический мониторинг экосистем / Б.В. Виноградов. – М.: Наука, 1984. – 320 с.
6. Савиных В.П. Информационные технологии в системах экологического мониторинга / В.П. Савиных, В.Ф. Крапивин, И.И. Потапов. – М.: ООО Геодезкартиздат, 2007. – 392 с.
7. Эксперимент "Убсу-Нур". Коллективная монография. Ч. 1. Наземные исследования / Бугровский В.В. и др. – М.: Интеллект, 1995. – 272 с.

© Д.С. Дубовик, М.В. Якутин, 2009

УДК 528.4

А.П. Григорюк, Л.П. Брагинская
ИВМиМГ СО РАН, Новосибирск

ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ВИБРОСЕЙСМИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА

A.P. Grigoruk, L.P. Braginskaya

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

INFORMATION SUPPORT OF VIBROSEISMIC MONITORING

In this paper we propose the conceptual approach to constructing informational computational systems of experimental geodata. The web-oriented experiment information system has been created. The system based on a data obtained in unique vibroseismic Earth sounding experiments. These experiments were conducted during 1995-2007 at Altay and Sayan regions, Baikal rift zone and Taman mud volcano province. Most of data is obtained using powerful eccentric 40- and 100-ton seismic vibrators.

Structured information about 33 experiments has been brought into the database. The system file archive contains over 30000 seismic traces obtained in these experiments. Users can search the database by various parameters (about 20) of the vibroseismic sounding, retrieve, view, and analyze the traces have been found. The program modules (PM1-PMn) perform various data processing and analysis. The set of modules can be expanded if necessary. The cartographic system constructed on Google Maps service allows users to work with interactive maps and satellite images of areas of carrying out of experiments.

На протяжении 1995–2007 годов лаборатория геофизической информатики ИВМиМГ СО РАН принимала участие в экспериментальных работах, проводимых Сибирским отделением Российской академии наук, по активному вибромониторингу литосферы в сейсмоопасных районах России. Работы проводились в Алтае-Саянской сейсмоактивной зоне, Байкальской рифтовой зоне, Таманской грязе-вулканической провинции.

Активный вибромониторинг относится к числу новых геофизических технологий, включающих методы наблюдения за состоянием земной коры по изменению характеристик распространения сейсмических волн. В качестве источников сейсмических волн использовались мощные управляемые вибраторы, расположенные на Быстровском, Байкальском и Краснодарском сейсмологических полигонах. В экспериментах по вибропросвечиванию грязевых вулканов Ахтанизовский, Шуго, г. Карабетовой использовался передвижной 10-тонный сейсмический вибратор. Регистрация осуществлялась

специальными мобильными регистраторами и региональными сейсмостанциями в радиусе до 500 км от источников. В ходе некоторых экспериментов регистрировались также промышленные взрывы на шахтах и разрезах Кузбасса и на Семипалатинском ядерном полигоне.

Всего было проведено более 30 экспериментов, в ходе которых зарегистрировано около 30 000 сейсмотрасс. В результате был накоплен большой архив файлов волновых форм и сопутствующей информации (тип сейсмического источника, параметры излучаемого им сигнала, параметры регистратора, географические координаты источника и регистратора и т. д.).

В настоящее время этот экспериментальный материал используется при решении следующих задач геофизики:

- Развитие нового метода активной сейсмологии и геофизических технологий с использованием мощных вибрационных источников сейсмических волн;
- Экспериментальные и теоретические исследования по сейсмическому зондированию Земли с целью изучения деформационных процессов в коре и верхней мантии;
- Создание методики вибросейсмического мониторинга сейсмоопасных зон с целью прогноза землетрясений;
- развитие методов обработки и интерпретации вибросейсмических данных;
- Математическое моделирование в задачах разведочной геофизики и прогноза землетрясений;
- Разработка численных методов решения прямых и обратных задач геофизики, включая комбинированные обратные задачи;
- Разработка новых численно-аналитических методов решения многомерных прямых задач и их приложений в исследованиях различных аспектов сейсмологии и сейсморазведки.

Однако файловый архив, содержащий экспериментальные данные, был неструктурирован, файлы волновых форм имели различный формат, определяемый типами применяемых регистраторов, а сопутствующая информация хранилась в произвольной форме. Всё это затрудняло поиск информации в архиве. Кроме того, доступ к архиву был возможен только в пределах локальной компьютерной сети ИВМиМГ СО РАН, что сокращало круг потенциальных пользователей.

Для разрешения вышеизложенных проблем было принято решение создать такую информационно-вычислительную систему, которая содержала бы базу экспериментальных данных, обеспечивала доступа к ним через Интернет, позволяла осуществлять интерактивный анализ этих данных и построение географические карт районов проведения экспериментов. С учетом этих обстоятельств была разработана новая концепция информационной системы для поддержки экспериментальных исследований.

Центральным элементом этой системы является реляционная база данных. Для проектирования соответствующей модели данных представим обобщенную инфологическую модель эксперимента как показано на рис. 1. Эта модель будет справедливой для любой предметной области и для экспериментов любого типа. Действительно, в любой предметной области можно выделить следующие основные элементы этой модели:

- Класс исследуемых объектов;
- Класс воздействующих на объект факторов;
- Класс сенсоров, регистрирующих те или иные параметры отклика.

В ходе эксперимента значения свойств экземпляров этих классов могут варьироваться от опыта к опыту.

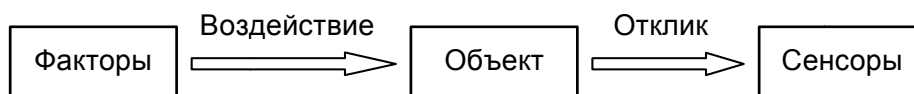


Рис. 1. Обобщенная инфологическая модель эксперимента

Для перехода от модели эксперимента к модели данных достаточно заменить сущности, представленные на рис. 1, на отношения с соответствующими атрибутами и связями. Полученную обобщенную модель данных необходимо адаптировать для каждой конкретной предметной области и вида экспериментов. Например, если исследуемые объекты достаточно сложны, целесообразно будет представить их в виде системы более простых объектов. Это можно проделать с помощью декомпозиции отношения ОБЪЕКТ в соответствии с правилами реляционной алгебры Кодда.

Обобщенная структурная схема информационной системы приведена на рис. 2. Схема отличается от стандартной наличием модуля анализа. Это приложение, выполняющее анализ данных в соответствии с алгоритмами, применяемыми в конкретной предметной области. Модуль принимает запрос на анализ от веб-приложения, считывает необходимые данные из файлового архива и осуществляет их анализ. Результаты анализа обрабатываются веб-приложением и передаются пользователю в числовой и графической форме.

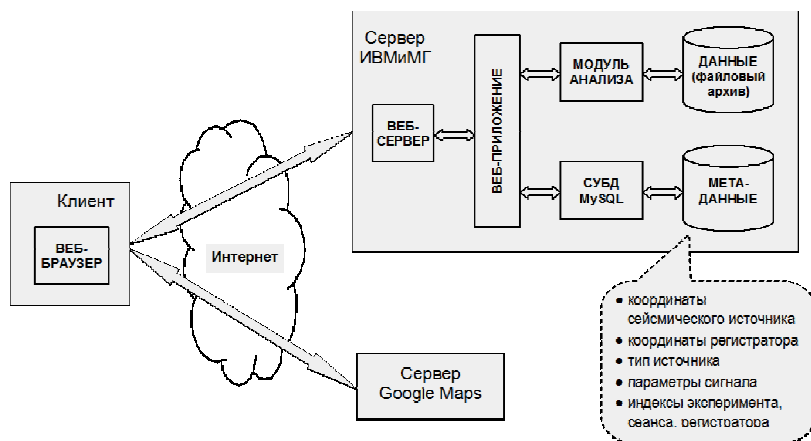


Рис. 2. Структурная схема ИВС

В свете предложенной концепции нами была разработана веб-ориентированная информационно-вычислительная системы (ИВС) «Вибросейсмическое просвечивание Земли» (<http://opg.sccc.ru/db>), реализующая следующие функции:

- Получение подробной информации по любому из проведенных экспериментов (метаданные);
- Поиск в базе данных одновременно по 18 параметрам вибропросвечивания;
- On-line анализ найденных сеймотрасс с отображением результатов непосредственно в веб-браузере пользователя;
- Построение по результатам поиска интерактивных карт и спутниковых снимков с обозначенными источниками и регистраторами сейсмических волн;
- Загрузка файлов волновых форм на компьютер пользователя.

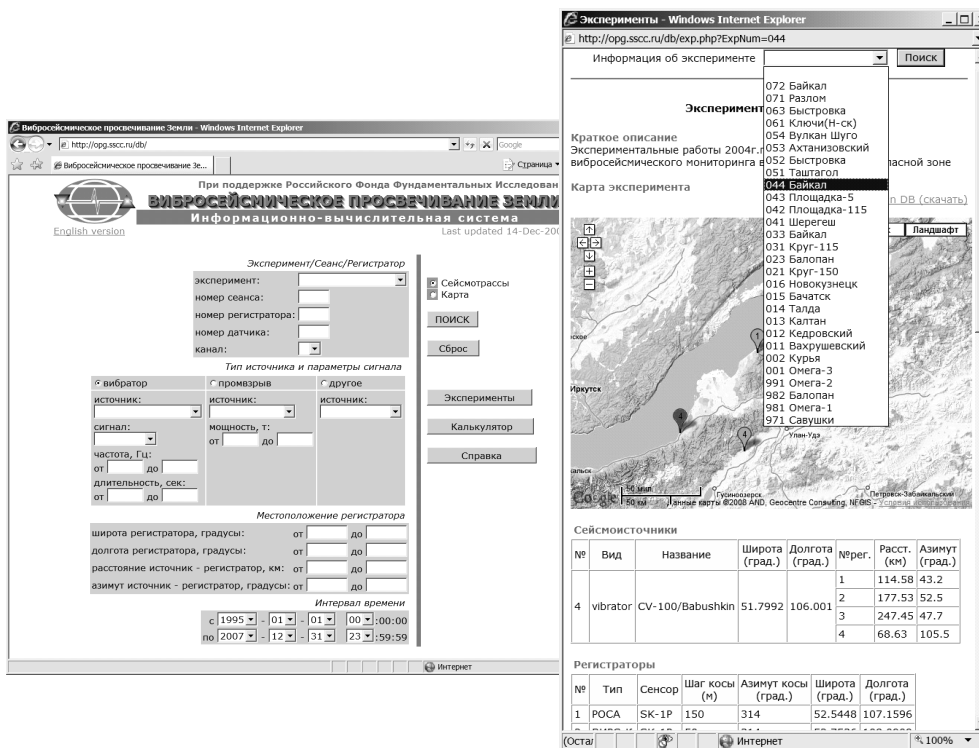


Рис. 3. Поисковые формы ИВС

Для построения карт используется картографический сервис Google Maps. Веб-приложение извлекает координаты сейсмических источников и регистраторов, а также вспомогательную информацию из БД и записывает все это в XML файл. Также формируется JavaScript сценарий, где указывается адрес этого файла, а также все параметры, необходимые для построения интерактивной карты. При выполнении сценария на компьютере пользователя генерируется запрос к службе Google Maps и пользователю возвращается готовая карта.

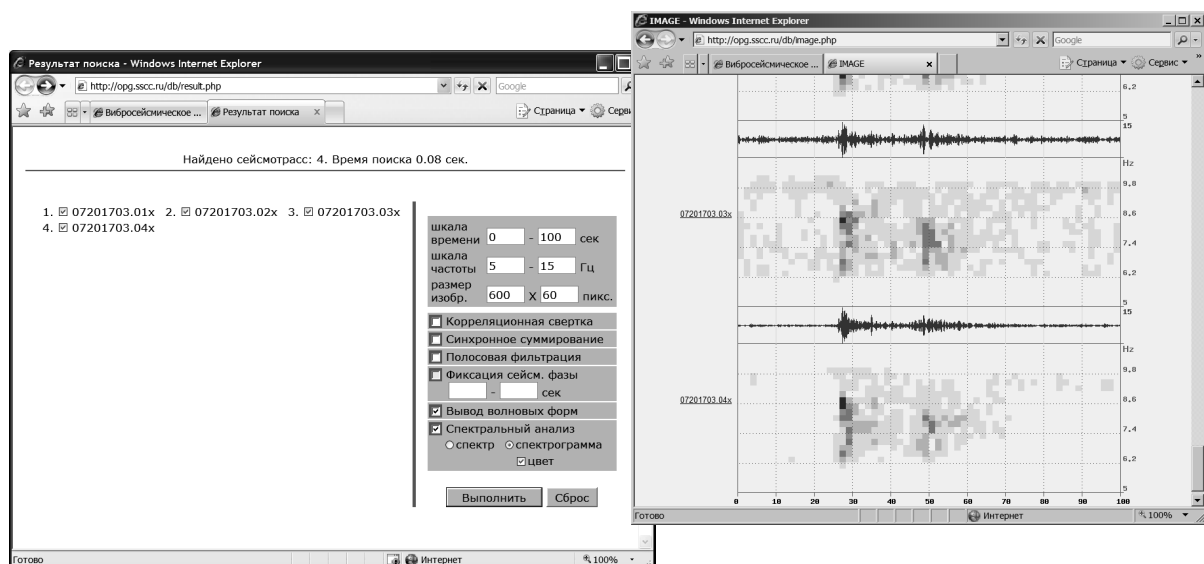


Рис. 4. Интерактивный анализ данных

Работа выполнена при поддержке грантов РФФИ РФФИ № 05-07-90081, № 07-07-00106.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Google Maps API Documentation.
<http://www.google.com/apis/maps/documentation>
2. Григорюк А.П., Брагинская Л.П. Управление данными вибросейсмического мониторинга // Мониторинг окружающей среды, геоэкология, дистанционные методы зондирования Земли и фотограмметрия. Сб. материалов междунар. науч. конгресса «ГЕО-Сибирь-2007», Т. 3. – Новосибирск: СГГА, 2007.
3. Активная сейсмология с мощными вибрационными источниками / Отв. ред. Г.М. Цибульчик. – Новосибирск: ИВМиМГ СО РАН, Филиал «Гео» Издательства СО РАН, 2004.

© А.П. Григорюк, Л.П. Брагинская, 2009

УДК 581.162.3:551.510.42

¹В.В. Головки, ²В.Л. Истомин

¹ИХКГ СО РАН, Новосибирск

²ИГиЛ СО РАН, Новосибирск

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

¹ V.V. Golovko, ² V.L. Istomin

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 GRASS ECOSYSTEMS OF WEST SIBERIA

The results are obtained from the determination of the sedimentation rates of the pollen particles of the plants dominating in grass 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 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, таким образом 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 травянистых растений. 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 двукисточника тростникового, ежи сборной, житняка гребенчатого, костреца безостого, овсяницы луговой, овсяницы тростниковой, полевицы гигантской, пырея ползучего, пырея среднего, райграса высокого и тимopheевки луговой – доминирующих в травянистых растительных сообществах 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 описывались 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 житняка гребенчатого, осевших на подложку седиментометра.

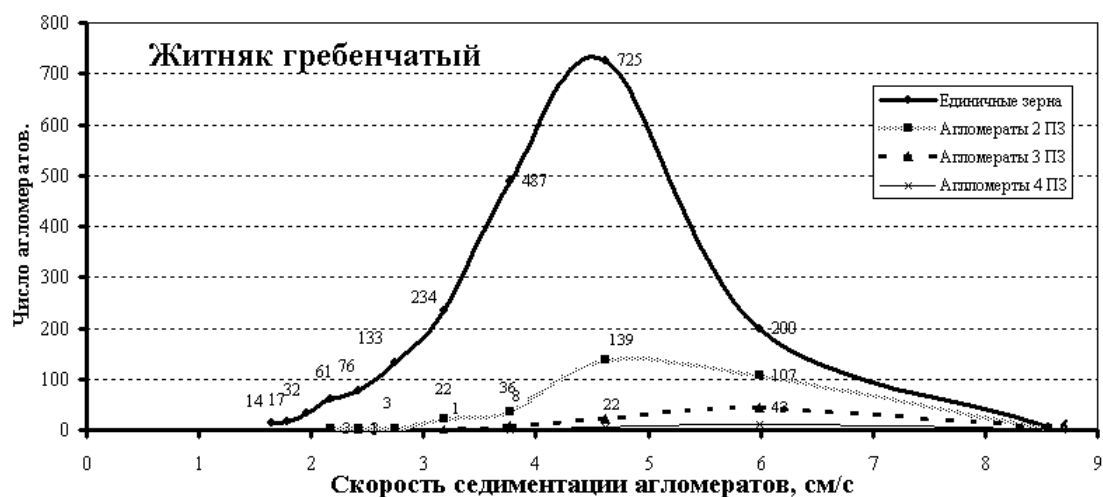


Рис. 1. Скорости седиментации пылевых агломератов житняка гребенчатого

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

$$\bar{V}_j = \frac{\sum_i \bar{V}_{ij} n_{ij}}{\sum_i n_{ij}} \quad (1)$$

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

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

Таблица 1. Статистические характеристики скорости седиментации агломератов пылевых зерен травянистых растений

№	Название растения	Число частиц в агломерате					
		1	2	3	4	5	6
Средняя скорость седиментации $\overline{V}_j$ „ см/с							
1	Двукисточник тростниковый	3,3	4,6	5,5	6,2	6,7	6,9
2	Ежа сборная	3,0	4,3	5,7	7,0	8,5	10,2
3	Житняк гребенчатый	4,0	4,9	5,5	5,9	–	–
4	Кострец безостый	4,4	5,5	6,2	6,9	–	–
5	Овсяница луговая	3,2	4,3	4,7	5,1	5,4	5,5
6	Овсяница тростниковая	3,6	4,9	5,5	6,3	6,3	6,8
7	Полевица гигантская	2,1	2,8	3,2	3,4	3,6	3,9
8	Пырей ползучий	4,7	5,7	6,8	8,4	8,9	10,5
9	Пырей средний	5,8	7,9	9,7	12,9	13,9	14,7
10	Райграс высокий	3,6	4,4	4,7	4,9	5,1	5,2
11	Тимофеевка луговая	3,4	4,8	6,1	7,5	8,7	9,1

Среднее квадратичное отклонение $\sigma_{\bar{V}_i}$, см/с							
1	Двукосточник тростниковый	1,2	1,7	1,2	1,7	1,5	1,3
2	Ежа сборная	1,1	1,5	1,9	2,4	2,7	2,3
3	Житняк гребенчатый	1,1	1,1	1,2	1,3	–	–
4	Кострец безостый	1,5	1,8	1,6	1,3	–	–
5	Овсяница луговая	1,2	1,3	1,2	1,1	1,0	1,0
6	Овсяница тростниковая	1,5	2,0	2,2	2,4	2,4	2,4
7	Полевица гигантская	0,8	0,9	0,8	0,7	0,7	0,7
8	Пырей ползучий	1,6	1,9	2,3	2,4	2,6	3,5
9	Пырей средний	2,2	3,3	3,6	3,5	3,1	2,1
10	Райграс высокий	0,7	0,6	0,5	0,5	0,3	0,3
11	Тимофеевка луговая	1,3	1,9	2,5	2,7	2,8	2,7
Коэффициент вариации, $\sigma_{\bar{V}_i} / \langle \bar{V}_i \rangle$, %							
1	Двукосточник тростниковый	37,5	37,4	21,7	27,4	22,4	19,3
2	Ежа сборная	38,0	35,7	33,8	34,2	32,2	23,0
3	Житняк гребенчатый	26,8	21,6	22,6	22,0	–	–
4	Кострец безостый	33,4	32,9	25,1	19,2	–	–
5	Овсяница луговая	35,9	29,3	24,9	21,4	18,7	18,7
6	Овсяница тростниковая	39,9	39,7	39,4	38,5	37,6	35,9
7	Полевица гигантская	37,1	31,8	25,1	22,0	20,2	18,5
8	Пырей ползучий	34,0	32,6	33,1	28,3	28,8	33,2
9	Пырей средний	38,3	42,0	37,2	27,1	22,3	14,4
10	Райграс высокий	18,7	14,2	10,7	9,5	6,1	5,9
11	Тимофеевка луговая	38,7	40,5	40,6	35,6	31,8	29,7

Максимальные стандартные квадратичные 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 райграса высокого.

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

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

где $\bar{V}_j$ – среднее значение скорости седиментации агломерата состоящего из j частиц, размерные коэффициенты a и показатель степени k находятся из экспериментальных данных для каждого вида растений (табл. 2). В зависимости от вида растения коэффициент корреляции принимает значения в диапазоне $0.983 \leq r \leq 0.999$, k принимает значения $0.202 \leq k \leq 0.687$.

Таблица 2. Эмпирические зависимости скорости седиментации от числа пыльцевых зерен в агломерате

п/п	Пыльца растений	эмпирическая зависимость $\bar{V}_j$, см/с	коэффициент корреляции r
1	Двуклесточник тростниковый	$3,2 \cdot j^{0,414}$	0,991
2	Ежа сборная	$2,7 \cdot j^{0,687}$	0,993
3	Житняк гребенчатый	$3,9 \cdot j^{0,288}$	0,999
4	Кострец безостый	$4,2 \cdot j^{0,328}$	0,999
5	Овсяница луговая	$3,1 \cdot j^{0,326}$	0,992
6	Овсяница тростниковая	$2,3 \cdot j^{0,354}$	0,991
7	Полевица гигантская	$2,0 \cdot j^{0,376}$	0,996
8	Пырей ползучий	$4,2 \cdot j^{0,456}$	0,986
9	Пырей средний	$5,1 \cdot j^{0,584}$	0,991
10	Райграс высокий	$3,7 \cdot j^{0,202}$	0,983
11	Тимофеевка луговая	$3,1 \cdot j^{0,586}$	0,995

Выводы

1. Определены значения скоростей седиментации для одиночных пыльцевых зерен и их агломератов, в состав которых входят от 1 до 6 пыльцевых зерен двуклесточника тростникового, ежи сборной, житняка гребенчатого, костреца безостого, овсяницы луговой, овсяницы тростниковой, полевицы гигантской, пырея ползучего, пырея среднего, райграса высокого и тимopheевки луговой.

2. Найдены наиболее вероятные скорости седиментации и показано, что они практически равны средним скоростям седиментации пыльцевых зерен.

3. Предложены эмпирические формулы зависимости скорости седиментации агломерата пыльцевых зерен растений, доминирующих в травостое Западной Сибири, от их размеров.

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., Ермекова Р. К., Мошквич 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.
5. Истомин В.Л., Куценогий К.П. Определение скорости седиментации спор плауна и их агломератов // Теплофизика и аэромеханика. – 2001. – Т. 8. – № 2. – С. 295 – 300.

УДК 551.58:502(571)

Л.В. Воронина, А.Г. Гриценко

СГГА, Новосибирск

РОЛЬ КЛИМАТИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В СВЕТЕ СОВРЕМЕННЫХ ПРЕДСТАВЛЕНИЙ О СВЯЗИ ЭКОЛОГИИ И КЛИМАТА

L.V. Voronina, A.G. Gricenko

SSGA, Novosibirsk

THE ROLE OF CLIMATIC PROCESSES IN THE CONTEXT OF MODERN CONCEPTIONS OF ECOLOGY-CLIMATE RELATIONSHIP

The paper presents ecological substantiation of climatic processes. Climatic characteristics, such as temperature and humidity of air and soil, precipitation, evaporation, vaporability, solar radiation – arrival, reflection and absorption, etc may create different habitats for all the living beings existence. The author makes a conclusion on the ecological conditions in different zones of Novosibirsk region in the context of climatic characteristics.

Экологическое обоснование климатических процессов в первую очередь сводится к анализу климатических показателей, их изменчивости, совокупном сочетании и многообразном проявлении в границах природных комплексов всех рангов – от фации до географической оболочки. На общем фоне возрастающей роли экологических подходов к изучению взаимоотношений человека и окружающей среды климатологические процессы могут быть названы если не основополагающими, то, по крайней мере, одними из наиболее важных. Ещё в 1975 г. крупный агрометеоролог Сибири и один из ведущих климатологов страны А.П. Сляднев [1] подчёркивал, что в комплексе географических наук центральное положение занимает климатология. Принимая во внимание высказывание А.Г. Исаченко [2] об экологизации географии в последние десятилетия и формированию новых научных дисциплин на стыке географии и экологии, можно с уверенностью утверждать, что роль климата как важнейшего компонента географической оболочки приобретает и будет приобретать одно из главенствующих значений. Отсюда неотложность экологических проблем может быть решена с помощью изучения не только климатических процессов как таковых, но и в комплексном рассмотрении эколого-климатических взаимодействий.

Соответственно А.Г. Исаченко вполне обоснованно вводит понятие нового научного направления: эколого-климатологии. В данном случае принимается во внимание влияние климата на окружающую среду – на человека, животных, растения. При этом климатические показатели – температура воздуха и почвы, осадки, влажность воздуха и почвы, испарение, испаряемость, давление,

видимость и др. – могут выступать в самых различных значениях, а, следовательно, создавать различную экологическую среду для существования. А.А. Исаев [3], проводя классификацию экологических факторов, выделяет факторы климатические и атмосферные, как абсолютно самостоятельные и непреложно важные. Таковыми, например, являются климатические показатели «тепло» и «влага», ибо они фактически незаменимы и без них жизнь невозможна. А в тех случаях, когда их параметры «зашкаливают» за оптимальные, в пределах которых существует жизнь, создаются условия, экологически неблагоприятные для всего живого. Например, в отдельные годы в зимний период бывают отклонения от среднемноголетних величин в сторону похолодания или в сторону потепления и тогда наблюдаются зимы аномально холодные либо аномально тёплые (табл. 1).

Таблица 1. Различные значения температуры воздуха по зонам юго-востока Западной Сибири

Метеостанция	Зона	Средняя многолетняя температура, °С	Средняя минимальная температура, °С	Абсолютная минимальная температура, °С
Александровское	Средняя тайга	–21,5	–26,0	–51,5
Кыштовка	Подтайга	–20,3	–25,3	–52,0
Барабинск	Северная лесостепь	–19,9	–24,5	–48,0
Здвинск	Южная лесостепь	–19,9	–24,2	–47,0
Купино	Колочная степь	–19,6	–24,2	–47,0
Красноозерск	Типичная степь	–19,3	–23,7	–48,0
Карасук	Сухая степь	–19,4	–23,8	–46,0

В последние десятилетия появились целый ряд понятий, характеризующих взаимозависимость экологии и климата, воздействие климатических показателей на экологическое состояние человека и окружающей среды. К таким понятиям можно отнести «комфортность климата» [3], «экологический потенциал ландшафта» [2], одним из главных составляющих которого является климат, «климатические основы оптимизации природной среды» [4] и т. д.

Степень комфортности климата, экстремальность отдельных его показателей мы отмечали неоднократно [5, 6, 7]. При этом следует отметить, что экстремальные отклонения температур, осадков или других показателей в сторону их аномальных понижений либо аномальных повышений уже само по себе способствует формированию экологического риска, создающего и для человека и для всего биоценоза критические условия для существования. Известно, что климатическими наблюдениями последних 50 лет установлена тенденция к потеплению климата, которая не миновала и территорию Новосибирской области. Последняя расположена в глубине Азиатского континента и в зимний период находится под воздействием мощного азиатского антициклона. Естественно, что среднемноголетние значения среднегодовых температур воздуха на протяжении нескольких столетий были отрицательны.

Однако потепление северного полушария за последний полувековой период изменило ситуацию в сторону повышения температур, в результате чего средние многолетние годовые температуры во всех зонах области стали положительными (табл. 2).

Таблица 2. Изменение среднегодовых температур воздуха в разные периоды лет

Зона	Средние температуры воздуха за периоды								
	1881–1960 гг.			1961–1983 гг.			1984–2004 гг.		
	Год	январь	июль	год	январь	июль	год	январь	июль
Подтайга	-1,0	-20,8	17,4	-0,4	-19,3	18,2	0,5	-17,3	18,8
Северная лесостепь	-0,6	-20,2	18,3	0,5	-18,9	19,3	1,0	-16,9	19,4
Южная лесостепь	-0,4	-20,1	18,6	0,6	-18,8	19,7	1,2	-17,1	19,5
Колочная степь	-0,2	-19,9	19,0	1,0	-18,7	20,0	1,7	-16,4	20,2

Потепление таким образом создаёт предпосылки для формирования благоприятных тепловых условий в столь холодной области как Новосибирская. На протяжении последних десятилетий зимы стали мягче и теплее. Жёсткие климатические условия севера смягчились, градиент средней температуры января по всем зонам составил в среднем 2,0–2,5 °С за период 1960–2004 гг. и 2,5–3,4 – за период 1881–2004 гг.

Отсюда закономерно вытекает необходимость вычисления экологического потенциала главных климатических показателей – тепла и влаги. При этом необходимо учитывать, что взаимодействие радиационных и циркуляционных процессов с земной поверхностью способствует формированию неадекватных климатических регионов, в каждом из которых может сложиться свой экологический потенциал (табл. 3) В данной таблице продемонстрирован как раз тот случай, когда влияние радиационного баланса на соотношения тепла и влаги на земной поверхности выражается через комплексный коэффициент увлажнения Докучаева-Высоцкого-Иванова. Коэффициент представляет соотношение между суммарным увлажнением и испаряемостью [8].

Изменчивость комплексного коэффициента по зонам позволяет сделать заключение о степени экологических условий, которые формируются в основных ландшафтных зонах области. Интересно отметить, что экологический потенциал России, предложенный и вычисленный А.Г. Исаченко, изменяется от экстремально низкого в арктических типах ландшафтов, очень низкого в пустынных и северотаёжных ландшафтах до относительно высокого в подтаёжных, лесостепных и степных и наиболее высоких в широколиственно-лесных и предсубтропических. При выведении экологического потенциала ландшафта автором использованы именно значения тепла и влаги, как наиболее показательные для данных целей.

Таблица 3. Климато-экологические условия тепла и влаги в зонах Новосибирской области

Ландшафтный тип климата	Радиационный баланс, ккал/см ² год	Сумма температур выше 10°C	Годовое количество осадков, мм	Коэффициент увлажнения за май – сентябрь	Экологические условия
Южная тайга	< 26	< 1600	> 470	> 0,80	Не благоприятны
Подтайга	26,0–27,0	1600–1800	470–450	0,70–0,60	Мало благоприятны
Северная лесостепь	27,0–28,0	1800–1900	450–400	0,70–0,60	Относительно благоприятны
Южная лесостепь	28,0–29,5	1900–2000	400–350	0,60–0,50	Благоприятны
Колочная степь	29,5–31,0	2000–2100	350–325	0,50–0,40	Относительно благоприятны
Типичная степь	31,0–32,0	2100–2200	325–300	0,40–0,30	Мало благоприятны
Сухая степь	> 32,0	> 2200	< 300	< 0,30	Не благоприятны

В нашем случае комплексной показательной величиной является выше названный коэффициент увлажнения, который как нельзя более способен отразить климато-экологические особенности зональных ландшафтов области. Так, с климатической точки зрения наименее благоприятные экологические условия складываются в южной тайге и сухой степи, относительно благоприятные – в северной лесостепи и колочной степи, и благоприятные – лишь в южной лесостепи.

Подобный опыт оценки экологических условий применительно к ландшафтным типам климата является пробным и недостаточно совершенным. И чем полнее и глубже он будет исследован при различных вариациях климатических процессов, тем появляется больше вероятности смягчения, ликвидации, прогнозирования того или иного экологического риска.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Сляднев, А.П. О принципах климатологических исследований в связи с проблемами глобальной экологии / А.П. Сляднев. – Новосибирск: Наука СО, 1975. – С. 76–82.
2. Исаченко, А.Г. Введение в экологическую географию / А.Г. Исаченко. – СПб.: СПб ун-т, 2003. – 192 с.
3. Исаев, А.А. Экологическая климатология / А.А. Исаев. – М.: Научный мир, 2001. – 2001 с.

4. Ясаманов, Н.А. Основы геоэкологии / Н.А. Ясаманов. – М.: Academia, 2003. – 352 с.
5. Воронина, Л.В. Экстремальность климата Новосибирской области и его экологическое значение для природных комплексов / Л.В. Воронина Н.Ю. Пичугина // Сб. материалов IV Международного научного конгресса. – Новосибирск: СГГА, 2008. – С. 90–94.
6. Воронина, Л.В. Экономический аспект экстремальных отклонений температур воздуха в зимний период / Л.В. Воронина Н.Ю. Пичугина // Материалы восьмой Международной научной конференции преподавателей, студентов и аспирантов 28–29 февраля. – Новосибирск: Наука, Университет, 2008. – С. 22–26.
7. Порожнякова, А.Ю. Экстремальные явления климата на территории Новосибирской области и экологические последствия / А.Ю. Порожнякова // Материалы X Международной экологической студенческой конференции «Экология Сибири и сопредельных территорий. Экологический катализ». – Новосибирск: НГУ, 2005. – С. 42.
8. Почвенно-климатический атлас Новосибирской области, под ред. А.П. Сляднева. – Новосибирск: Наука СО, 1978. – 122 с.

© Л.В. Воронина, А.Г. Гриценко, 2009

УДК 528.77.63

О.Г. Быкова

СГГА, Новосибирск

КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ВОДНЫХ ЭКОСИСТЕМ ЧАНОВСКОГО РЕГИОНА

O.G. Bykova

SSGA, Novosibirsk

COMPLEX ASSESSMENT OF WATER ECOSYSTEMS CONDITION IN CHANY REGION

Human interference in natural processes is not always based on the knowledge of laws, rules and principles of biosphere functioning. It has a negative effect on land and water ecosystems. Water resources have a great influence on nature and human life: they effect the global cycle of water and other important chemical elements, climate formation, contribute to biodiversity preservation. Thus special attention should be paid to the research of large lake systems which are of both ecological and water-economic significance. The paper presents a summary analytical investigation on Chany region which includes five administrative districts of Novosibirsk region (Zdvinsk, Barabinsk, Chany, Kupino and Chistoozernoye). Chany lake system, a region-forming natural object, is a water-swamp land of international importance. The problem of its preservation has become urgent lately, concerning environment protection system. As the main problem the author mentions endangering factors of natural and anthropogenic character, mainly, large-scale pollution of environment due to economic activities; high recreation load; inefficient use of water-swamp resources, including, overfishing, cattle pasture and agricultural activities.

Человеческое вмешательство в природные процессы не всегда опирается на знание законов, правил и принципов функционирования биосферы. Это негативно отражается на наземных и водных экосистемах. Во многом определяют жизнь природы, и общества водные объекты: влияют на глобальный круговорот воды и ряда важных химических элементов, оказывают значительное воздействие на формирование климата, способствуют сохранению биологического разнообразия. Поэтому, необходимо уделять большое значение исследованиям крупных озерных систем, имеющих как экологическое, так и водохозяйственное значения. В данной статье проведено обобщающее аналитическое исследование по Чановскому региону, включающему в себя пять административных районов Новосибирской области (Здвинский, Барабинский, Чановский, Купинский и Чистоозерный). Чановская озерная система, регионообразующий природный объект, является водно-болотным угодьем международного значения. Проблема его сохранения в последние годы

становится актуальной в системе охраны окружающей среды. В качестве основных проблем названы угрожающие факторы природного и антропогенного характера, особенно часто – широкомасштабное загрязнение окружающей среды в результате хозяйственной деятельности, высокая рекреационная нагрузка, нерациональное использование ресурсов водно-болотных угодий, в том числе перепромысел рыбных запасов, выпас скота, сельскохозяйственная деятельность.

Чановская озерная система, расположена на Барабинской равнине, является самой крупной системой внутреннего стока на юге Сибири. Центральную часть ее занимает озеро Чаны, являющееся крупным бессточным водоемом Обь-Иртышского междуречья. Колебания общей увлажненности территории особенно ярко выражаются на границе степной и лесостепной зон, где расположено озеро. Они находят отражение в колебаниях уровня озера, его морфометрии, гидрологических и гидробиологических процессах. Гидрология оз. Чаны является типичной для состояния и изменчивости общей увлажненности как Барабы, так и Обь-Иртышского междуречья в целом. В связи с этим озеро является надежным индикатором проявления фаз повышенной и пониженной водности региона. Площадь водного зеркала меняется примерно от 1,8 и более 3,5 тыс. км². Глубины на разных участках колеблются в среднем от 1,6 (юго-восточная часть озера) до 6,7 м (оз. Яркуль). Берега очень пологие, вдоль них растет тростник и камыш – идеальные места для гнездования водоплавающей птицы. И действительно, немногие озера Евразии могут сравниться с Чанами по разнообразию птиц (около 280 видов) и их численности, из них почти половина относится к птицам водно-болотного комплекса. Озерная система имеет большое значение не только как место гнездования для птиц юга Западной Сибири, но и в качестве района остановки и линьки для популяций водоплавающих обширного региона от низовий р. Оби до дельты р. Лены. В пределах угодья в последнее десятилетие на гнездовании было обнаружено 6 видов птиц, внесенных в Красный список МСОП (Международный Союз Охраны Природы). Но за последнее столетие многие виды стали встречаться гораздо реже (например, огромная чайка-хохотун или малый лебедь). Заметно меньше стало рыбы. Если раньше ее промысел осуществлялся в основном тралами, то сейчас большая часть рыбы добывается сетями в прибрежной части. В результате существенного возрастания фактора беспокойства птицы вытесняются из наиболее продуктивной части акватории.

Рекреационная нагрузка на угодья возрастает, и хотя в настоящее время она не оказывает существенного влияния, учитывая тенденцию ее увеличения, следует уже сейчас предусмотреть меры, снижающие ожидаемый отрицательный эффект.

Уменьшение пастбищной нагрузки на островах озера (вследствие общего кризиса в сельском хозяйстве) наряду с положительным влиянием дало отрицательный эффект на популяцию некоторых редких видов птиц (ржанкообразных). Острова, в настоящее время не используются для выпаса и начинают зарастать травянистой и кустарниковой растительностью.

Околоводные птицы (кулики, крачки и чайки) перемещаются на те острова, где продолжают выпасать скот в течение всего весенне-летнего сезона. В результате этого произошло сокращение, а в некоторых случаях исчезновение редких птиц (например, шилоклюв, степная тиркуша и др.).

Да и усыхание озера прогрессирует. Причина – чрезмерная мелиорация окружающих равнин. Для того чтобы сохранить фауну Чанов, часть берегов объявлена заказником.

Озеро Чаны имеет сложную плановую конфигурацию. Оно состоит из двух частей – Больших Чанов, в состав которых входят Ярковский, Тагано-Казанцевский и Чиняихинский плесы и оз. Яркуль, соединяющееся с Б.Чанами двумя каналами длиной около 1 км и выходящими в Чиняихинский плес. Вторая часть – озеро Малые Чаны, также соединяющееся с Чиняихинским плесом протокой Кожурла протяженностью около 7 км. Все плесы находятся в тесном гидрологическом взаимодействии. В 70-е годы от основной части озера системой дамб был отделен Юдинский плес (на данный момент является обсыхающей территорией), что позволило уменьшить площадь испарения с водной поверхности озера и создать условия для повышения уровня.

Основное питание оз. Чаны получает за счет стока рек Каргат и Чулым, впадающих в озеро с юго-востока, но дренирующих значительные заболоченные территории к северо-востоку от озера. Существенную роль в водном балансе озера составляют также осадки на зеркало озера и испарение с его поверхности. Установлено, что атмосферные осадки в бассейне озера в многолетнем аспекте имеют заметную тенденцию к некоторому снижению. Это обстоятельство в сочетании с общими процессами глобального потепления климата, способствующими увеличению испарения, определенно сказались на многолетнем режиме оз. Чаны – его усыхании в течение последних 100 лет. Если в конце XIX века площадь озера составляла 3 170 км², то к концу XX века она уменьшилась до 1 707 км². Сокращение акватории оз. Чаны обусловило изменение температурного и кислородного режима его водных масс, образование обширных мелководий, промерзающих до дна в зимний период, возрастание минерализации воды до несовместимой с жизнью пресноводных гидробионтов всех уровней, включая рыб.

Важнейшими экологическими факторами для непроточного оз. Чаны являются минерализация и ионный состав воды. Содержание растворенных солей в разных частях озера варьирует от 0,5 до 10 г/дм³. Основные катионы – натрий и магний, анионы – хлориды и сульфаты, а в оз. М. Чаны еще и бикарбонаты. Величина минерализации возрастает от места впадения рек в М. Чаны к глухому Ярковскому плесу.

В ближайшие годы возможно дальнейшее снижение общей увлажненности, что может привести к кризисной ситуации в бассейне оз. Чаны по многим показателям. Если до середины прошедшего столетия водный режим озера в основном определялся изменениями климатических характеристик, носящих циклический (пульсирующий) характер, то специфика современного его гидрологического режима во многом определяется антропогенной

деятельностью на водосборном бассейне, последствия которой изучены недостаточно. В связи с этим весьма затруднен прогноз водно-экологического состояния озера на перспективу.

В настоящее время усиливается антропогенное воздействие на озеро. Важным этапом в решении вопроса сохранения экосистемы водоёма является проведение полевых исследований и использование космической информации с последующей обработкой в ГИС программах (например, ERDAS IMAGINE), что позволяет:

- Автоматизировать экологическое картографирование, являющееся главным источником получения документированной информации о состоянии водного объекта и объектов на прилегающих к нему территориях;

- Отследить динамику экологического картографирования, как средство индикации качественно новых процессов, связанных с изменением водных объектов, испытывающих естественную и/или антропогенную нагрузку.

Так, для изучения качества воды Чанов, космические разновременные снимки по спектральным характеристикам сопоставлялись с результатами полевых исследований – прозрачности воды, ее цвета и мутности. Полученная информация показала распределение «цветущей» воды (зеленый цвет), «илистой мутной» (от желтого до серого) и «прозрачной» (синий). Голубой цвет соответствовал переходному типу воды. В результате сравнения с более старыми космическими изображениями было выявлено, что поверхность оз. М. Чаны, занятая водной растительностью, сильно сократилась. Возможно, это вызвано притоком фосфора с полей и со сточными водами.

Водоем с особым водным и солевым режимом, для которого характерны периодические колебания уровня как следствие изменения водности в бассейне, является природной лабораторией. Поэтому, необходимо проведение здесь синхронных комплексных исследований (ландшафтных, геологических, геоморфологических, гидрологических, гидрогеологических, гидрохимических, почвенных и биологических). Особое внимание уделить: разработке методик пространственного анализа и картографирования; мониторингу основных элементов ландшафта – ведение систематизированного, постоянно пополняемого и при необходимости уточняемого свода сведений о водных объектах (режим, качество и использование природных вод). Помнить, вода является важнейшим компонентом окружающей среды, возобновляемым, ограниченным и уязвимым природным ресурсом, который обеспечивает экономическое, социальное, экологическое благополучие населения, существование животного и растительного мира.

УДК 528.44+504.062 (571.56)+504.05:622 (571.56)

С.Ю. Артамонова, В.Н. Дементьев, Л.И. Разворотнева, С.Н. Олесов
ИГМ СО РАН, Новосибирск

СОЗДАНИЕ ГИС-ПРОЕКТА ГОРНОПРОМЫШЛЕННЫХ РАЙОНОВ АЛДАНА (ЮЖНАЯ ЯКУТИЯ) КАК ОСНОВЫ ДЛЯ РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА

S.Yu. Artamonova, V.N. Dement'ev, L.I. Razvorotneva, S.N. Olesov
Institute of Geology and Mineralogy of Siberian Branch RAS (IGM SB RAS)
3 Academician Koptuga., Novosibirsk, 630090, Russian Federation

GIS-PROJECT OF ALDAN MINING DISTRICT (SOUTH YAKUTIA) AS BASIS FOR RADIOECOLOGICAL MONITORING

Radiogeochemical data obtained in 2005-2008th are enumerated and gathered in GIS-project. GIS-project is based on UTM geo-coded Landcat space photo, WGS-1984. GIS-project has themes of primary data, such as power of the exposure dose of gamma-radiation, contents of radionuclides in water, alluvium, moss and larch tissues. GIS-project will be basis for ecological monitoring.

Золотодобывающая промышленность Алдана является одной из отраслей, оказывающих значительное влияние на местную природную среду. Еще на стадии геологоразведочных работ извлекаются большие объемы пород, зачастую содержащие высокие концентрации разных токсичных элементов и естественных радионуклидов в формах, неравновесных в поверхностных условиях. При выветривании эндогенных минералов отдельные элементы переходят в подвижные формы и активно мигрируют в окружающую среду.

Целью работ было изучение поведения естественных радионуклидов в гипергенных условиях на примере отвалов горных выработок на Эльконских золотоурановых месторождениях Алданского района и создание ГИС-проекта как основу для экологического мониторинга.

Золотоурановые месторождения в бассейне рек Элькон и Б. Ыллымах – правых притоков р. Алдан в пределах так называемого Эльконского горста были открыты в конце 1950-х годов. В 1960–1970 гг. проведена интенсивная геологоразведка: пройдено не менее 18 штолен, подготовлено 4 шахты, местоположение всех радиоактивных отвалов еще не уточнено.

Методика работ. Географические координаты определялись с помощью GPS-навигатора Etrex Garmin с абсолютной погрешностью не более 4–10 м. Радиометрическая съемка проведена сцинтилляционным радиометром СРП-68-01 [8]. Плотность потока ^{222}Rn ($\text{мБк/с}\cdot\text{м}^2$) и эквивалентной равновесной объемной активности (ЭРОА) ^{222}Rn (Бк/м^3) измерялась с помощью радонмера «Альфарад» РРА-01М-01 [9–10], погрешность измерений $\pm 40\%$.

Поведение естественных радионуклидов и токсичных элементов в поверхностных условиях изучено с помощью: 1) прямых измерений, 2) экспериментальных работ. Кроме того, подвижность урана и его дочерних элементов оценена по степени нарушения их радиоактивного равновесия по соотношениям изотопов $^{238}\text{U}/^{226}\text{Ra}$, $^{210}\text{Pb}/^{226}\text{Ra}$. Для характеристики пород использован Th/U геохимический маркер.

Для определения содержаний радионуклидов использовались следующие методы:

- Сцинтилляционная гамма-спектрометрия (СГС) в ИГМ СО РАН: измерения проведены по интенсивности гамма-излучения эквивалентного ^{238}U (по ^{226}Ra), ^{232}Th , ^{40}K с использованием колодезных низкофоновых сцинтилляционных детекторов с кристаллами иодистый натрия NaI(Tl). При анализе делается допущение, что уран и радий в образцах находятся в состоянии радиоактивного равновесия. Масса навески 200–300 г предел обнаружения составляет 0.4 ppm, относительная погрешность не превышает 10 % [13];

- Прямая высокоразрешающая полупроводниковая гамма-спектрометрия (ВПГС) с колодезным ППД в ИГМ СО РАН. Для этого метода достаточно навески в 1–15 г, время измерения, в зависимости от активности определяемых изотопов варьировалось от 1 до 24 часов. Пределы обнаружения не меньше 0.03 Бк, что соответствует содержаниям ^{238}U 0.25 ppm, ^{232}Th – 0.7–1 ppm, при концентрациях выше 4 ppm относительная погрешность составляет не более 10 % [14];

- Инструментальный нейтронно-активационный анализ методом запаздывающих нейтронов (ИНАА) на исследовательском ядерном реакторе ИРТ-Т при институте Ядерной физики, г. Томск. Масса навески 5 г, относительная погрешность не превышает 5 %, предел обнаружения $5 \cdot 10^{-7}$ %.

На станции элементного анализа ВЭПП-3 ИЯФ СО РАН методом рентгено-флуоресцентного анализа на синхротронном излучении (РФА-СИ) и регистрацией на Si(Li) – детекторе определены концентрации в твердых пробах не только ЕРЭ, но и целого ряда других элементов, включая тяжелые металлы и мышьяк [15]. Нижние пределы обнаружения элементов – до 0.1 ppm в зависимости от энергии возбуждения эмиссионных линий, относительная погрешность не более 10–15 %;

Концентрации ЕРЭ и других элементов в водных пробах измерялись с помощью ICP-MS, ICP-AES в ИГМ СО РАН. Предел обнаружения урана и тория составил 0.002 и 0.1×10^{-9} г/мл. Относительное стандартное отклонение при определении концентраций – 20 %. В качестве второго метода определения U в водных пробах использован лазерно-флуоресцентный метод на приборе «Ангара» (АУФ-/О/МІ). В качестве источника возбуждения флуоресценции применяется импульсный лазер ультрафиолетового излучения. Диапазон измерения массовой концентрации урана в водном растворе от 2×10^{-8} до 1×10^{-4}

г/л. При измерениях концентраций урана от 10^{-6} до 10^{-4} относительная погрешность измерений не превышает 10 %.

Для построения ГИС проекта района исследования использовался программный пакет ArcView 3.3 с дополнительными пакетами Spatial и 3D Analyst, ENVI4.1. За основу ГИС-проекта использованы геокодированные космоснимки Landcat.

Результаты и обсуждение.

Проведенные исследования позволили уточнить местонахождения 8 горных выработок, оконтурить их отвалы и определить площади отвалов. Сделано 1 484 измерений МЭД на СРП-68-01, 135 измерений концентратомером РКП-306, отобрано и проанализировано 49 проб вод, 57 проб почв, донных осадков, материала отвалов, 136 проб растений. Радиометрическая съемка отвала показана на рис. 1.

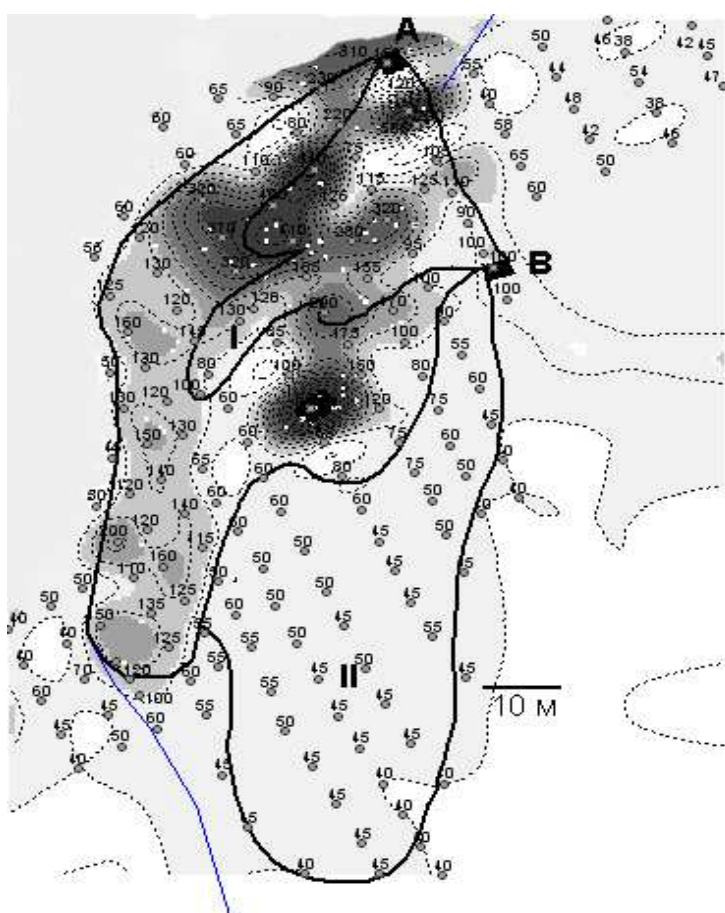
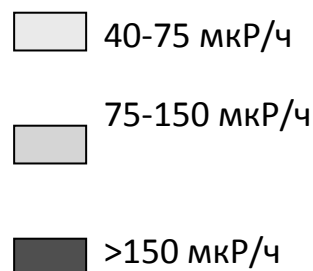


Рис. 1. Распределение мощности экспозиционной дозы гамма-излучения на отвале



Лабораторные и полевые исследования содержания радионуклидов в материале отвалов и в компонентах среды (воде, мелкоземе береговой зоны водотоков, почвах и тканях растительности) позволили выяснить, что отвалы являются опасными радиационными объектами – источниками загрязнения природной среды не только естественными радионуклидами, но и тяжелыми металлами (таллием, молибденом), мышьяком и сурьмой. При этом концентрации элементов в поверхностных водах не достигают ПДК, только концентрации урана приближены к ПДК 50 мкг/л. Проведенные расчеты показали, что уран интенсивно мигрирует в водной среде по сравнению с

другими радионуклидами и токсичными элементами, коэффициент водной миграции урана достигает 4.6.

Загрязнение природной среды происходит тремя путями: 1) миграция радионуклидов и тяжелых металлов, мышьяка и сурьмы водным путем, а именно механический смыв, в сорбированном виде на поверхности частиц и в виде коллоидов и химически растворенных формах; 2) пылевой перенос ветром; 3) механическое перемещение в пространстве (по склону) под действием силы тяжести, температурных перепадов (осыпи, курумы). Водная миграция элементов ведет к наиболее дистанционному загрязнению сопряженных экосистем, два вторых вида загрязнения более локальны.

Путем экспериментальных работ определена доминирующая форма нахождения урана в отвалах, в мелкоземе прибрежной зоны водотоков и почвах – гидроксидная.

Таблица 1. Содержание U и его дочерних элементов, Th в отвалах горных выработок по данным прямой высокоразрешающей полупроводниковой гамма-спектрометрии, Бк/кг

№ пробы	МЭД, мкР/ч	^{238}U	^{226}Ra	^{222}Rn	^{210}Pb	^{232}Th
1	~ 55	47	48	48	57	36,6
2а	~100	1024	1046	760	815	127.5
2б		1310	1503	1022	1117	138.7
2в		1820	2606	1642	1646	199.5
3а	~400	6470	6858	5526	5306	183.9
3б		6530	6877	5333	5093	187.0
3в		7500	8017	6426	5831	201.6
4	~450	7470	8437	6421	6584	274.2
5	~600	157970	278759	234928	198917	478.4

Примечание: МЭД – мощность экспозиционной дозы гамма-излучения. Пробы: 1 – вмещающие гранодиориты; 2 – мелкозем окисленных околорудных кварц-адуляровых метасоматитов (а – фракция > 2 мм; б – фракция 1–2 мм; в – фракция < 1 мм); 3 – мелкозем рудных кварц-адуляровых метасоматитов (а, б, в – то же, как в п.2); 4 – рудный метасоматит; 5 – высокорadioактивный рудный метасоматит.

Сделаны первые шаги по оценке связывания урана из загрязненных природных вод на различных природных материалах. Выяснено, что уран из воды можно связать с помощью глинистого, торфяного барьеров, или снизить его подвижность при помощи барьера из местных нижнекембрийских известняков.

Необходимо подчеркнуть, что радиоактивные отвалы горных выработок опасны не только в качестве источника гамма-излучения, радиоактивной пыли, техногенного загрязнения поверхностных вод, почв и растений, но и как источники эманации радона и продуктов его распада. ЕРОА особенно высока у устьев штолен – достигает 16000 Бк/м³. Даже в палатках наблюдается

накопление радона до ЕРОА до 400 Бк/м³, что превышает норму 310 Бк/ м³ по НРБ-99.

Предложена форма радиационно-экологического паспорта отвалов горных выработок (приложение 3). Все результаты сведены в единый ГИС-проект, который может стать основой радиационно-экологических паспортов изученных отвалов бассейна р. Русская и Холодная.

Авторы искренне благодарят Мельгунова М.С., Степина А.С., Ю.М. Столбова, Ю.П. Колмогорова, С.В. Палесского, И. В. Николаева, Л.Б. Трофимову за аналитическую работу.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. С.С. Наумов, М.В. Шумилин. Урановые месторождения Алдана // Отечественная геология. – 1994. – № 11/12. – С. 20–23.
2. В.Е. Бойцов, Г.А. Пилипенко, Н.А. Солодов. Месторождения благородных, радиоактивных и редких металлов. – Москва, НИИ-Природа, 1999. – С. 146–159.
3. В.М. Терентьев, В.И. Казанский. Эльконский урановорудный район на Алданском щите. Региональная геология и металлогения. – 1999. – №8. – С. 47–58.
4. С.Ю. Артамонова, Ю.П. Колмогоров. Использование результатов РФА-СИ метода при оценке экологического состояния Алданского золотодобывающего района (Якутия) // Поверхность. – 2005. – № 9. – С. 16–20.
5. Титаева Н.А. Геохимия природных радионуклидов в зоне гипергенеза/Проблемы радиогеохимии и космологии. – М.: Наука, 1991. – С. 64–128.

© С.Ю. Артамонова, В.Н. Дементьев,
Л.И. Разворотнева, С.Н. Олесов, 2009

УДК 631.417

Л.Ю. Анопченко¹, М.В. Якутин²

¹СГГА, Новосибирск

²ИПА СО РАН, Новосибирск

ТЕМПЫ ОБСЫХАНИЯ ОЗЕРНОЙ СИСТЕМЫ ЧАНЫ – АБЫШКАН – СУМЫ – ЧЕБАКЛЫ И ИЗМЕНЕНИЕ СОЛЕВЫХ ПРОФИЛЕЙ ФОРМИРУЮЩИХСЯ ПОЧВ

L.Yu. Anopchenko¹, M.V. Yakutin²

¹Siberian State Academy of Geodesy (SSGA)

10 Plakhotnogo Ul., Novosibirsk, 630108, Russian Federation

²Institute of Soil Science and Agrochemistry (ISSA)

18 Sovetskaya Ul., Novosibirsk, 630099, Russian Federation

TEMPO OF DRYING OF LIMNETIC SYSTEM CHANY – ABISHKAN – SUMY – CHEBAKLY AND CHANGE OF SALINE PROFILE DURING SOILS FORMATION

The tempos of drying of the Chany limnetic system during more than 200 years are estimated with the help of the cartographic data. The features of change of saline profiles during the process of soil formation are analyzed.

Барабинская равнина расположена в юго-восточной части обширной Западно-Сибирской равнины, в зоне, где происходит переход от таежных, болотистых лесов Васюганья к сухим степям Кулунды. Площадь, занимаемая Барабинской равниной, составляет 117,4 тыс. км² [1].

В последние десятилетия на фоне развития глобального парникового эффекта происходит повышение среднесезонных и среднегодовых температур и на территории Барабинской равнины, расположенной в юго-восточной части обширной Западно-Сибирской равнины [2]. Одновременно с этим наблюдается снижение водности рек. Все это приводит к обмелению и обсыханию озер Барабы [3]. На обсыхающих территориях активно идут процессы формирования молодых экосистем.

Из всего числа озер, располагающихся на территории Барабинской равнины, наибольший интерес вызывает самое большое озеро Западно-Сибирской равнины – усыхающее оз. Чаны. В его нынешнем состоянии – это остатки обширной озерной системы Чаны – Абышкан – Сумы – Чебаклы.

Для определения темпов обсыхания Чановской озерной системы за период с 1786 по 2001 гг. и оценки состояния современного почвенного покрова обсохшей поймы озерной системы была построена картосхема с использованием картографического метода – проведен сравнительный анализ данных разновозрастных карт (1786, 1813, 1824, 1930, 1987, 2001 гг. издания).

Чаны – это пульсирующее озеро. Изменении его водности носило пульсирующий характер и происходило под влиянием климатических факторов. Параллельно с пульсациями в долговременной перспективе происходило постепенное усыхание озера [3]. Нанесение участка бывшего озерного дна на карту в качестве участка суши свидетельствовало о том, что данный участок перестал заливаться водой даже в годы с повышенной водностью, и здесь начинают формироваться молодые экосистемы и почвы.

Максимальная площадь поймы озерной системы Чаны – Абышкан – Сумы – Чебаклы обсохла 90–157 лет назад и составила 3 364,4 км² (рис. 1). Второй по масштабам период обсыхания произошёл 157–184 года назад и составил 2 022,2 км². За последние 90 лет площадь озерной системы уменьшилась на 850,0 км². Отчетливо видно, что 90 лет назад процесс обсыхания озер Чановской озерной системы замедлился, что связано с уменьшением площади озера.

Причановская депрессия расположена в подзоне обыкновенных черноземов, которые протягиваются узкой полосой на приречных увалах р. Оми и ее притоков или же занимают наиболее повышенные части междуречий и грив. На склонах грив и по слабоприподнятым участкам межгривных понижений формируются лугово-черноземные в различной степени солонцеватые, а иногда и солончаковатые почвы.

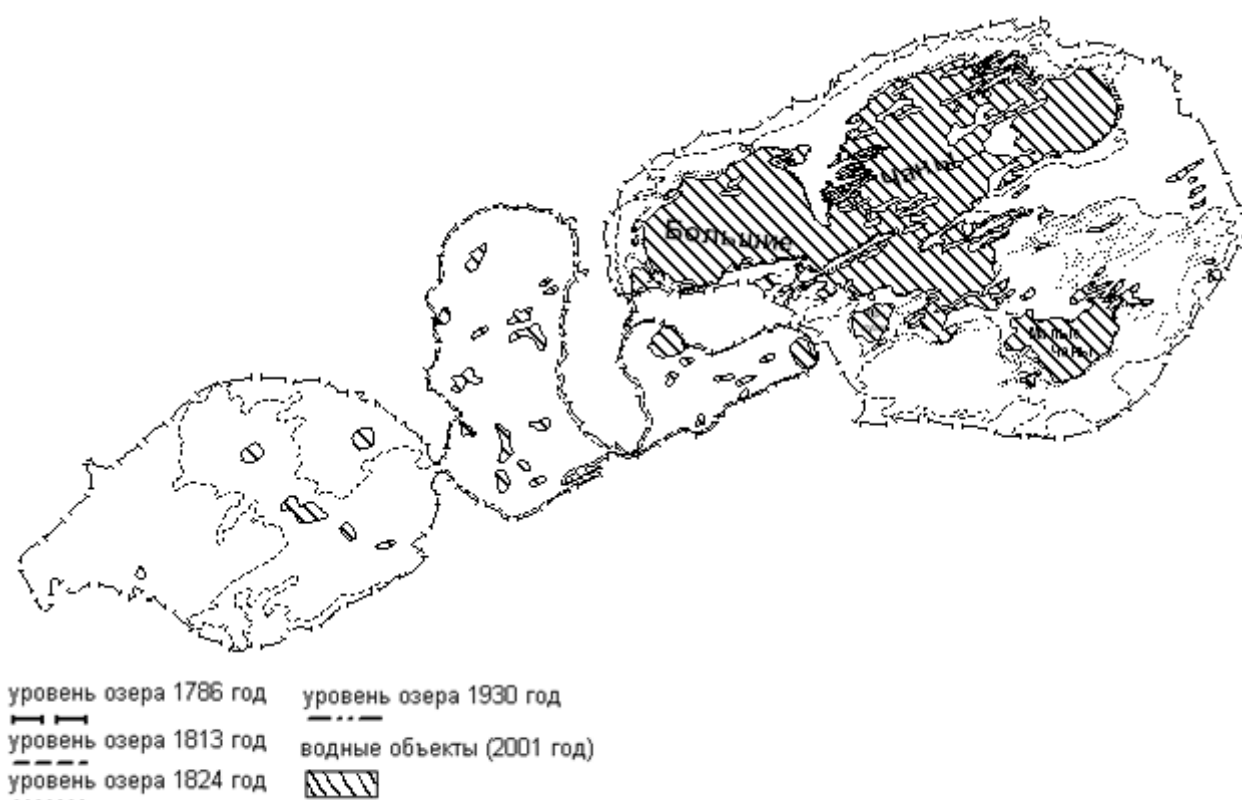


Рис. 1. Картограмма этапов обсыхания Чаны–Абышкан–Сумы–Чебаклинской озерной системы с 1786 по 2001 гг.

Слабоприподнятые элементы рельефа в пределах межгривных пониженных равнин и нижние части склонов грив заняты глубоко- и

среднестолбчатыми лугово-степными или луговыми солонцами. По химизму засоления большинство солонцов относится к содовым, реже к содово-сульфатным, последние тяготеют к южной части Причановской равнины. На более низких позициях рельефа формируются солонцы высокие и корковые луговые. Они занимают здесь очень большие площади, отличаясь исключительно содовым химизмом засоления.

Непосредственно по периферии многочисленных озер и болот формируются различные луговые и лугово-болотные солонцеватые, осолоделые, солончаковатые почвы. Заболоченные понижения заняты торфянисто- или торфяно-болотными, иногда осолоделыми, солончаковатыми почвами.

Сезонная и годовая динамика солей в почвах определяется как общими погодными условиями (режимом выпадения осадков, испаряемостью), так и положением почвы в геохимическом ландшафте, ее подчинении другим почвам, глубиной залегания и минерализацией почвенно-грунтовых вод. Ясно, что почвы автономных позиций геохимического ландшафта, где почвенно-грунтовые воды не принимают участия в почвообразовании, существенно отличаются как по степени химизма, так и по выраженности солевой динамики от почв трансаккумулятивных и аккумулятивных ландшафтов с более или менее близким уровнем залегания почвенно-грунтовых вод [4].

Эволюция почв водосборов исследуемых озерных депрессий в процессе снижения общей увлажненности идет по линии потери признаков гидроморфизма, уменьшения степени засоленности, изменения химизма в сторону уменьшения хлоридности и увеличения в их солевом составе роли ионов сульфатов и карбонатов. Глубина залегания почвенно-грунтовых вод в пойменных почвах озерных депрессий в целом приблизительно одинакова. Фактором, определяющим этап эволюции, на котором находятся эти почвы, является их относительная высота над наиболее низко расположенными в каждом конкретном биогеохимическом ландшафте озерными депрессиями, т. е. структурные особенности ландшафта в целом [5].

Для анализа изменения концентрации солей в профилях почв, формирующихся в пойме Чановской озерной системы с помощью построенной картосхемы были выбраны почвы разного возраста. На рис. 2 приведены данные по распределению анионов и катионов в профилях исследованных почв.

На первой стадии эволюции почв озерных депрессий в верхнем 0–10 см слое эмбриозема инициального (Т. 1) отмечена значительная концентрация солей (36,83 м-экв на 100 гр.).

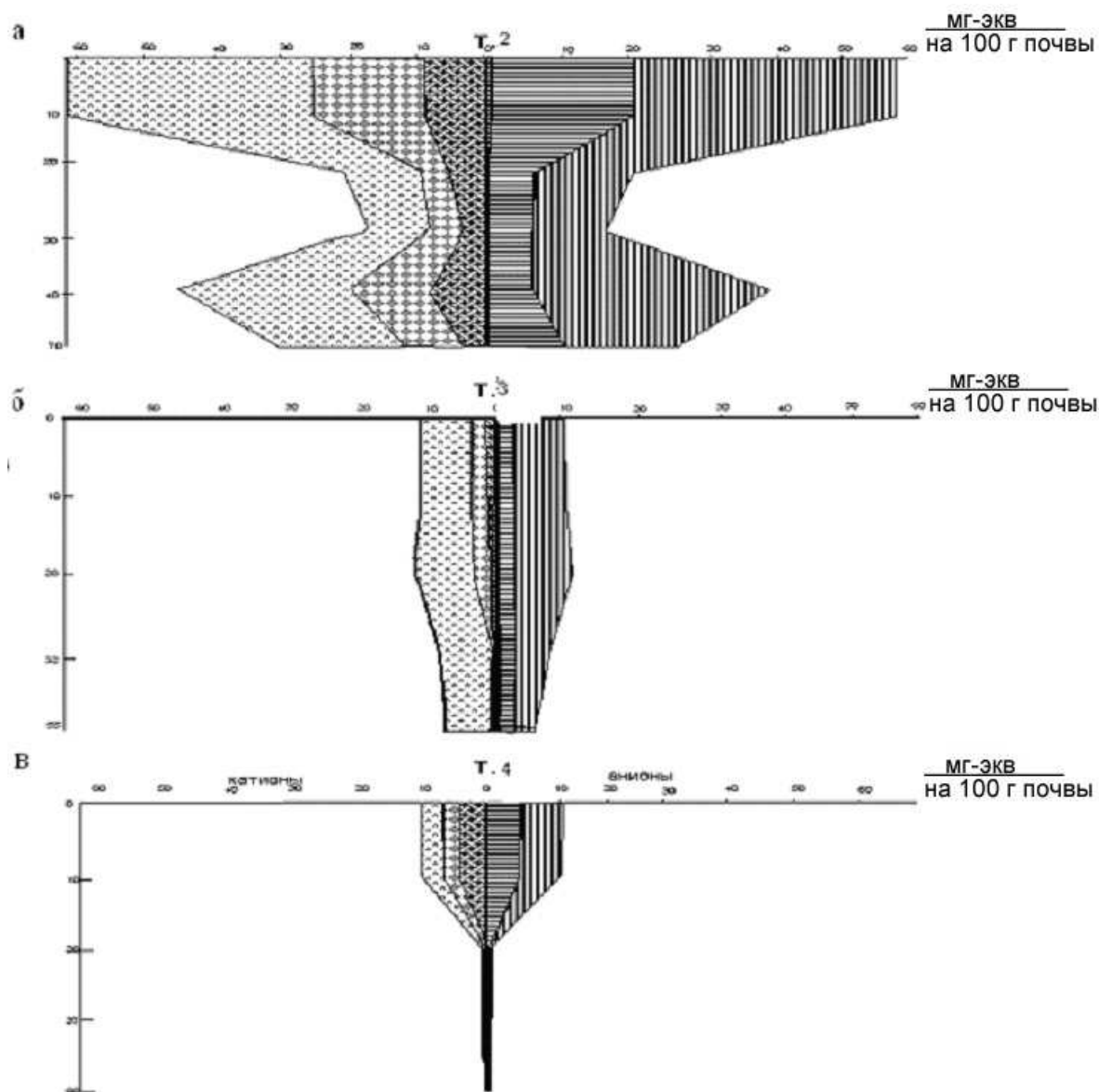
При переходе от эмбриозема инициального к солончаку луговому (Т. 2) концентрация солей увеличивается в верхнем (0–10 см) слое в 3,4 раза и достигает 124,43 мг-экв на 100 г почвы. Так же отмечена высокая концентрация солей в нижних горизонтах (10–70 см) солончака лугового.

При переходе от солончака лугового (Т. 2) к почве луговой солончаковатой (Т. 3) концентрация солей во всех горизонтах снижается (наиболее сильное снижение, в 5,7 раза, – в слое 0–10 см).

При переходе от почвы луговой солончаковой (Т. 3) к солонцу глубокому (Т. 4) происходит незначительное снижение концентрации солей в верхнем горизонте и значительное снижение в более низких горизонтах.

На пятой стадии развития молодых почв, в черноземно-луговой почве (Т. 5), происходит снижение концентрации солей в 23 раза по сравнению с солонцом глубоким.

Для 1, 2 и 3 стадий развития почв характерна высокая концентрация соды. В солонце глубоком (Т. 4) происходит достоверное снижение концентрации соды по сравнению с луговой солончаковой почвой (Т. 3) в верхнем горизонте. С глубиной концентрация соды при переходе от Т. 3 к Т. 4 снижается незначительно.



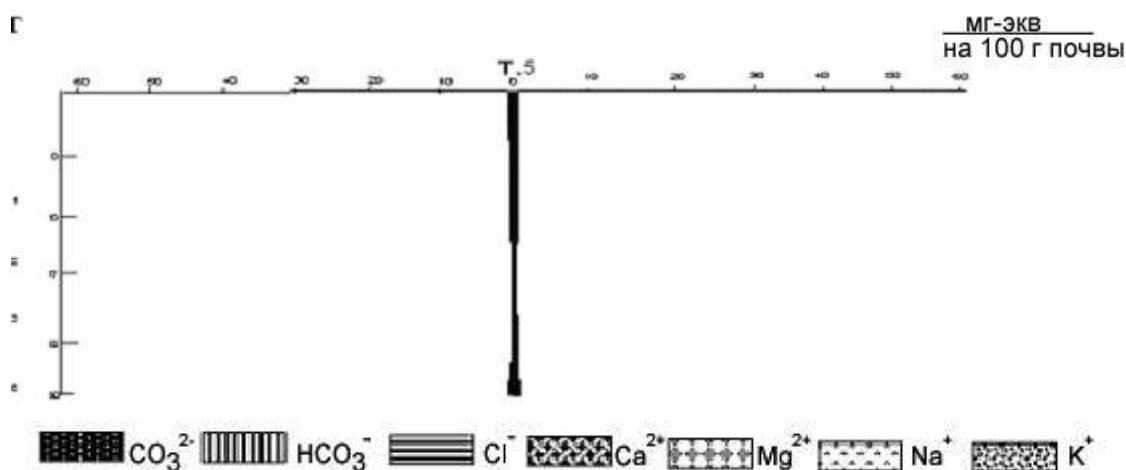


Рис. 2. Солевые профили исследованных почв: а – солончак; б – почва луговая солончаковая; в – солонец глубокий; г – черноземно-луговая

Достоверное снижение рН (от 7,12 до 7,43) отмечается только при переходе от почвы луговой солончаковой (Т. 3) к солонцу глубокому (Т. 4).

Таким образом, картографический метод может быть успешно использован в мониторинге долговременных трендов водности озер и дает возможность более или менее точно оценить возраст молодых почв, формирующихся на обсохшем озерном дне.

Смена химизма природных солевых аккумуляций пойменных почв, формирующихся на обсыхающем дне соленого озера на распресняющихся территориях, идет по пути потери водорастворимых солей, в первую очередь хлора, а затем сульфатов, увеличением роли гидрокарбонатного иона, а на засоляющихся территориях – аккумуляцией этих подвижных солей и увеличением в них роли ионов хлора.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Климат и воды Сибири / Г.В. Бачурин, В.В. Буфал, Л.Л. Журина и др. – Новосибирск: Наука, 1980. – 234 с.
2. Попова, А.И. Прогноз изменения природных условий Западной Сибири / А.И. Попова, В.Т. Трофимова. – М.: МГУ, 1988. – 236 с.
3. Шнитников, А.В. Озера Срединного региона (историческая изменчивость и современное состояние) / А.В. Шнитников. – Л.: Наука, 1976. – 559 с.
4. Курачев, В.М. Засоленные почвы Западной Сибири / В.М. Курачев, Т.Н. Рябова. – Новосибирск: Наука, 1981. – 152 с.
5. Пульсирующее озеро Чаны / Н.В. Мирошниченко, В.И. Евсиков, А.В. Шнитников и др. – Л.: Наука, 1982. – 304 с.

УДК 631.427+591.9

В.С. Андриевский¹, М.В. Якутин^{1,2}, Ч. Лхагвасурен³

¹ИПА СО РАН, Новосибирск

²СГГА, Новосибирск

³Ховд ГУ, Ховд, Монголия

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОЧВЕННО-БИОЛОГИЧЕСКИХ МЕТОДОВ В МОНИТОРИНГЕ РАВНИННЫХ ПОЧВ ЗАПАДНОЙ МОНГОЛИИ

V.S. Andrievsky¹, M.V. Yakutin^{1,2}, Ch. Lhagvasuren³

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

³Hovd State University (HovdSU)

Hovd, Mongoliya

THE USE OF SOIL-BIOLOGICAL METHODS IN MONITORING OF PLAIN SOILS IN WESTERN MONGOLIA

The purpose of the present research is the study of transformation peculiarities of the main components of destruction link of a biological turnover in the series of plain soils in Depression of Large lakes in Western Mongolia. There is a change of soil microbial biomass and both number and species composition of oribatid mites in this soils series during the drying lakes process.

Чрезмерная деградация экосистем под воздействием различных антропогенных и природных факторов – опустынивание – наиболее ярко проявляется в аридных регионах Внутренней Азии. Еще в XIX веке этот процесс получил название «усыхание Азии». В настоящее время антропогенные нагрузки на природные комплексы Монгольских равнин быстро возрастают, и все более актуальными становятся проблемы поиска надежных и относительно простых методов мониторинга экосистем сухих степей и полупустынь. Именно эти экосистемы наиболее подвержены процессам опустынивания [1].

В настоящее время основные методы мониторинга аридных экосистем основаны на анализе состояния надземных частей высших растений. Но использование этих методов после палов, на сбитых пастбищах и в периоды прогона скота не всегда оправдано.

В подземном блоке экосистемы находятся запасы живых и мертвых корней и масса организмов-деструкторов. Состояние и метаболическая активность организмов-деструкторов тесно связаны с состоянием продукционного блока экосистемы (в основном с состоянием высшей растительности) [2].

Цель данного исследования состояла в оценке применимости почвенно-зоологических и почвенно-микробиологических методов для целей мониторинга экосистем в зоне полупустынь. Для этого были изучены особенности распределения биомассы почвенных микроорганизмов и характеристики ее метаболической активности, а также распределения видов панцирных клещей и их численностей в профилях основных типов почв в зоне полупустынь Западной Монголии.

На территории Озёрных равнин Западной Монголии – одной из самых засушливых областей Центральной Азии – преобладают бурые полупустынные почвы. По берегам озер встречаются гумусово-гидрометаморфические почвы, а между бурыми полупустынными и гумусово-гидрометаморфическими почвами по берегам озер находится пояс солончаков.

Объекты исследования были выбраны во время совместной российско-монгольской экспедиционной поездки в Ховдском аймаке Республики Монголия в конце июля 2006 г. вблизи озера Хара-Ус-Нур: три почвы, находящиеся на естественной катене и являющиеся характерными для зоны полупустынь. Характеристика исследованных экосистем приведена в таблице 1.

В образцах определялась влажность почвы, содержание углерода в биомассе почвенных микроорганизмов методом фумигации-инкубации (С-биомассы). Дыхательная активность комплекса почвенных микроорганизмов оценивалось по количеству CO₂, выделившемуся из почвы, инкубированной в течение одних суток в темноте в плотно закрытом пенициллиновом флаконе при температуре 240С и влажности 60% от полной влагоемкости [3]. В данной работе вычислялся также показатель удельной активности почвенного микробоценоза – метаболический коэффициент (Q), как отношение величины С-CO₂, выделившегося из почвы за 1 час к величине С-биомассы микроорганизмов (мкг С-CO₂ /мг С-биомассы в час) [4].

Таблица 1

№ п/п	Высота над уровнем моря	Почва	Экосистема	Проективное покрытие (%)	Высота растений (см)
1	1157	Гумусово-гидрометаморфическая типичная	Осоково-разнотравный мезофитный луг	100	5–20
2	1162	Солончак типичный	Разреженный кустарниково-чиевый луг	10	20–50
3	1168	Бурая типичная щебнистая	Кустарниково-разнотравное полупустынное сообщество	10	5–50

Одной из наиболее важных размерно-функциональных групп почвообитающих животных являются коллемболы и панцирные клещи (орибатиды). Их численности в некоторых типах почв достигают сотен тысяч и

даже миллионов экземпляров на квадратный метр. Они влияют на рост и активность микроорганизмов, а также на видовой состав и структуру микробных сообществ [5]. Для анализа населения панцирных клещей отбирались почвенные пробы стандартным цилиндрическим пробоотборником послойно, по 5 см в глубину в 10-кратной повторности в каждой экосистеме. Выгонка клещей из почвы осуществлялась также общепринятым для микроартропод методом термоэктекции Тулльгрена-Берлезе [6]. Статистическая обработка полученных результатов проводилась методами вариационного и дисперсионного анализов [7].

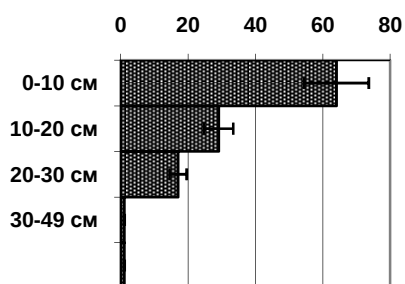
Влажность бурой типичной щебнистой почвы (почва 3) в момент отбора образцов была очень низкой (0,6–1,4 %). В почвах гидроморфного ряда (солончак типичный (почва 2) и почва гумусово-гидрометаморфическая типичная (почва 1) влажность оказалась, в общем, значительно выше (до 20,9 %).

Запасы С-биомассы были максимальными в верхних горизонтах почвы 1 (Р.1) и резко снижались вниз по профилю (рис. 1). С-биомассы в верхних слоях в почве 2 (Р.2) и в почве 3 (Р.3) был в 13–42 раза ниже, чем в верхних горизонтах почвы 1. Снижение данного показателя вниз по профилям почвы 2 и почвы 3 было постепенным.

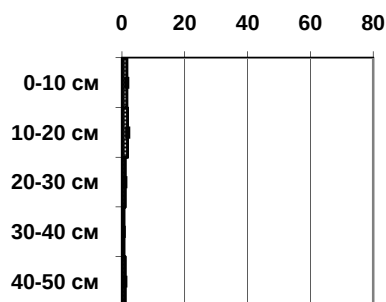
В процессе проведения данного исследования встал вопрос об оценке силы влияния таких факторов, как тип почвы и глубина взятия образцов на изучаемые показатели. С использованием дисперсионного анализа был рассчитан F критерий для этих факторов и их взаимодействия.

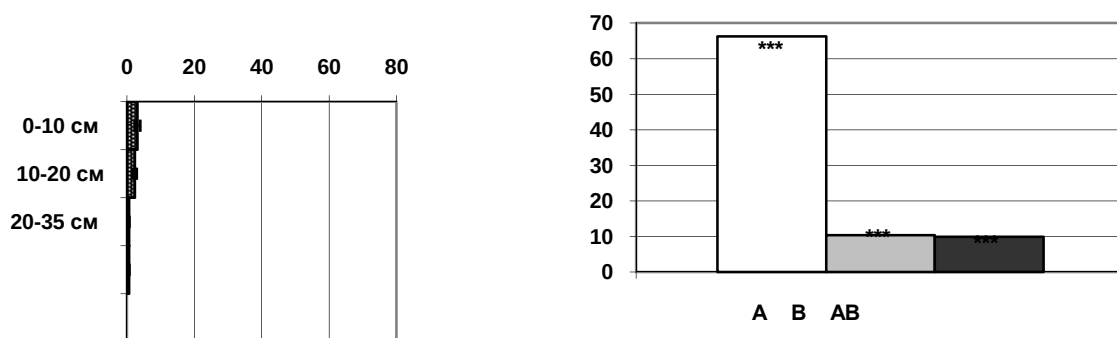
Влияние факторов, определяемых типом почвы и глубиной отбора образцов, оказалось сильным и достоверным (рис. 1, F). Но наиболее значительным, как и следовало ожидать, оказалось влияние типа почвы.

Р. 1



Р. 2





$$\text{НСР}(5\%) = 9,3$$

Рис. 1. Содержание углерода в биомассе микроорганизмов в профилях исследованных почв (мг С / 100 г почвы) (Р.1, Р.2, Р.3) и значения F критерия для различных факторов, влияющих на С-микробобиомассы (А – тип почвы, В – глубина по профилю почвы, АВ – взаимодействие факторов; *** - $p < 0,001$)

Максимум дыхательной активности был зафиксирован в верхнем (0–10 см) слое почвы 1, и данный показатель резко снижался вниз по профилю. При продвижении от почвы 1 к почве 2 дыхательная активность резко снижалась: в 16 раз в слое 0–10 см и в 8 раз в слое 10–30 см. При переходе от почвы 2 к почве 3 дыхательная активность увеличивалась в 4 раза в слое 0–10 см и в 4 раза в слое 10–20 см.

При оценке силы влияния на дыхательную активность факторов, определяемых типом почвы и глубиной по профилю, оказалось, что оба эти фактора оказывают сильное влияние на данный показатель. Но сила влияния фактора, определяемого типом почвы, оказалась наибольшей.

Максимальная удельная активность (Q) была отмечена в нижних горизонтах (10–35 см) почвы 3 и снижалась вверх по профилю этой почвы. В слое 0–10 см почвы 3 Q был в 1,9 раза ниже, чем в слое 10–35 см этой же почвы. В почве 2 отмечено общее снижение данного показателя по сравнению с почвой 3. Минимальные значения метаболического коэффициента отмечены в верхнем (0–10 см) слое почвы 1 (в 4,3 раза ниже, чем в почве 3).

При оценке силы влияния факторов, определяемых типом почвы и глубиной по профилю, на удельную активность оказалось, что только влияние комплекса факторов, связанных с типом почвы достоверное и значимое.

При обследовании катенного профиля с целью выявления населения панцирных клещей всего было обнаружено 3 вида (табл. 2). Малое видовое богатство, по-видимому, объясняется одноразовым обследованием. Тем не менее, определенные выводы по населению панцирных клещей в исследуемом профиле можно сделать.

Таблица 2. Население панцирных клещей (орибатид) в экосистемах катены в полупустынной зоне Западной Монголии (в экз./ м²)

Вид	Почва		
	1	2	3
<i>Oribatula pallida</i> Banks, 1906	1 200	–	–
<i>Tectocephus velatus</i> (Michael, 1880)	40	120	–
<i>Bipassalozetes cf. lineolatus</i> (Sitnikova, 1975)	-	80	–
Всего	1 240	200	–

В почве 1, где наибольшие в пределах профиля увлажнение и запас корней, численность панцирных клещей в 6 раз превышает численность в следующей по степени увлажнения экосистеме (почва 2). В почве 2 также увеличивается концентрация солей. В наиболее сухой почве 3 орибатида не найдены. В наиболее населенной экосистеме (в почве 1) численность определяется практически одним видом – *Oribatula pallida*, видимо, наиболее влаголюбивым видом в пределах изучаемого профиля, так как заселяя почву 1 с большой плотностью, в более сухих почвах он не встречен совсем. Второй вид – *Tectocephus velatus*, обнаружен в двух более увлажненных местообитаниях (почве 1 и почве 2), видимо, являясь здесь относительно влаголюбивым. Третий вид (*Bipassalozetes cf. lineolatus*) встречен только в почве 2, занимающей промежуточное положение по степени увлажнения между почвами 1 и 3. Два последних вида, в отличие от *Oribatula pallida*, встречены в малых количествах.

В целом, обследование показало, что население панцирных клещей катенного профиля полупустынной зоны Западной Монголии достаточно бедно как по численности, так и по видовому богатству.

Таким образом, в результате проведенного исследования показано, что при переходе от гумусово-гидрометаморфической типичной почвы, находящейся в нижней позиции катены, к солончаку типичному, происходит резкое уменьшение биомассы микроорганизмов и дыхательной активности, но удельная активность микроббиомассы увеличивается. При переходе от солончака типичного к бурой типичной щебнистой почве, биомасса микроорганизмов увеличивается незначительно, но происходит увеличение и базального дыхания, и удельной активности микроббиомассы. Так, что уровень удельной активности относительно небольшой биомассы бурой типичной щебнистой почвы оказывается значительно выше удельной активности относительно большой биомассы гумусово-гидрометаморфической типичной почвы.

Численность панцирных клещей при переходе от гумусово-гидрометаморфической типичной почвы к солончаку типичному и далее к бурой типичной щебнистой почве снижается практически до нулевых значений.

По аридным экосистемам имеются отдельные данные, демонстрирующие тесную взаимосвязь панцирных клещей и микроорганизмов [8], но в данном исследовании распределение панцирных клещей по профилю катены коррелирует с содержанием углерода в биомассе микроорганизмов только в

почвах 1 и 2. В бурой полупустынной почве (почва 3) роль панцирных клещей в процессах разложения, по-видимому, минимальна.

Все это свидетельствует о значительной перестройке деструкционного звена биологического круговорота, основой которого является зоомикробный комплекс (почвенные микроорганизмы и панцирные клещи), в катенном ряду почв в зоне полупустынь Западной Монголии. При усилении ксероморфности почв все большую роль в процессах деструкции органического вещества начинают играть почвенные микроорганизмы.

Таким образом, почвенно-микробиологические и, в некоторых случаях, почвенно-зоологические методы могут успешно использоваться в практике экологического мониторинга равнинных почв в зоне полупустынь.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гунин П.Д., Микляева И.М. Современные процессы деградации и опустынивания экосистем восточного сектора степей и лесостепей // Современные глобальные изменения природной среды. В 2-х томах. Т. 2. – М.: Научный мир, 2006. – 776 с.
2. Звягинцев Д.Г., Бабьева И.П., Зенова Г.М. Биология почв: Учебник, 3-е изд., испр. и доп. – М.: Изд-во МГУ, 2005. – 445 с.
3. Методы почвенной микробиологии и биохимии: Учебное пособие – М.: Изд-во МГУ, 1991. – 304 с.
4. Anderson T.H., Domsch K.H. // Biol. Fert. Soil. 1985. V. 1. № 5. P. 81–89.
5. Бызов Б.А. Зоомикробные взаимодействия в почве. – М.: ГЕОС, 2005. – 228 с.
6. Методы почвенно-зоологических исследований. – М.: Наука, 1975. – 206 с.
7. Плохинский И.А. Биометрия. – М.: Изд-во МГУ, 1970. – 358 с.
8. Santos F., Withford W.J. // Ecology. 1981. V. 62. № 3. P. 654–663.

© В.С. Андриевский, М.В. Якутин, Ч. Лхагвасурен, 2009

УДК 528.48

Б.В. Селезнев, Д.В. Панов

СГГА, Новосибирск

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ПОРТАТИВНОГО ЛАЗЕРНОГО ДАЛЬНОМЕРА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВЫСОТ ДЕРЕВЬЕВ

B.V. Seleznyov, D.V. Panov

SSGA, Novosibirsk

EXPERIENCE IN USING PORTABLE LASER RANGEFINDER FOR TREES HEIGHT DETERMINATION

The paper analyzes the experience of using the portable rangefinder Disto A5 for measuring the height of conifers. Measuring technique is offered which takes into account structural features of natural objects by means of the built-in «Pythagorean theorem» function.

При натурных обследованиях древостоя, например, на лесосеменных плантациях, в лесотаксации, на тестовых экологических площадках, требуется определять высоту отдельных деревьев, ежегодный прирост, расстояние между мутовчатыми междоузлиями и другие характеристики [1].

Процесс измерения высот деревьев сопряжен с определенными трудностями, которые возрастают с увеличением их высоты. Особенно сложно измерение рулеткой. Существуют косвенные способы измерения: калиброванным шестом для невысоких деревьев, ручными угломерными визирами с последующим вычислением высот. Естественно самым надежными и точными являются измерения теодолитом. Но профессиональное, порой громоздкое оборудование не находит применения в подобных работах, так как установленная точность определения высот деревьев находится в пределах 0,5 м.

Предлагается выполнять измерения высот природных объектов с помощью портативного лазерного дальномера. Для проведения экспериментов применялся Disto A5 фирмы – изготовителя Leica (Швейцария), позволяющий измерять линейные размеры – прямым промером; площадь и объем прямоугольных участков и помещений. Когда невозможно прямое измерение расстояния, например высоты объекта, Disto позволяет косвенное определение, путем построения пространственных треугольников, в которых измеряются катет и гипотенуза. Вычисление второго катета (высоты) обеспечивает встроенная функция «Теорема Пифагора». Фирма-изготовитель гарантирует точность прямого измерения $\pm 1,5$ мм при благоприятных условиях прохождения и отражения лазерного луча на расстояниях до 200 м. Это же подтверждается и в публикациях геодезических журналов [2, 3].

Лазерным дальномером Disto A5 определялись высоты сосны обыкновенной на лесосеменной плантации Озерского лесхоза Алтайского края летом 2008 г. В общей сложности было измерено 54 дерева с высотами: от 6 м до 8 м – 25 шт, от 8 до 10 м – 29 шт. Измерения осуществлялись со штатива с использованием встроенного в прибор уровня и визира с 2-х кратным увеличением, схема измерений представлена на рис. 1.

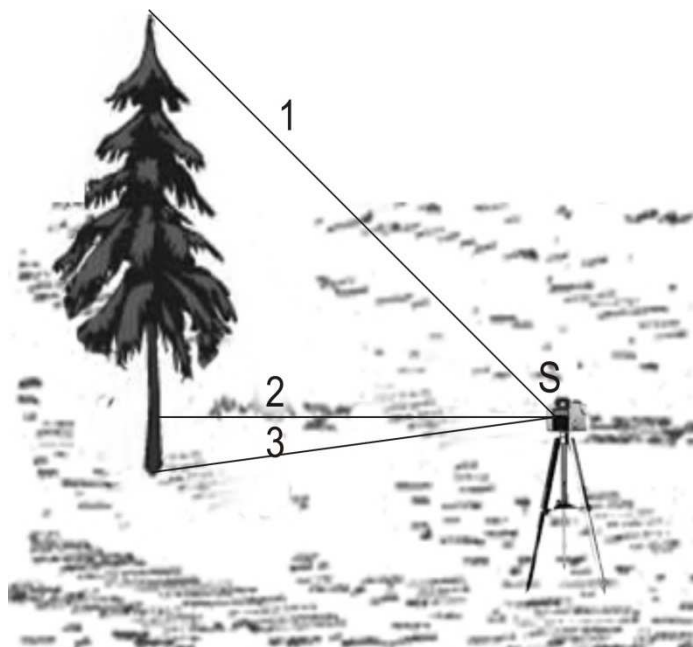


Рис. 1. Схема измерения высоты дерева лазерным дальномером Disto A5

Точка стояния S выбиралась произвольно, так чтобы были видны вершина и основание дерева.

После измерений, выполненных в последовательности, показанной на рис. 1, вычисленная высота дерева отображается на дисплее прибора.

Результаты, полученные Disto A5 (H_{Disto}), сравнивались с высотами этих же деревьев, вычисленными суммированием расстояний между мутовочными междоузлиями, измеренных обыкновенной рулеткой (H_P) (рис. 2). Анализ показал, что значения высот, полученные Disto A5, в основном меньше, чем измеренные по междоузлиям.

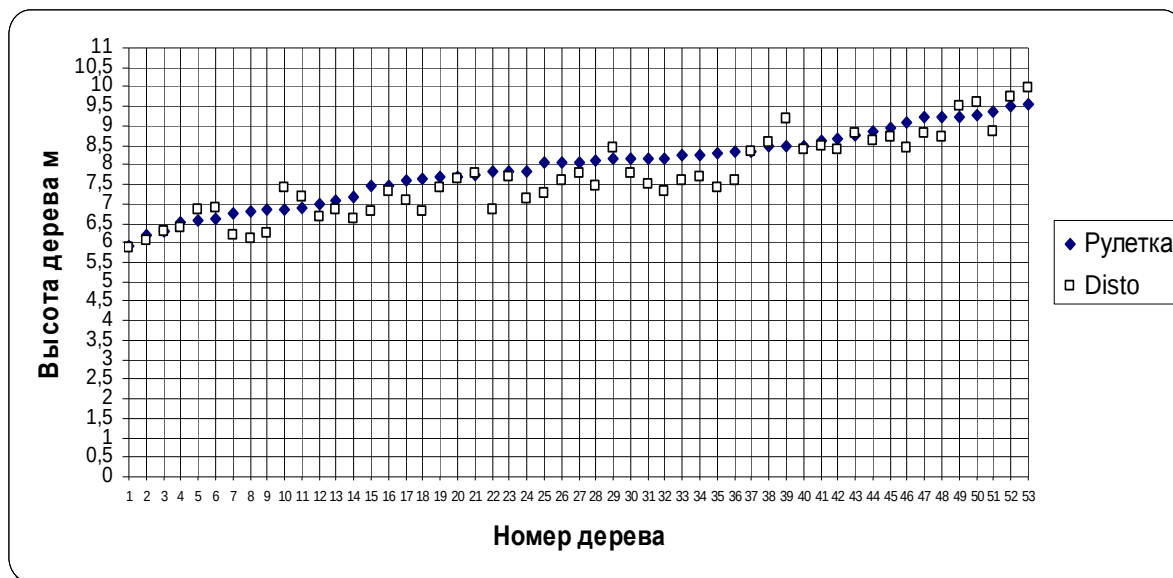


Рис. 2. Сравнение значений высот деревьев

Расхождения значений высот ($H_{Disto} - H_p$) распределились в следующих интервалах: от 0 до 0,25 м – 48 %; от 0,30 до 0,50 м – 20 %; от 0,55 до 0,70 м – 15 % и более 0,70 м – 17 %.

Для выявления причин относительно низкой точности измерений были выполнены дополнительные исследования способа определения высот с помощью функции «теорема Пифагора». Для этого на отвесной стене здания была отмечена маркой контрольная высота (Н), на которой были закреплены хвойная ветка и мутовчатый узел вершинки ели. Геодезической лентой с точностью $\pm 1 \div 2$ см промерены высоты и отстояния от стены до штатива с установленным на нем Disto A5.

Прибор поочередно устанавливался на отстояния равные: 0,3Н, 0,6Н, Н, 2Н, 3Н, 4Н.

В каждой серии измерения выполнялись десять приемами для определения точности наведения. Вычисления показали, что среднеквадратическая ошибка наведения луча с помощью встроенного визира практически не зависит от отстояния до стены и составляет соответственно на марку $\pm 0,5$ см, на мутовочный узел $\pm 2,6$ см, на вершину ветки $\pm 5,8$ см.

Таким образом, для длин линий, расположенных в отвесной плоскости, предлагаемый способ измерения с использованием функции «теорема Пифагора» дает вполне удовлетворительную точность.

Реальная точность измерения высот деревьев на плантации оказалась ниже. Это объясняется тем, что три точки наведения при измерении высоты дерева не находятся в отвесной плоскости, т. е. нарушается прямоугольность измеряемых треугольников.

Для анализа были выполнены расчеты высоты «виртуальных» деревьев в зависимости от значений диаметров ствола. Ствол принимался за правильный конус. Расчеты выполнены для различных диаметров стволов и отстояний. Полученные отклонения от истинной высоты (от вершины до точки наведения

луча 2) носят систематический характер и для наглядности представлены в виде графика (рис. 3).

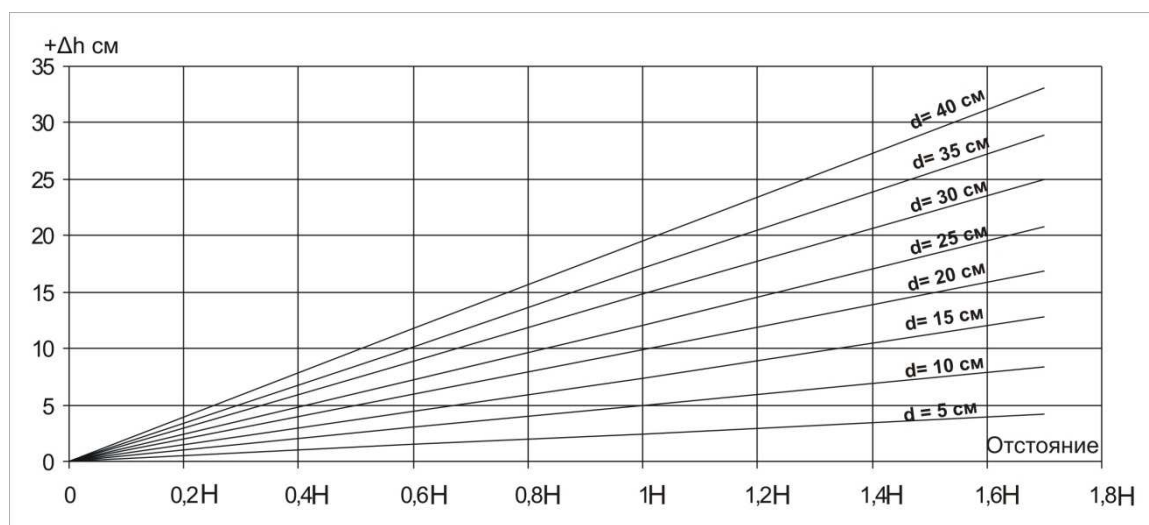


Рис. 3. График искажений определяемой величины в зависимости от диаметра дерева и отстояния от него инструмента

Как видим, погрешность с увеличением отстояния и диаметра ствола может достигать значительных величин, которые имеет смысл учитывать.

Треугольник, образованный лучами 2 и 3, имеет острый угол при инструменте в точке (S), т. е. является практически вырожденным. Поэтому даже малые отклонения от прямоугольности, а особенно за счет укорочения луча 3 приводят к ощутимым искажениям результата от 0,5 до 1,0 м. Этим объясняются большие погрешности в измерениях высот деревьев на лесосеменной плантации.

Резюмируя изложенное, предлагается следующая методика измерения высот деревьев хвойных пород лазерным дальномером Disto A5.

1. Измерения выполнять только с устойчивого штатива.
2. Прибор устанавливать на возможно близкое расстояние от дерева.
3. С помощью Disto A5 измерять только часть ствола Н (1–2) от вершины до точки наведения горизонтального луча.
4. Домер высоты от точки наведения горизонтального луча до точки, где ствол переходит в корни, измерить вручную с помощью рулетки. Это расстояние приблизительно равно высоте установки прибора и измерить его не составит труда.
5. Высота дерева определяется суммированием значений расстояний (1–2) и (2–3), в окончательную высоту дерева необходимо ввести поправку снятую с графика (рис. 3). Входные величины – диаметр ствола на высоте, равной высоте инструмента и отстояние.

На лесосеменных плантациях, где прирост деревьев отслеживается регулярно, на наш взгляд, высоту лучше измерять до верхнего мутовочного

узла, так как при этом значительно повышается точность наведения лазерного луча и соответственно точность измерения самого прироста.

Следует обратить внимание, что применение Disto A5 для измерения расстояний между междоузлиями значительно облегчает этот процесс, в сравнении с другими способами, а влияние разного рода систематических погрешностей измерений связанных с прибором и внешней средой в значительной мере ослабится.

Считаем, что проведенный полевой эксперимент и результаты исследования точности измерений позволяют рекомендовать лазерный дальномер Disto A5 для измерения высот деревьев, особенно хвойных пород.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Тараканов, В.В. Селекционное семеноводство сосны обыкновенной в Сибири / В.В. Тараканов, В.П. Демиденко, Я.Н. Ишутин, Н.Т. Бушков. – Новосибирск: Наука, 2001. – 230 с.
2. Ершов, В.В. Исследование лазерной рулетки ММ.30 / В.В. Ершов, В.А. Калмыков // Геодезия и картография. – 2003. – № 6. – С. 16–19.
3. Соустин, В.Н. О точности определения разностей / В.Н. Соустин // Геодезия и картография. – 2005. – № 1. – С. 19–22.

© Б.В. Селезнев, Д.В. Панов, 2009

УДК 681.518:528.389

В.Е. Мизин

СГГА, Новосибирск

А.И. Дяков

МУП «Городское кадастровое бюро г. Новосибирска», Новосибирск

МОНИТОРИНГ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГОРОДСКИХ ЗЕМЕЛЬ

V.Ye. Mizin

SSGA, Novosibirsk

A.I. Dyakov

Municipal Unitary Enterprise "Municipal Cadastral Bureau of Novosibirsk"

MONITORING OF URBAN LANDS USE

The paper deals with the general principles of exercising control, problems and goals of urban land use monitoring. All the real property on the city territory is suggested to be included into the monitoring system.

Земля является важнейшим природным ресурсом и основой жизнедеятельности человека. Из всех категорий земель около 14 % земельного фонда занято землями населенных пунктов[1]. Каждый населенный пункт занимает площадь от нескольких гектаров до сотен квадратных километров. Так г. Новосибирск занимает площадь 506,7 кв. км.

В составе городских земель земельные участки делятся на территориальные зоны в соответствии с градостроительными регламентами[2]: жилые; общественно-деловые; производственные; инженерных и транспортных инфраструктур; сельхозназначения; военных объектов и др.

Градостроительные регламенты являются обязательными для всех пользователей и собственников земель. За соблюдением земельного законодательства, охраной и использованием земель ведется контроль, а за их состоянием мониторинг земель[3].

Государственный земельный контроль осуществляется специальными государственными органами за соблюдением земельного законодательства, охраны и использования земель.

На территории городов и других населенных пунктов земельный контроль осуществляется органами местного самоуправления в соответствии с ФЗ «Об общих принципах организации местного самоуправления». Общественный земельный контроль над соблюдением принимаемых решений органами государственной власти и органами местного самоуправления осуществляется в соответствии с Федеральным или с региональным законодательством различными общественными объединениями граждан. Производственный

земельный контроль непосредственно на земельном участке должен выполняться его собственником, арендатором, землепользователем [3].

Мониторинг земель является составной геомониторинга природной среды, представляет собой систему различных наблюдений за их состоянием. В зависимости от целей и размеров территорий мониторинг разделяют на глобальный, региональный, локальный и мониторинг объектов. При относительно небольших размерах городских территорий осуществляется локальный мониторинг земель и окружающей природной среды [4].

В задачу мониторинга входят своевременное выявление изменений о состоянии земель, об изменении размеров земельных участков, о загрязнении и экологическом состоянии. По результатам собранной информации производится оценка таких изменений, выработка рекомендаций по предупреждению и устранению последствий выявленных нарушений.

Мониторинг включает в себя сбор информации о размерах городской территории, количестве землепользователей и собственников, назначении и состоянии земель. Сбор информации производится поэтапно, по принципу «от общего к частному». Общая информация получается мелкомасштабных топографических карт, космических и аэроснимков. Затем по мере необходимости используются крупномасштабные топографические карты и планы, материалы межевания земель, полевого обследования, земельного и экологического контроля и других источников информации [5].

Собранная в начале работ по мониторингу и в последующем информация анализируется, систематизируется, обрабатывается и вносится в информационную систему города. Сбор различной информации для мониторинга может быть периодическим – через три года и более и оперативным по мере необходимости. Космические снимки высокого разрешения на территорию города получаемые, например, один раз в 1–2 года, позволят оперативно получать большую часть информации о состоянии городских земель.

С совершенствованием и развитием земельного законодательства должны меняться цели и задачи мониторинга городских земель. Так с принятием федерального закона № 221-ФЗ «О государственном кадастре недвижимости» задачей мониторинга может быть влияние высотной, точечной застройки на окружающую среду, антропогенной нагрузки геоэкология, недвижимость, составной частью которой является земля.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Алпатов А.А. Земельная реформа в новой России. – М., 2005. – 335 с.
2. Градостроительный кодекс Российской Федерации. № 190-ФЗ от 29.12.2004 г. С дополнениями изменениями по состоянию на 20.09.2008 г.
3. Земельный кодекс Российской Федерации № 136-ФЗ от 29.10.2001 г. С дополнениями и изменениями по состоянию на 20.09.2008 г.
4. Положение по осуществлению государственного мониторинга земель. Постановление правительства РФ № 846 от 28.11.2002 г.

5. Зяткова Л.К., Лесных И.В. Геомониторинг природной среды. – Новосибирск: СГГА, 2004. – Т. 1. – 376 с.; .т. 2, 316 с.

© *В.Е. Мизин, А.И. Дяков, 2009*

УДК 551.5

К.П. Куценогий¹, Ю.И. Молородов², Т.С. Селегей³

¹ИХКиГ СО РАН, Новосибирск

²ИВТ СО РАН, Новосибирск

³СибНИГМИ, Новосибирск

ВЛИЯНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ АЭРОЗОЛЕЙ НА КАЧЕСТВО АТМОСФЕРЫ В Г. НОВОСИБИРСКЕ

K.P. Koutsenogi

Institute of Chemical Kinetics and Combustion SB RAS, Novosibirsk

Yu.I. Molorodov

Institute of Computing Technology SB RAS, Novosibirsk

T.C. Selegei

Siberian Hydrometeorological Research Institute

INFLUENCE OF AEROSOLS ON AIR QUALITY IN NOVOSIBIRSK

On the basis of regular measurements of submicron fraction of atmospheric aerosol at the observation posts in the city of Novosibirsk and its outskirts investigated the influence of anthropogenic aerosols and natural origin for the air quality megapolis.

Введение

По современным оценкам Европейской секции Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) содержание в атмосферном воздухе различных аэрозольных частиц, наряду с озоном, представляет основную опасность для здоровья населения. При этом речь идет не только о грубодисперсных частицах ($d_{50} = 10$ мкм), но и мелкодисперсной фракции частиц ($d_{50} = 5$ мкм), которые, как правило, проникают в легкие и осаждаются в нижних слоях дыхательного тракта, вызывая серьезные заболевания и увеличение смертности населения.

В РФ до настоящего времени крупные, и мелкодисперсные аэрозольные частицы оцениваются и регулируются по одинаковой шкале, т. е. без выделения доли мелкодисперсной фракции. В системе государственного контроля за чистотой атмосферного воздуха наблюдения за массовой концентрацией атмосферных аэрозолей проводятся ежедневно в 07, 13 и 19 час местного времени при 20-и минутном отборе проб на специальных пунктах наблюдений за загрязнением (ПНЗ). В г. Новосибирске таких пунктов наблюдений ПНЗ-9.

На базе одного из них, расположенного в центре города, начиная с 2006 г, Институтом химической кинетики горения СО РАН была организована приборная база для наблюдений за массовой концентрацией аэрозоля и долей мелкодисперсной фракции в ней. Отбор проб проводился непрерывно в течение суток сериями по 30 дней в различные сезоны года.

Массовая концентрация аэрозоля – это среднесуточная концентрация аэрозоля, характеризующая все фракции частиц пыли. По критериям ВОЗ ее можно оценивать по стандарту качества пыли ВЧ₁₀ (весовая концентрация част.), который характеризует фракцию общих взвешенных частиц с аэродинамическим диаметром 30 мкм и менее (50-процентное содержание частиц с аэродинамическим диаметром 10 мкм). Эти частицы попадают в верхние дыхательные пути, не проникая вглубь организма.

Для стран-участниц Европейской секции ВОЗ по содержанию в нем ВЧ₁₀ были установлены следующие стандарты качества атмосферного воздуха: средняя за 24 часа концентрация ВЧ₁₀ не должна превышать уровня 50 мкг/м³ более чем 35 раз в год, а среднегодовая – не должна превышать порога в 40 мкг/м³.

По имеющимся параллельным наблюдениям за запыленностью атмосферного воздуха с помощью обычного метода, используемого на сети Росгидромета, и метода СО РАН, для г. Новосибирска была произведена сравнительная оценка измеренных концентраций, а также произведена оценка качества атмосферного воздуха по ее среднесуточным значениям. При этом первые оценивались по (предельно-допустимая концентрация средне-суточная) ПДКсс (150 мкг/м³), а вторые по ВЧ₁₀. Результаты показали, что среднесуточные концентрации общей запыленности воздуха различаются друг от друга в 2,5–3,5 раза, а оценка качества атмосферного воздуха по разным критериям дает противоречивые результаты.

В г. Новосибирске появилась перспектива оценки и прогноза качества атмосферного воздуха по европейским стандартам. Для этого необходимо на базе того же ПНЗ организовать стационарные ежесуточные наблюдения за массовой концентрацией аэрозоля и содержанием мелкодисперсной фракции, наряду с обычными наблюдениями за взвешенными веществами. Параллельные наблюдения позволят не только обосновать переход к новым стандартам качества, но и сохранить имеющиеся ряды наблюдений за пылью.

Норматив качества атмосферного воздуха для ВЧ_{2,5} (мелкодисперсной фракции пыли) с 1997 года используется в США, но пока не введен даже в странах Европы. В настоящее время там ведутся интенсивные научно-методические работы по его внедрению.

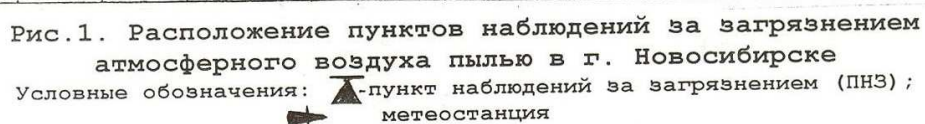
Единственной страной, где введен стандарт качества для мелкодисперсной пыли (ВЧ_{2,5}) являются США. Введя такой норматив, они намного упростили требования к ВЧ₁₀ по сравнению с Европой, но ужесточили требования к содержанию мелкодисперсной пыли, которая не должна в среднем за сутки превышать 65 мкг/м³ и в среднем за год 15 мкг/м³.

Постановка задачи

Для измерений в 2006 и 2007 гг. массовой концентрации аэрозоля использовались посты наблюдений (рис. 1). Один из них располагался в левобережной части г. Новосибирске и характеризовал центральную часть города, другой – в пос. Ключи в 30 км от Новосибирска (в 12 км к востоку от Академгородка). Он характеризовал пригородную зону мегаполиса. В первом

пункте располагается также точка отбора проб на загрязнение атмосферного воздуха пылью (ПНЗ № 26) Западно-Сибирского Центра мониторинга окружающей среды Росгидромета.

Отбор массового аэрозоля (См) производился на тонковолокнистые аэрозольные фильтры АФА-ХА-20. На постах наблюдений пробы отбирались в течение суток непрерывно по несколько дней в каждый сезон года (зимой, весной, летом и осенью), часто не синхронно во времени друг с другом. При этом данные См, измеренные в пос. Ключи, являются более репрезентативными для исследований в рамках поставленных задач, так как выбранные границы суток (с 8–9 час до 8–9 час) более тесно совпадают с метеорологическими сутками. Этот ряд составил 238 случаев.



Наблюдения за загрязнением атмосферного воздуха пылью (взвешенными веществами) в г. Новосибирске осуществляет Западно-Сибирский Центр мониторинга окружающей среды Росгидромета на 9 ПНЗ. Метод отбора проб основан на определении массы взвешенных частиц пыли, задержанных фильтром АФА-ХА-20 при прохождении через него определенного объема воздуха в течение 20 минут. Относительная погрешность метода составляет $\pm 25 \%$, абсолютная погрешность определения массы пыли на фильтре – 0,2 мг.

предельная относительная погрешность определения объема воздуха, прошедшего через фильтр, – 6 % [1].

Таблица 1. Среднемесячные, максимальные и минимальные значения массовой концентрации аэрозоля в г. Новосибирске и пос. Ключи

Характеристика	См, мкг/м ³											
	1	П	Ш	1У	У	У1	УП	УШ	1Х	Х	Х1	ХП
г. Новосибирск												
Средняя	54	48	59	128	86	105	71	68	73	63	28	
Максимальная	97,6	100,3	73,4	180,8	133,7	150,6	107,1	93,6	113,1	122,4		
Дата наступл.	30 2007	28 2006	2006	24 2007	16 2007	22 2006	18 2007	1 2007	21 2006	10 2007		
Минимальная	26,0	26,3	38,5	57,4	42,3	75,0	14,7	28,5	41,0	25,3		
Дата наступл.	24 2007	10 2006	1 2007	26 2006	25 2006	01 2006	11 2006	15 2007	20 2007	10 2006		
Число случаев	13	31	3	11	31	8	31	10	12	35	1	
пос. Ключи												
Средняя	33	35		56	83	50	40		43	32		
Максимальная	64,1	98,0		138,8	297,3	91,0	116,3		154,8	135,0		
Дата наступл.	21 2006	17 2006		26 2007	2 2007	22 2007	11 2007		23 2006	3 2006		
Минимальная	10,3	10,4		21,8	12,2	20,8	11,6		4,9	4,4		
Дата наступл.	24 2007	8 2007		20 2007	9 2007	29 2007	10 2006		21 2007	9 2007		
Число случаев	24	36		22	38	22	37		21	38		

На рис. 2 показан годовой ход среднемесячных концентраций аэрозоля отдельно для г. Новосибирска и пос. Ключи, а также среднемесячные значения концентраций взвешенных веществ, осредненных за тот же промежуток времени на ПНЗ № 26. Как видно из рис. 2, среднемесячные концентрации аэрозоля в центральной части города в 1,5–2,0 раза выше, чем в его пригородной зоне, что, в общем-то, логично.

Самые высокие концентрации аэрозоля в Новосибирске наблюдаются в апреле, что хорошо согласуется с годовым ходом взвешенных веществ по данным Росгидромета [2]. Этот пик образуется за счет сдувания и испарения частиц пыли с поверхности земли, еще не покрытой травяным покровом. В пригородной зоне (пос. Ключи) пик среднемесячных значений массовой концентрации аэрозоля сдвинут на май, очевидно, за счет запаздывания таяния снежного покрова и более позднего появления оголенных участков почвы и цветения растений.

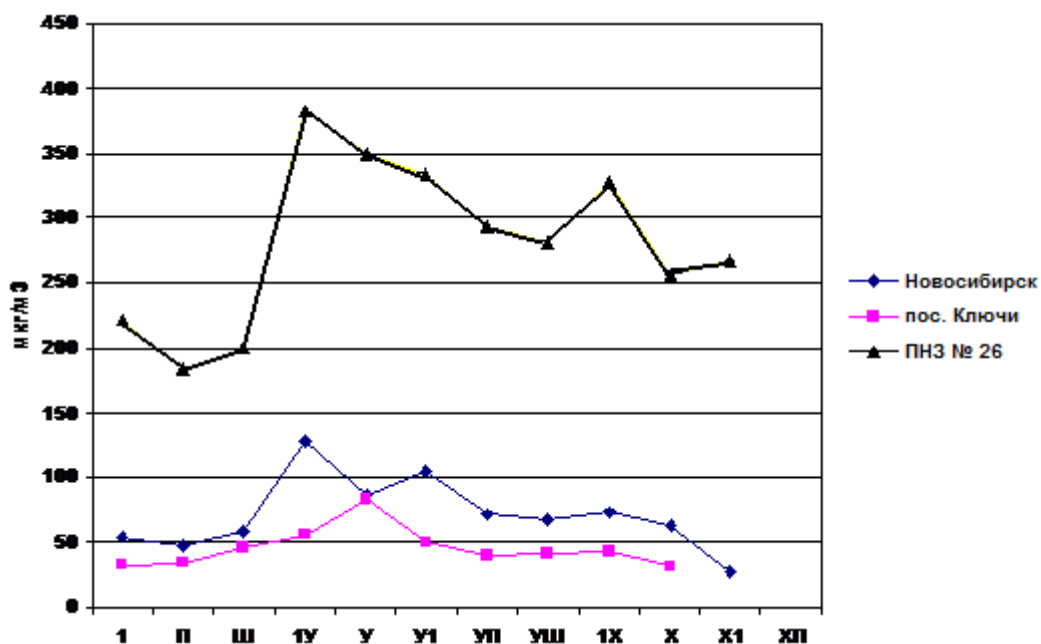


Рис. 2. Годовой ход массовой концентрации аэрозоля (C_m) и концентрации взвешенных веществ (q_{cp})

Максимальные концентрации аэрозоля за рассматриваемый период выборки в 2–3 раза были выше в пос. Ключи, чем в городе. Особенно большие различия наблюдаются в первую и вторую декады мая (табл. 1.2), когда C_m в пос. Ключи составляет 200–300 мкг/м^3 , в то время как в городе около 130 мкг/м^3 . В апреле, наоборот, максимальные концентрации аэрозоля в 1,5–2,0 раза выше в городе, чем в пригороде, что объясняется несовпадением пиков их годового хода.

Минимальные суточные концентрации аэрозоля в пос. Ключи наблюдаются на уровне 10–20 мкг/м^3 в течение большей части года, к осени они могут уменьшаться до 4–5 мкг/м^3 . В г. Новосибирске минимальные суточные концентрации, как правило, не опускаются ниже 20–40 мкг/м^3 . Поэтому годовая амплитуда колебаний суточных концентраций аэрозоля в пос. Ключи за рассматриваемый период времени составила 293 мкг/м^3 , в то время как в Новосибирске она в 1,8 раза меньше и составила 166 мкг/м^3 . Это свидетельствует о более устойчивом характере формирования массовой концентрации аэрозоля в городе по сравнению с пригородом. Пригородная зона, очевидно, подвержена большему влиянию разнообразных факторов, приводящих к резкому увеличению массовой концентрации аэрозоля и быстрому их спаду.

Практически даты наступления минимальных и максимальных концентраций аэрозоля в городе и его пригородах не совпадают, что опять же свидетельствует о разных факторах, формирующих массовую концентрацию в этих пунктах, или от запаздывания или опережения протекающих процессов, приводящих к увеличению массовой концентрации.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Руководство по контролю загрязнения атмосферы. Рд 52.04.186-89. – М.: производственно-техническое издание, 1991. – С. 181–184.
2. Ежегодник состояния загрязнения атмосферного воздуха в городах и промышленных центрах, расположенных на территории деятельности Западно-Сибирского межрегионального территориального управления по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды за 2006–2007 гг.
3. Плауде Н.О., Е.А. Стулов, Н.А. Монахова и др. «Характеристика атмосферного аэрозоля в аномальном осеннем сезоне 2005 г в Подмоскowie // Метеорология и гидрология. – 2007. – № 3.
4. Перечень и коды веществ, загрязняющих атмосферный воздух. – СПб, 2005. – 290 с.
5. Мониторинг качества атмосферного воздуха для оценки воздействия на здоровье человека. – Копенгаген, региональные публикации ВОЗ, Европейская секция, № 85.
6. Аэрозоли Сибири . 2006, под ред. К.П. Куценогого. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 547 с.

© К.П. Куценогий, Ю.И. Молородов, Т.С. Селегей, 2009

УДК 528.7

А.П. Гук, Л.Г. Евстратова, А.С. Алферова

СГГА, Новосибирск

КОМПЛЕКСНЫЙ АНАЛИЗ КОСМИЧЕСКИХ СНИМКОВ ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ ИЗМЕНЕНИЙ ПРИ МОНИТОРИНГЕ ТЕРРИТОРИЙ

A.P. Guk, L.G. Yevstratova, A.S. Alfyorova

SSGA, Novosibirsk

COMPLEX ANALYSIS OF SATELLITE IMAGES FOR DETECTING TRANSFORMATIONS DURING THE TERRITORIES MONITORING

The paper presents complex analysis of satellite images and the recommendations for detecting transformations during the territories monitoring on the basis of the spectral- and wavelet image analysis.

В последнее время существенно расширились возможности получения информации о поверхности Земли средствами дистанционного зондирования. Возросло количество космических аппаратов, предназначенных для съемки поверхности Земли в различных зонах электромагнитного спектра, с различным разрешением на местности, полосой обзора, периодом съемки заданных участков. Это открывает принципиально новые возможности для изучения состояния поверхности Земли, различных искусственных и природных объектов, выполнения мониторинга заданного класса объектов.

В настоящее время активно ведутся работы по созданию систем мониторинга на основе космических съемок и других данных дистанционного зондирования, однако внедрение таких систем сдерживается рядом технических и методологических проблем.

Количественный подход в дистанционном зондировании появился в 80-е годы XX века, и связан в первую очередь с развитием многозональных съемочных систем, а визуальный анализ многозональных снимков малоэффективен. И в связи с этим стали активно развиваться алгоритмы численного анализа изображений, автоматического дешифрирования снимков.

Однако, несмотря на существенные достижения в этой области автоматическое дешифрирование реализовано только для узкого класса объектов и до сих пор представляет сложную и неоднозначно решаемую задачу. Это объясняется большим количеством разнообразных факторов, влияющих на отражающие свойства объекта, процесс получения изображения объекта. Кроме того, для ряда задач, несмотря на то, что изменяются свойства объекта, требуется отнести объект к заданному классу, несмотря на произошедшие изменения.

В количественном подходе в дистанционном зондировании многоспектральное и гиперспектральное изображение рассматриваются как совокупность выполненных измерений электромагнитной энергии (отраженной объектом электромагнитной энергии), записанной в виде цифрового изображения – матрицы, элементы которой имеют значения измерений в соответствующей зоне спектра. Таким образом, изображения – это совокупность измерений выполненных в одно и то же время и в одних и тех же условиях (высота полета, наклон съемочной системы, геометрия построения, состояния атмосферы и т. д.).

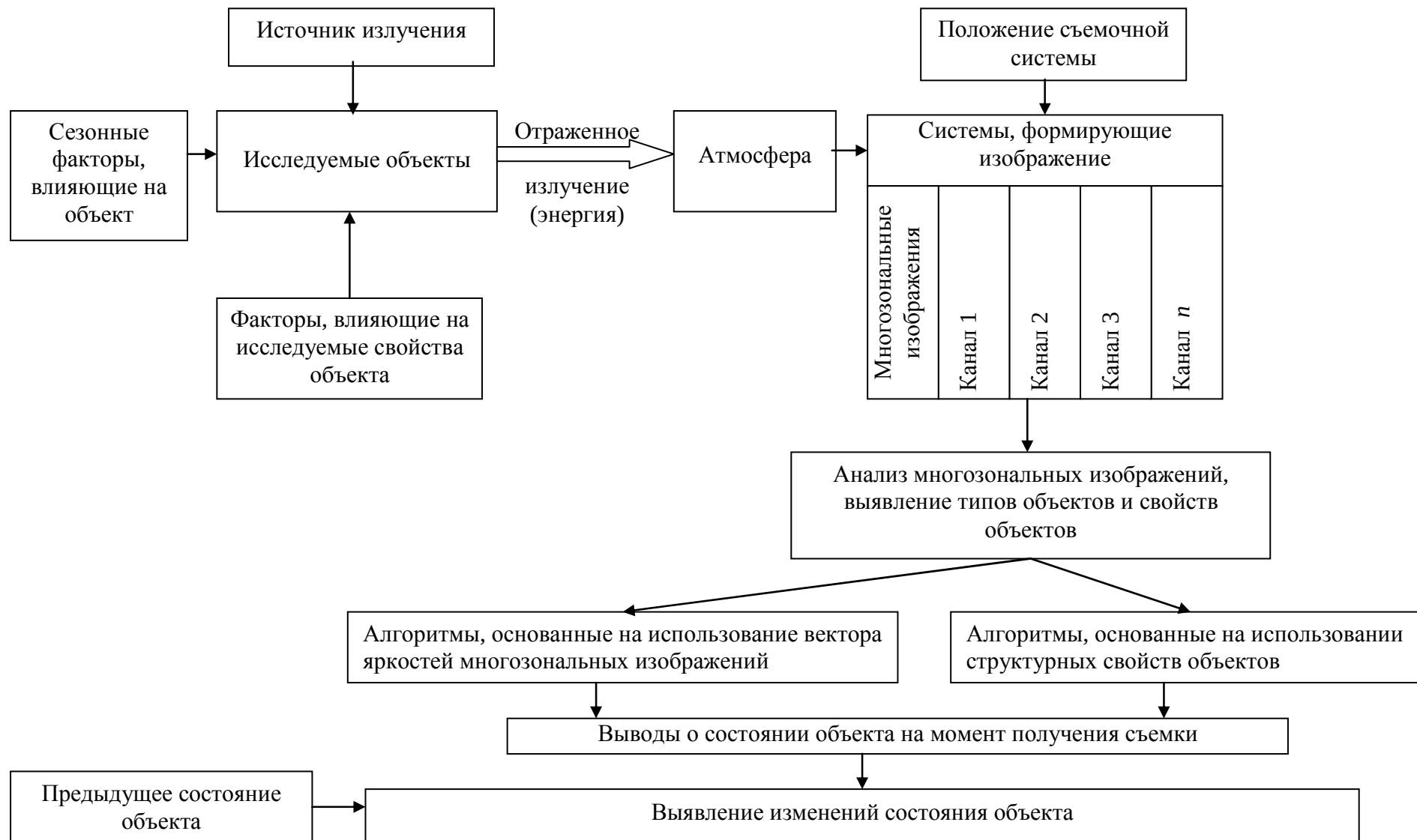


Рис. 1. Схема исследования изменения состояния объектов с использованием систем, формирующих многозональные изображения

Таким образом, многозональные изображения можно рассматривать как некоторую измерительную систему и соответственно нужно, как для любой измерительной системы разделить полезные и «меняющие» факторы.

Однако для съемки природных объектов весьма сложно построить измерительную систему, то есть учесть разные факторы. Тем не менее, развитие этого направления имеет определенные успехи: расширяется банк спектральных данных, применяются более полные модели атмосферы, калибровка съемочных систем и т. д. Создаются математические модели процесса измерения с описанием факторов влияющих на построение изображения и часть факторов, не являющихся полезными для решения задачи, устраняют (например, путем калибровки системы), часть фиксируют, чтобы затем учесть при обработке.

Однако, создание измерительной системы обработки изображений, основанной только на измерениях, весьма сложно.

Другой подход заключается в выявлении структурных свойств объектов участков местности и т. д., которые определяются комплексными измерениями, и является устойчивыми признаками объектов.

Задача мониторинга территории с точки зрения дешифрирования снимков существенно отличается от собственно задачи дешифрирования, так как основная цель мониторинга выявление изменений состояния объектов, появления новых объектов, причем набор основных объектов или структура участка является, в основном, не измененной. При мониторинге определяют относительно небольшие изменения, которые произошли с объектом или исследуемым участком. Это позволяет «конструировать» различные схемы дешифрирования, используя структурные алгоритмы, специальные индексные изображения и т. д.

Дешифрирование многозональных снимков в большинстве случаев основано на анализе вектора яркостей спектральных изображений $P\{P^I, P^II, \dots, P^k\}$, где P^i – яркость элемента j изображения в канале i .

При этом для уменьшения влияния «мешающих факторов» выполняются различные процедуры нормирования изображений, получение индексных изображений и т. д.

В задачах мониторинга решаемых на основе использования только векторов яркостей P^i требуется с высокой степенью точности нормировать яркости, что не всегда возможно выполнить. В тоже время структурные признаки являются более устойчивыми характеристиками объектов и участков территории.

Структурные признаки основаны на использовании частотного подхода к описанию изображения.

Основные методы частотного подхода базируются на преобразовании Фурье, которое позволяет представить функцию в виде набора гармонических функций (синусов и косинусов), что позволяет рассматривать исходную функцию в частотной области и соответственно изучать пространственную структуру исходной функции.

С точки зрения анализа изображений, переход в частотную область позволяет оценивать «пространственную структуру» изображения, то есть определять «вклад» который вносят те или иные гармоники, характеризующие детали изображения.

Комплексный подход к анализу изображений основан на совместном использовании методов базирующихся на анализе вектора спектральных яркостей и методах структурного анализа.

В данной работе были исследованы структурные признаки многоспектральных изображений эталонных участков на космических снимках высокого разрешения IKONOS и QuickBird. В качестве описания структуры изображения использовались Фурье-образ и вейвлет-образ эталонных участков. На рис. 2 показаны некоторые примеры Фурье и вейвлет-образов некоторых объектов.

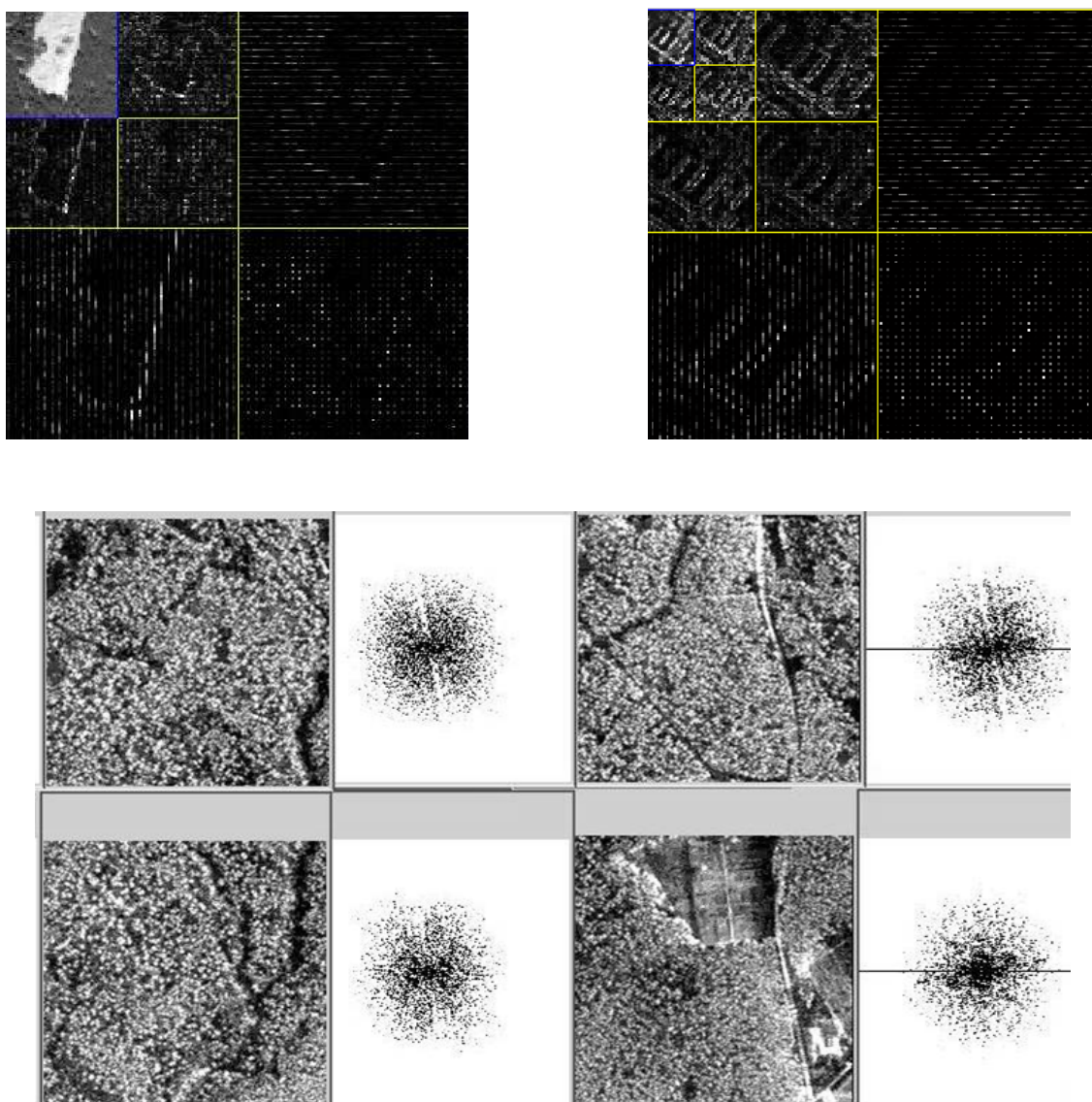


Рис. 2. Примеры Фурье и вейвлет-образов некоторых объектов

Так же были оценены изменения в Фурье и вейвлет-образах, которые вызваны появлением новых объектов на эталонных участках или изменением состояния этих объектов.

Оказалось, что изменения эталонных участков меняют форму Фурье и вейвлет-образов. Таким образом, структурные признаки являются достаточно устойчивым индикатором изменения состояния объекта.

В результате исследований было установлено, что наиболее эффективно использовать совместно спектральные и структурные методы для оценки изменений, произошедших на участке мониторинга.

Для принятия решения рекомендуется использовать комплексный критерий:

$$\rho = k_1\Delta_1^I + k_2\Delta_2^I + k_3\Delta_3^I + k_4\Delta_1^{II} + k_5\Delta_2^{II},$$

где Δ_i^I – значение изменения в состоянии объекта по яркостному признаку i ;

Δ_i^{II} – значение изменения в состоянии объекта по структурному признаку i ;

k_i – весовые коэффициенты.

Экспериментальные работы показали, что использование комплексного критерия позволяет выявить изменения в состоянии лесного покрова с вероятностью до 90 %.

© А.П. Гук, Л.Г. Евстратова, А.С. Алферова, 2009

УДК 528.7

А.П. Гук, Л.Г. Евстратова, А.С. Алферова, И.И. Чикулаева, А.А. Гук
СГГА, Новосибирск

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА ENVI ДЛЯ МОНИТОРИНГА ТЕРРИТОРИЙ ПО КОСМИЧЕСКИМ СНИМКАМ

A.P. Guk, L.G. Yevstratova, A.S. Alfyorova, I.I. Chikulayeva, A.A. Guk
SSGA, Novosibirsk

RESEARCH OF POSSIBILITIES OF PROGRAM COMPLEX ENVI FOR MONITORING OF TERRITORIES ON SPACE IMAGING

The paper presents the procedures of ENVI, types Change Detection and Computer Difference Map as well as Band Math. The possibilities of Fourier- and wavelet spectrum analysis have been analyzed as well as base vectors and proper values received through image translation by principal component method in order to detect changes on the site under monitoring.

На первом этапе разработки технологии мониторинга рассматривались возможности ENVI для реализации методик дешифрирования космических снимков в системах мониторинга.

Методы, основанные на анализе вектора яркостей многоспектрального изображения включают: выделение обучающих областей ROI, кластерный анализ, управляемая классификация, Change Detection, а так же методы исследования пространственных спектров изображений.

Пусть задано многозональное изображение $P_i \{P_i^I, P_i^{II}, \dots, P_i^K\}$, где K – количество каналов.

Выделение обучающих областей ROI. В ENVI предлагаются различные методы классификации, основанные на выделении так называемых «областей интереса» ROI – обучающих областей на снимках, которые могут быть построены как визуально, так и в интерактивном и автоматическом режимах.

С помощью ROI возможно выделять области, имеющие определенные спектральные характеристики в двух спектральных каналах. Совместное распределение яркостей в двух различных каналах P^i и P^j может быть представлено виде двумерного графика распределения. На этом графике можно выделить интересующую нас область, которая затем формируется на исходном изображении. Таким образом, возможен визуальный анализ спектральных признаков, и визуальное деление на классы. На рис. 1 показан пример распределения яркости участка городской территории в красном и инфракрасном каналах изображения, полученного со спутника IKONOS.

Кластерный анализ – когда деление на области происходит в автоматическом режиме на основе нескольких заданных критериев. В ENVI имеется два алгоритма для выполнения кластерного анализа: ISODATA и K-Means.

Для работы с алгоритмом ISODATA следует задать центры кластеров и способы вычисления расстояния между классами.

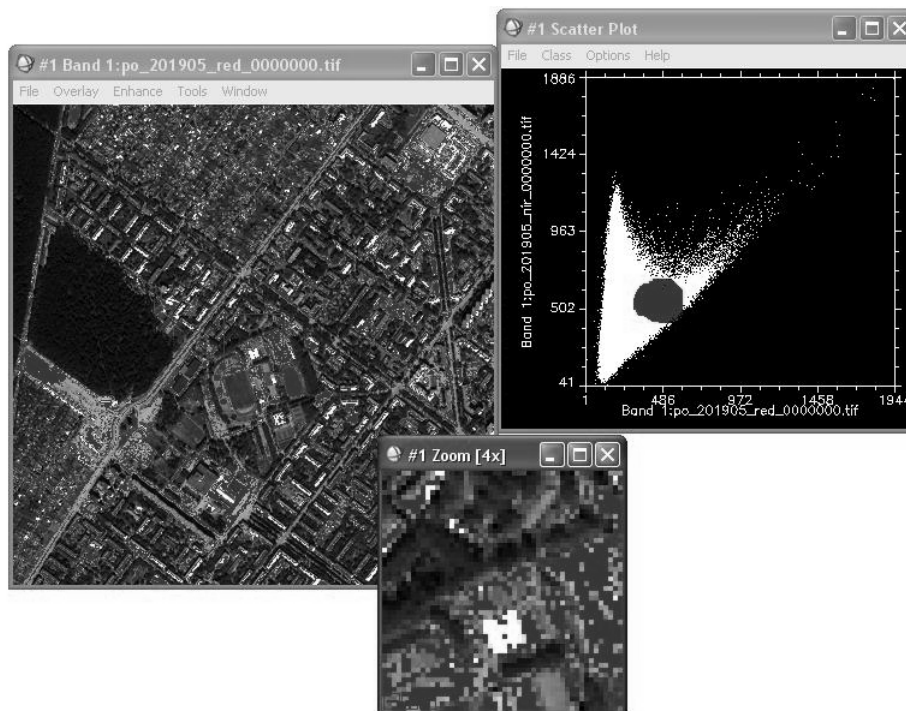


Рис. 1. Диаграмма рассеяния и выделение области ROI

Для работы K-Means требуется задать количество классов на заданном участке изображения.

Управляемая классификация. ENVI имеет возможность выполнять управляемую классификацию. То есть классификацию, основанную на обучении на основе выбранных эталонных областей (ROI).

Для разделения областей используются несколько известных методов:

- Метод параллелепипедов (Parallelepiped);
- Минимального расстояния (Minimum distance);
- Максимального правдоподобия (Maximum likelihood);
- Махаланобисово расстояние (Mahalanobis Distance);
- Бинарное кодирование (Binary Encoding);
- Нейронные сети (Neural set).

Таким образом, ENVI содержит большинство, используемых в настоящее время решающих правил основанных на применении различных алгоритмов. Выполнение классификации возможно в автоматическом и интерактивном режимах.

Кроме того, в ENVI имеется удобный аппарат для построения многоуровневого правила принятия решения, которое называется – дерево решений (Decision Tree).

Change Detection Analysis. В ENVI имеется три средства для обнаружения изменений:

- Change Detection Statistics – для расчета статистических характеристик для классифицированных изображений;
- Compute Difference Map – расчет разностного изображения по любым двум изображениям. Разностное изображение получается путем вычитания яркостей каждого элемента исходного (первичного) изображения и соответствующего элемента второго (измененного) изображения;
- Change Detection PCA – основан на сравнении изображений главных компонент.

Однако следует заметить, что такие инструменты малоэффективны для анализа реальных изменений при мониторинге территорий. Это связано с изменчивостью яркостей одного и того же объекта в зависимости от условий съемки. Кроме того наличие «шумов» затрудняет анализ. Требуется подбирать порог для выделения «значимых» различий. Compute Difference Map можно использовать при визуальном анализе изменений, однако, для автоматического выделения изменений использовать эту процедуру не эффективно. Экспериментальные работы наглядно подтвердили этот вывод.

Спектральные библиотеки. Важным инструментом ENVI для анализа изображений и классификации данных являются процедуры спектрального анализа многоспектральных данных. Сюда входят процедуры Spectral Slices – для получения профилей спектральных яркостей вдоль заданной оси: N -мерный визуализатор – для группировки элементов по однородным спектральным яркостям в N -мерном канале, а так же имеется спектральная библиотека, которая может служить в качестве эталонов для классификации объектов.

Инструменты для анализа растительности. В ENVI имеется 27 вегетационных индексов, которые позволяют по яркостям элементов в различных спектральных каналах анализировать состояние растительности. Этот инструмент может также использоваться для нормирования изображений.

Как было показано в [1], нормирование позволяет исключить ряд факторов, связанных с влиянием атмосферы, формированием изображения и другие. В [1] было показано, что нормирование по базовым элементам дает хороший результат и позволяет использовать нормированные яркости, как признак состояния объекта.

Основным условием, которое предполагает эффективность применения нормирования основываясь на том, что космические съемочные системы высокого разрешения имеют маленький угол поля зрения, что обеспечивает «почти одинаковое» влияние различных факторов на систему формирующую изображение.

Второй фактор – это то, что если исследуемые участки имеют достаточно ограниченные размеры, то есть влияние внешних факторов будет примерно одинаковым.

Таким образом, для анализа изображений на основе спектральных признаков ENVI имеет достаточно широкие возможности. Кроме того, интерфейс для работы с изображениями на наш взгляд более удобен, чем, например, у ERDAS. Однако, основное преимущество ENVI заключается в возможности использования внутреннего языка IDL, который позволяет встраивать собственные процедуры используя интерфейс ENVI для работы с изображениями.

Средства ENVI для исследования спектральных признаков

Спектральные признаки основаны на частотном представлении изображения. Это может быть фурье-преобразование, или разложение по другим базисным функциям, например, Хаара, Адамара или Уолша.

В ENVI имеется алгоритм быстрого преобразования фурье «FFT Filtering», алгоритм «Texture» и алгоритм Wavelet Analysis.

Другие средства изучения пространственных спектров изображений отсутствуют.

Таким образом, ENVI мало приспособлен для пространственно – спектрального анализа. Однако следует отметить, что в ENVI имеется встроенный язык программирования IDL, который позволяет использовать дополнительные процедуры, имеющиеся в других программных комплексах, применяемых специально для анализа изображений.

В рамках настоящего исследования использовалась процедура FFT для изучения пространственных спектров изображений эталонных участков. Для сравнения спектров использовались процедуры «Band Math», «Compute Difference Map» и вейвлет-анализ.

На данном этапе были проведены исследования различных признаков эталонных участков изображений космических снимков. Цель исследования – выявить устойчивые признаки эталонного участка, которые в дальнейшем можно использовать для оценки изменений, которые произойдут на объекте.

Экспериментальные исследования проводились по следующим направлениям:

- Исследование спектральных свойств эталонных участков изображения. Цель исследования – получить дискретные фурье-образы изображений различных типовых участков местности и оценить как изменяется фурье-образ при появлении новых объектов на эталонных участках;

- Исследование возможности выявления изменений на основе процедуры «Change Detection» и использовании различных пороговых операторов;

- Исследование возможностей вейвлет - анализа (на основе использования базисных функций Хаара) для выбора устойчивых признаков участка территории и возможности выявления изменений.

Исследование пространственных спектров изображений

Для проведения исследования было выбрано 4 эталонных участка в 5 спектральных каналах. Для каждого из снимков выполнялось преобразование фурье FFT и был получен спектр участка. Затем в исходные изображения вносились изменения путем сдвига участка изображения на некоторую величину Δ . В результате менялась общая картина и соответственно структура изображения. Далее выполнялось преобразование фурье измененных изображений. На рис. 2 показаны результаты обработки одного из участков.

Анализ показывает, что происходят незначительные изменения в спектре одного и того же изображения в различных каналах. Незначительные изменения объясняются различной детальностью изображений в различных спектральных каналах.

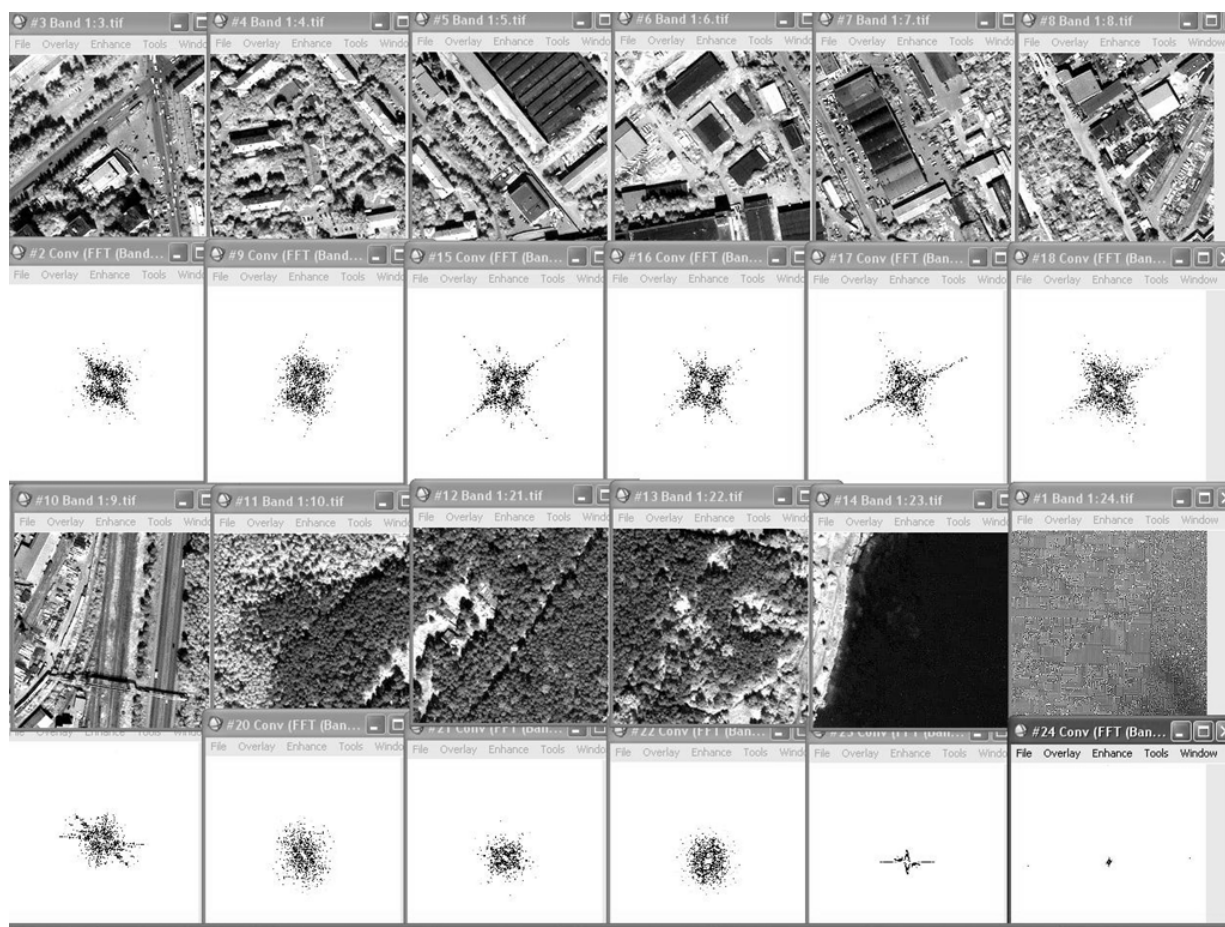


Рис. 2. Фрагменты изображения и их Фурье – образ

Анализ спектров исходного и преобразованного изображений показывает существенные изменения распределения яркостей в спектре изображения. Кроме того, ясно видно, что спектры различных эталонных участков различны и могут служить признаком соответствующего участка.

Для улучшения изображений спектра к нему применили фильтрацию Low Pass Gaussian и изменение гистограммы (см. рис. 2).

Экспериментальные работы по исследованию вейвлет–преобразования для получения структурных признаков эталонных участков

Вейвлет-преобразование выполнялось в программе MatLab с использованием пакета Wavelet Toolbox.

Изображения всех выбранных объектов с изменениями и без изменений в разных каналах по очереди загружались в Wavelet Toolbox. Далее для каждого изображения выполнялось трех уровневое вейвлет – преобразование с использованием функций Хаара. Программа позволяет выполнять преобразование до 5 уровня, но для данных изображений после третьего уровня теряется информативность.

В пакете Wavelet Toolbox используется быстрое вейвлет – преобразование FWT (Fast Wavelet Transform).

Пример вейвлет-разложения приведен на рис. 3.

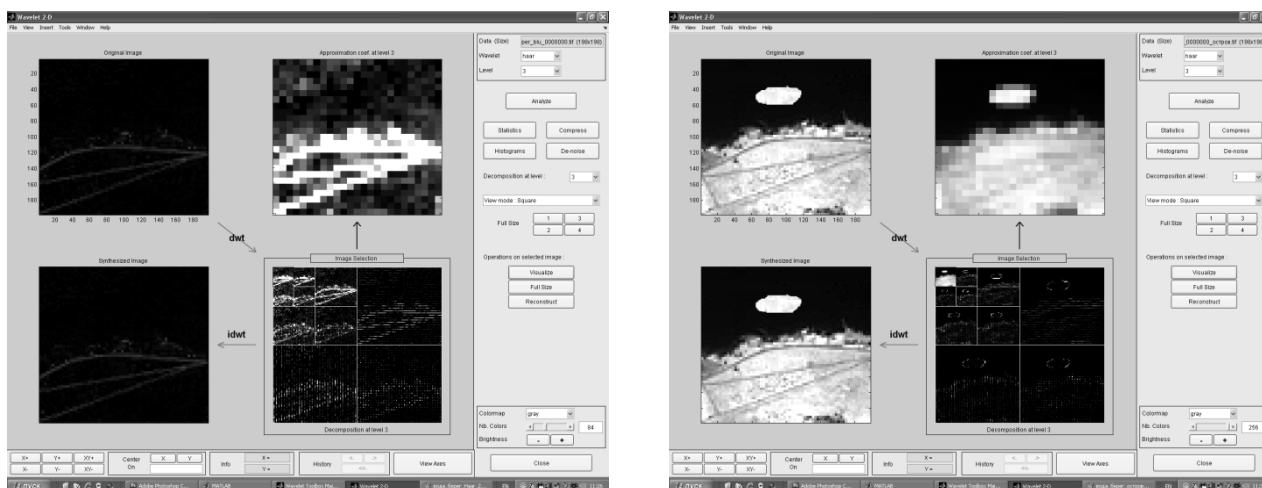


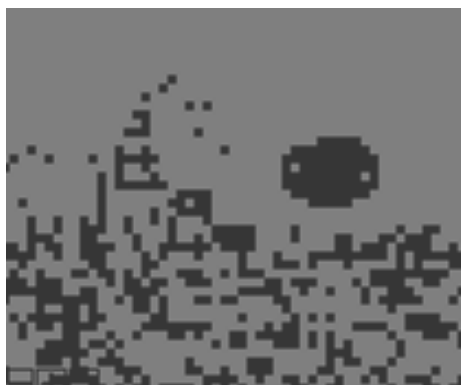
Рис. 3. Пример вейвлет-разложения изображения

Таким образом, можно сделать вывод, что возможно использование вейвлет-разложения по базисным функциям Хаара для выявления структурных признаков. Но для изучения изменений элементов вейвлет-разложения следует использовать корреляционную функцию.

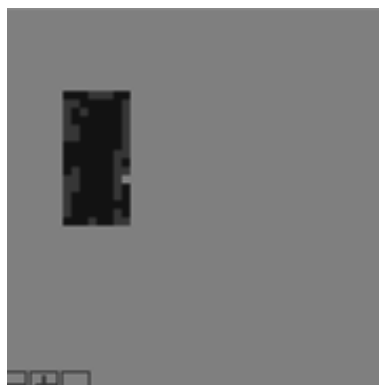
Исследование процедур типа «Change Detection» использующих яркостные признаки для выявления изменений на объекте

Для проведения исследования было выбрано 2 эталонных участка в трех спектральных участках. На первом этапе, на изображении объекта-эталона был нанесен новый объект (с использованием средств Photoshop). Изображения сравнивались путем использования процедур Change Detection и Band Math. Затем рассматриваемое изображение подвергалось различной пороговой обработке для лучшего выделения объекта (рис. 4).

На втором этапе сравнивались два изображения на один и тот же эталонный участок, полученные с разных снимков. Предварительно было выполнено трансформирование снимков. Результат представлен на рис. 5



бражения
п порог 10 %
ай)



а изображения с
nge Detection
метры 11 классов)

Анализ результатов показал, что процедура получения поэлементного разностного изображения не позволяет однозначно выявлять изменения на эталонных участках, и даже пороговая обработка не обеспечивает получение однозначного результата.

В результате выполненных исследований можно сделать следующие выводы.

1. Структурные признаки изображений объектов и типовых участков на многозональных снимках являются наиболее устойчивыми и могут служить надежным индикатором наличия изменений на участке мониторинга.

2. В качестве структурных признаков целесообразно использовать пространственный спектр участка изображения и компоненты вейвлет-разложения по базисным функциям Хаара. Для изучения изменений пространственного спектра и элементов вейвлет-разложения следует использовать корреляционную функцию.

3. Процедуры ENVI типа Change Detection и Computer Difference Map, а так же использование Band Math не позволяет однозначно выявлять изменения на изображении. Такие процедуры являются неустойчивыми даже при незначительном влиянии внешних факторов на изображение.

4. Базисные векторы и собственные значения, полученные при преобразовании изображения по методу главных компонент, могут служить дополнительным индикатором изменений на участке мониторинга.

5. Дальнейшие исследования будут направлены на формирование деревьев решений, выявляющих структурные и яркостные свойства многозональных изображений.

6. Нормирование изображения по базовым объектам дает улучшение результатов, повышает устойчивость признаков – индикаторов изменений на эталонных участках.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ОТЧЁТ по хоздоговорной теме № 19/07П/1476-07 «Разработка методики и технологии использования ENVI для автоматизирования

тематического дешифрирования». Этап 1: «Создание пилотного проекта и составление технических условий» – 2008. – 90 с.

2. Р. Гонсалес, Р. Вудс Цифровая обработка изображений. – Москва: Техносфера, 2006 – 1072 с.

3. Прэтт, У. Цифровая обработка изображений [Текст]. В 2-х т. Т. 1, 2 / У. Прэтт. – М.: Мир, 1982. – 285 с.

© *А.П. Гук, Л.Г. Евстратова, А.С. Алферова,
И.И. Чикулаева, А.А. Гук, 2009*

УДК 528.7

Л.Г. Евстратова

СГГА, Новосибирск

ОБУЧЕНИЕ СТУДЕНТОВ И ПЕРЕПОДГОТОВКА СПЕЦИАЛИСТОВ В ОБЛАСТИ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ОБРАБОТКИ АЭРОКОСМИЧЕСКИХ СНИМКОВ НА КАФЕДРЕ ФОТОГРАММЕТРИИ И ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ СГГА

L.G. Yevstratova

SSGA, Novosibirsk

TRAINING OF STUDENTS AND RETRAINING OF EXPERTS IN THE FIELD OF DIGITAL TECHNOLOGIES OF PROCESSING OF SPACE PICTURES IN DEPARTMENT OF PHOTOGRAMMETRY AND REMOTE SENSING SSGA

Now there is a requirement for the qualified experts. In this article it is described, how in department of Photogrammetry and Remote Sensing SSGA the problem of training and retraining of experts in the field of processing of the space information.

В настоящее время многие организации используют аэрокосмическую информацию для решения различных задач и внедрения новых технологий обработки аэрокосмических снимков в первую очередь космических снимков высокого разрешения. Таким образом, требуются квалифицированные специалисты в этой области.

Рассмотрим, как проводится обучение и переподготовка специалистов в области обработки аэрокосмической информации в СГГА.

Что необходимо знать такому специалисту?

На первом этапе это базовые знания: методы математической обработки информации; основы формирования изображения различными съёмочными системами; влияние различных факторов на качество получаемого изображения; алгоритмы цифровой обработки изображений.

Вторым этапом обучения является изучение программных комплексов и технологий обработки аэрокосмических снимков. Данный этап самый важный в обучении и переподготовки специалистов в области обработки аэрокосмической информации. Специалист должен знать теоретические основы методов автоматизированной обработки аэрокосмической информации. Владеть навыками работы с программными комплексами, в которых реализованы методы автоматизированного дешифрирования снимков.

Кафедра фотограмметрии и дистанционного зондирования Сибирской государственной геодезической академии готовит инженеров по двум направлениям: аэрофотогеодезия и исследование природных ресурсов.

На кафедре фотограмметрии и дистанционного зондирования работает 22 преподавателя, которые являются сплоченным коллективом, что помогает в процессе подготовки квалифицированных специалистов.

Занятия проходят в хорошо оборудованных лабораториях. При проведении лабораторно-практических занятий по дисциплинам: автоматизированная обработка аэрокосмической информации; методы решения обратных задач; цифровая фотограмметрия; цифровые технологии создания карт; цифровые технологии мониторинга по данным ДЗ; ГИС природопользования; мониторинг леса по материалам АКС; автоматизированное дешифрирование снимков; технологии создания 3D виртуальных карт; используются программные комплексы: Сибирский цифровой стереоплоттер, ЦФС ЦНИГАиК, PHOTOMOD, ENVI, ERDAS, Geomatica, MapInfo геоинформационные системы ArcGis. Учебные планы составлены так, чтобы студенты, изучив теоретический материал, закрепляли его на лабораторно-практических занятиях.

Студенты второго и третьего курсов выполняют лабораторные работы по учебным снимкам. По окончании каждого курса студенты проходят летнюю учебную практики по дисциплинам: геодезия, высшая геодезия, землеведение, аэрофотосъемка, информатика, дешифрирование снимков, фотограмметрия, автоматизированное дешифрирование данных ДЗ. Во время прохождения летней учебной практики студенты глубоко погружаются в изучаемые технологии.

В процессе обучения студенты получают достаточно глубокие теоретические знания и навыки работы по всем элементам изученных технологий. Однако, разные элементы технологий изучаются на разных курсах (начиная с первого и кончая пятым), преподавание ведется разными кафедрами. В результате чего связь между элементами теряется и студент не всегда четко представляет технологию того или иного метода в целом. Вопросы формирования технологии, выбора оптимальных способов выполнения процессов, их согласования являются важным этапом в подготовке инженера. Поэтому студентам четвертого и пятого курсов для выполнения лабораторных работ выдаются индивидуальные материалы.

Цель индивидуальных лабораторных работ научить студента анализировать все этапы технологии с целью выбора наиболее эффективных способов. Приведение в систему знаний, полученных при изучении специальных дисциплин.

Особый интерес представляет прохождение производственной практики студентами, окончившими четвертый курс. Студент получает опыт работы на производстве, что благотворно влияет на формирования будущего инженера.

В целом во время обучения студент получает опыт аналитической и практической работы, систематизации информации, написания отчетов. При подготовке докладов и выступлений на конференциях укрепляются ораторские навыки. Разносторонние методы образования развивают умения, которые пригодятся специалисту на практике.

Студенты пятого курса после прохождения производственной практики уже более осознано, целеустремленно заканчивают академию. Они

непосредственно увидели и узнали, что кафедра фотограмметрии и дистанционного зондирования дает именно те знания, которые востребованы на производстве. Это благодаря правильному руководству заведующего кафедрой фотограмметрии и дистанционного зондирования А.П. Гуку.

На сегодняшний день имеется ряд средств для получения аэро- и космических снимков. Многозональный снимок не только наглядный материал о местности, но он несет в скрытой форме информацию об объектах, окружающей среде в виде цифр, которые соответствуют значениям яркости в различных зонах спектра.

Для различных отраслей необходима различная информация о местности, об объектах, окружающей среды. Например, для лесного хозяйства необходимо определить это границы лесосек, вырубки леса, состояние лесного массива и т. п.; для кадастра – кадастровые карты, ортофотопланы; для экологов – оценка последствий стихийных бедствий. Таким образом, специалист в области обработки аэрокосмической информации должен пройти специализацию по отрасли, в которой будет работать.

Кафедра фотограмметрии и дистанционного зондирования в 2005 году приобрела программный комплекс ENVI.

Внедрение в учебный процесс происходило поэтапно:

- Изучение и тестирование программного комплекса ENVI, выполнение дипломных работ;
- Разработка методических указаний;
- Проведение лабораторных работ со студентами.

За это время было выполнено 11 дипломных работ. Студенты четвертого курса принимали участие в разных конференциях. Так в межвузовской научной студенческой конференции «Интеллектуальный потенциал СИБИРИ» в 2006 и 2007 гг. по направлению «Современные проблемы технических наук», раздел «Информационные технологии» завоевывали 3 призовых места.

В 2007 и 2008 годах получены гранты администрации Новосибирской области молодым ученым и специалистам научно-образовательного комплекса на поддержку проектов: «Разработка технологии получения пространственной информации по многозональным космическим снимкам высокого и среднего разрешения, с использованием цифровых аэрофотосъемок для многоцелевого мониторинга территорий Новосибирской области» и «Разработка специализированных методик и технологий автоматизированного дешифрирования аэрокосмических снимков в системах мониторинга природных и техногенных объектов, учитывающих особенности исследуемых объектов территории Новосибирской области». При выполнении данных проектов использовался программный комплекс ENVI.

Таким образом, на кафедре Фотограмметрии и ДЗ имеются все возможности для обучения и переподготовки кадров по современным технологиям обработки аэро- и космических снимков. В настоящее время особое внимание уделяется обработке космических снимков сверхвысокого разрешения (Ikonos, QuickBird) для создания ортофотопланов и

топографических карт, а так же технологиям автоматического дешифрирования объектов для решения задач мониторинга.

© Л.Г. Евстратова, 2009