

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«СИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ГЕОСИСТЕМ И ТЕХНОЛОГИЙ»
(СГУГиТ)

XII Международные научный конгресс и выставка

ИНТЕРЭКСПО ГЕО-СИБИРЬ-2016

Международная научная конференция

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

Т. 2

Сборник материалов

Новосибирск
СГУГиТ
2016

Ответственные за выпуск:

Доктор технических наук, профессор, профессор-консультант кафедры физической геодезии и дистанционного зондирования СГУГиТ, Новосибирск

А. П. Гук

Доктор физико-математических наук, профессор, заведующий лабораторией математического моделирования процессов в атмосфере и гидросфере Института вычислительной математики и математической геофизики СО РАН, Новосибирск

В. И. Кузин

Кандидат технических наук, доцент кафедры физической геодезии и дистанционного зондирования СГУГиТ, директор ООО «СИБ-ГЕО-МАР», Новосибирск

А. В. Комиссаров

Кандидат технических наук, доцент,
профессор-консультант, СГУГиТ, Новосибирск

Т. А. Широкова

Кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры физической геодезии и дистанционного зондирования СГУГиТ, Новосибирск

А. С. Гордиенко

С26 Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2016. XII Междунар. науч. конгр., 18–22 апреля 2016 г., Новосибирск : Междунар. науч. конф. «Дистанционные методы зондирования Земли и фотограмметрия, мониторинг окружающей среды, геоэкология» : сб. материалов в 2 т. Т. 2. – Новосибирск : СГУГиТ, 2016. – 185 с.

ISBN 978-5-87693-910-4 (т. 2)

ISBN 978-5-87693-908-1

ISBN 978-5-87693-901-2

В сборнике опубликованы материалы XII Международного научного конгресса «Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2016», представленные на Международной научной конференции «Дистанционные методы зондирования Земли и фотограмметрия, мониторинг окружающей среды, геоэкология».

Печатается по решению редакционно-издательского совета СГУГиТ

Материалы публикуются в авторской редакции

УДК 502:528.7

ISBN 978-5-87693-910-4 (т. 2)

ISBN 978-5-87693-908-1

ISBN 978-5-87693-901-2

© СГУГиТ, 2016

Научное издание

XII Международные научный конгресс и выставка

ИНТЕРЭКСПО ГЕО-СИБИРЬ-2016

Международная научная конференция

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

Т. 2

Сборник материалов

Материалы публикуются в авторской редакции

Компьютерная верстка *Л. Н. Шиловой*

Изд. лиц. ЛР № 020461 от 04.03.1997.

Подписано в печать 14.04.2016. Формат 60 × 84 1/16

Печать цифровая.

Усл. печ. л. 10,75. Тираж 100 экз. Заказ

Редакционно-издательский отдел СГУГиТ
630108, Новосибирск, 108, ул. Плеханова, 10.

Отпечатано в картопечатной лаборатории СГУГиТ
630108, Новосибирск, 108, ул. Плеханова, 8.

ВЕРИФИКАЦИЯ СКОРОСТНЫХ МОДЕЛЕЙ ЗЕМНОЙ КОРЫ БАЙКАЛЬСКОГО РЕГИОНА, ПОСТРОЕННЫХ ПО ДАННЫМ ЭКСПЕРИМЕНТОВ BEST И PASSCAL

Валерий Викторович Ковалевский

Институт вычислительной математики и математической геофизики СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Лаврентьева, 6, доктор технических наук, тел. (383)330-71-96, e-mail: kovalevsky@sscc.ru

Алексей Геннадьевич Фатьянов

Институт вычислительной математики и математической геофизики СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Лаврентьева, 6, доктор физико-математических наук, тел. (383)330-60-46, e-mail: fat@nmsf.sccc.ru

Дмитрий Алексеевич Караваев

Институт вычислительной математики и математической геофизики СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Лаврентьева, 6, кандидат физико-математических наук, тел. (383)330-70-69, e-mail: kda@opg.sccc.ru

В статье рассмотрена задача верификации скоростных моделей земной коры на основе применения математического моделирования для двух скоростных моделей земной коры, полученные для юга Байкальской рифтовой зоны в экспериментах BEST (Baikal Explosion Seismic Transect) и PASSCAL (Program for the Array Seismic Study of Continental Lithosphere). Приведены результаты математического моделирования полных волновых полей для этих моделей и теоретические сейсмограммы на расстояниях до 500 км от источника.

Ключевые слова: скоростные модели земной коры, эксперименты BEST и PASSCAL, верификация моделей, математическое моделирование полных волновых полей.

VERIFICATION OF BAIKAL REGION EARTH'S CRUST VELOCITY MODEL BASED ON DATA OF BEST AND PASSCAL EXPERIMENTS

Valeriy V. Kovalevskiy

Institute of Computational Mathematics and Mathematical Geophysics SB RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, pr. Akademika Lavrentjeva, 6, Professor, tel. (383)330-70-69, e-mail: kovalevsky@sscc.ru

Aleksey G. Fatyanov

Institute of Computational Mathematics and Mathematical Geophysics SB RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, pr. Akademika Lavrentjeva, 6, Professor, tel. (383)330-60-46, e-mail: fat@nmsf.sccc.ru

Dmitri A. Karavaev

Institute of Computational Mathematics and Mathematical Geophysics SB RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, pr. Akademika Lavrentjeva, 6, Ph. D., tel. (383)330-70-69, e-mail: kda@opg.sccc.ru

The article considers the problem of verification Earth's crust velocity models using mathematical modeling. It is consider two velocity models of the crust obtained for the south of the Baikal Rift Zone and adjacent areas of Mongolia on the profiles of experiments BEST (Baikal Explosion Seismic Transect) and PASSCAL (Program for the Array Seismic Study of Continental Lithosphere). The results of mathematical modeling of full wave fields for these models and theoretical seismograms at distances up to 500 km from the source are presented.

Key words: Earth's crust velocity models, BEST and PASSCAL experiments, verification of models, mathematical modeling of full wave fields.

Глубинные сейсмические исследования строения земной коры в Байкальском регионе проводились в рамках нескольких крупных международных проектов, таких как эксперименты BEST (Baikal Explosion Seismic Transect) и PASSCAL (Program for the Array Seismic Study of Continental Lithosphere). Построенные по данным этих экспериментов скоростные модели земной коры для южного Прибайкалья получены различными методами и имеют существенные различия.

Международный проект BEST был выполнен в 2002 году учеными Копенгагенского университета, Дания, СО РАН и Польской академией наук. Определение скоростного строения земной коры и верхней мантии под южной границей Сибирской платформы, Байкалом и Саяно-Байкальским складчатым поясом было осуществлено по методике глубинного сейсмического зондирования (ГСЗ) с отраженными и преломленными волнами на 360-км профиле пересекающем Байкал и основные тектонические структуры южного Байкала [1]. По результатам обработки зарегистрированных сейсмограмм была построена 2D-модель скоростей сейсмических волн в земной коре вдоль 360-км профиля пересекающего Байкал (рис. 1).

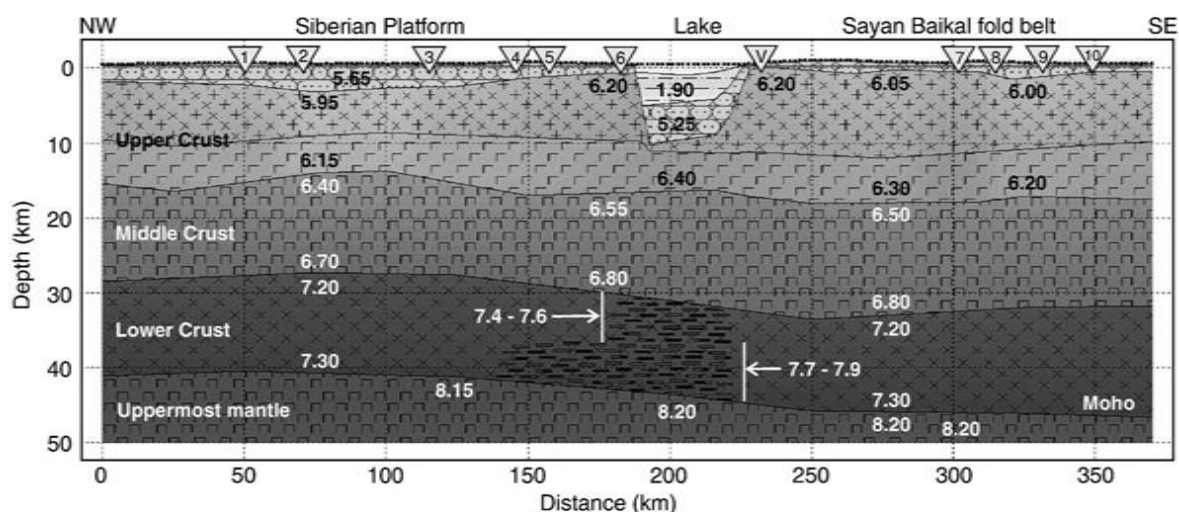


Рис. 1. 2D-скоростная модель, построенная по данным эксперимента BEST, скорости V_p волн даны в км/с (из работы [1])

В скоростной модели эксперимента BEST выделены 5 слоев. Особенностью модели является наличие высокоскоростного слоя со скоростью 7.2-7.3 км/с мощностью более 10 км на глубине от 28 км до 42 км под Сибирской платформой и на глубине от 32 км до 46 км под Саяно-Байкальским складчатым поясом в южном Прибайкалье.

Вторая скоростная модель земной коры для этого района была построена по результатам российско-американского телесеизмического эксперимента

PASSCAL, который проводился в 1991-1992 гг. на юге Сибирской платформы, в южной части Байкальской рифтовой зоны и на территории Монголии с максимальной длиной профиля 1000 км. Анализ сейсмограмм телесейсмических событий (землетрясений) производился методом приемной функции с выделением в коде Р-волны обменных поперечных волн. По результатам обработки построена 2D-модель скоростей сейсмических волн в земной коре вдоль профилей регистрации [2] (рис. 2). Построенная модель имеет слабо выраженную слоистую структуру, с сильной изменчивостью границ слоев и их протяженностью, а также с пятнистыми включениями зон повышенных и пониженных скоростей сейсмических волн.

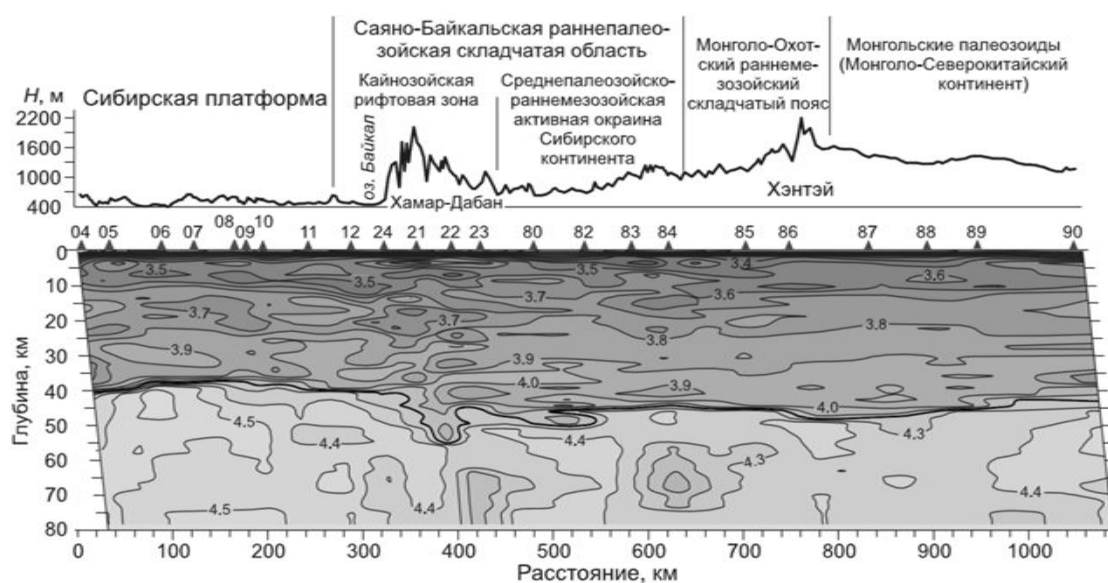


Рис. 2. Двумерная VS-модель по данным эксперимента PASSCAL, скорости Vs волн даны в км/с (из работы [2])

Обе построенные 2D скоростные модели относятся к одним и тем же структурам земной коры на общем 360-км участке профиля Байкал – Улан-Батор, Монголия, однако имеют существенные различия, как в характере слоистости зон одинаковых скоростей, так и в локальных особенностях поля скоростей. Для верификации скоростных моделей земной коры Байкальского региона, построенных по экспериментам BEST и PASSCAL, в ИВМиМГ СО РАН было выполнено математическое моделирование полных волновых полей.

Для эксперимента BEST построена математическая модель с пятью разнородными слоями в земной коре на упругом полупространстве, моделирующем верхнюю мантию, и разработана модификация аналитического метода расчета вибрационных волновых полей для плоскостойких 3D моделей сред, позволяющего проводить “безартефактные” расчеты на сверхдальние расстояния. Метод основан на использовании аналитических преобразований по пространственной и временной переменной [3]. После применения преобразований Фурье-Бесселя искомая краевая задача сведена к

двухпараметрическому (k , w) семейству краевых задач для обыкновенных дифференциальных уравнений, где k – пространственная, w – временная частоты. Решение обыкновенного дифференциального уравнения получено в явном виде.

Результаты расчетов теоретических сейсмограмм для модели эксперимента BEST и сравнение их с экспериментальными результатами, полученными при вибросейсмическом зондировании на профиле Байкал – Улан-Батор [4], не подтвердили наличия скоростей продольных волн $V_p=7.25$ км/с в слое мощностью около 10 км в нижней коре (рис. 2). Лучшее согласование теоретических сейсмограмм и экспериментальных данных получено для значения скорости продольных волн $V_p=6.65$ км/с в этом слое, которое характерно для континентальной коры Азиатской плиты.

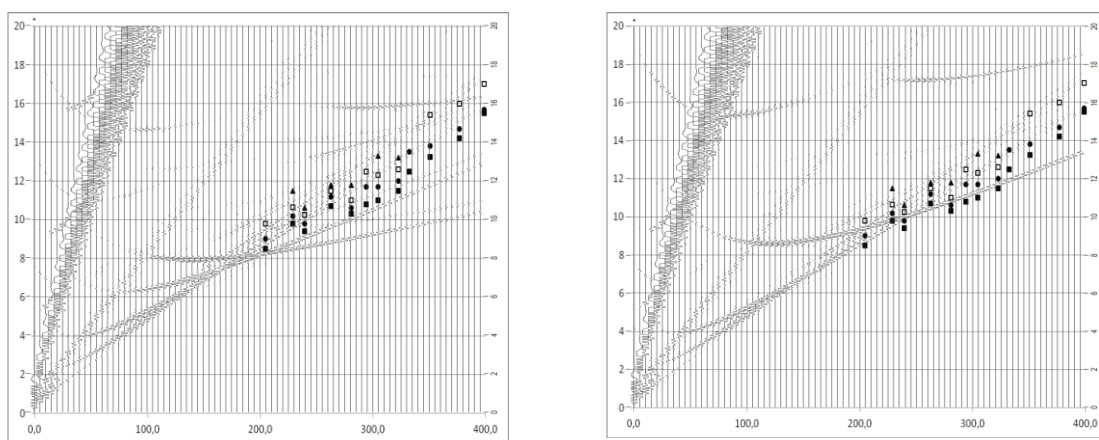


Рис. 3. Редуцированные теоретические годографы для 5-слойной модели земной коры эксперимента BEST и экспериментальные данные первых вступлений. Слева для скорости в нижнем слое коры 7.25 км/с, справа для скорости в нижнем слое коры 6.65 км/с. Скорость редукции 8 км/с

При усложнении моделей среды, учета криволинейности границ, неоднородности поля сейсмических скоростей, плотности среды, необходимо применять разностные методы, что было сделано при математическом моделировании полного волнового поля для модели среды эксперимента PASSCAL. Математическая модель для этого эксперимента построена по имеющимся данным о вертикальном распределении скоростей упругих волн в точках профиля [2].

Задача динамической теории упругости для модели эксперимента PASSCAL рассмотрена в постановке в терминах скоростей перемещений и компонент тензора напряжений на основе конечно-разностных схем Вернье и Левандера [5, 6]. Разработанное для этих схем программное обеспечение с распараллеливанием использовалось для проведения расчетов полного волнового поля с реализацией на суперкомпьютерах Сибирского Суперкомпьютерного Центра [7]. Снимки двумерного волнового поля при расчете по тестовой модели эксперимента PASSCAL приведены на рис. 4.



Рис. 4. Снимки двумерного волнового поля полученного при расчете конечно-разностным методом для скоростной модели эксперимента PASSCAL в моменты времени 5 с (слева) и 10 с (справа)

Результаты численного моделирования волновых полей для моделей экспериментов BEST и PASSCAL с целью их верификации представлены в научном информационном интернет-ресурсе "Активная сейсмология" (<http://opg.sccc.ru>) [9].

Работа выполнена при поддержке грантов РФФИ: № 15-07-06821-а, № 14-07-00832-а, проекта №16.6 фундаментальных исследований Президиума РАН.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Nielsen C., Thybo H., Lower crustal intrusions beneath the southern Baikal Rift Zone: Evidence from full-waveform modelling of wide-angle seismic data // *Tectonophysics*. -2009. 470. – С. 298-318.
2. Мордвинова В.В., Артемьев А.А. Трехмерная модель юга Байкальской рифтовой зоны и сопредельных территорий по обменным волнам // *Геология и геофизика*. – 2010. - т. 51. - № 6. С. 887-904.
3. Фатьянов А.Г. Полуаналитический метод решения прямых динамических задач в слоистых средах // *ДАН*. 1990. Т. 310. №2. С. 323-327.
4. В. В. Ковалевский, Ц. А. Тубанов, А. Г. Фатьянов, Л. П. Брагинская, А. П. Григорюк, А. Д. Базаров. Вибросейсмические исследования на 500-км профиле Бабушкин, Байкал – Улан-Батор, Монголия // *Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2015. XI Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Дистанционные методы зондирования Земли и фотограмметрия, мониторинг окружающей среды, геоэкология» : сб. материалов в 2 т. (Новосибирск, 13–25 апреля 2015 г.)*. – Новосибирск : СГУГиТ, 2015. – С. 186–190.
5. Virieux, J. (1986). P-SV wave propagation in heterogeneous media: velocity-stress finite-difference method // *Geophysics*. - 1986. – 51. – С. 889–901.
6. Levander, A. R. (1988). Fourth-order finite-difference P-SV seismograms // *Geophysics*. - 53, - С. 1425–1436.
7. Караваев Д.А. Параллельная реализация метода численного моделирования волновых полей в трехмерных моделях неоднородных сред // *Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского*. 2009. № 6 (1). С. 203 – 209.
8. Л.П. Брагинская, А.П. Григорюк, В.В. Ковалевский. Научная информационная система «Активная сейсмология» для комплексных геофизических исследований // *Вестник КРАУНЦ, Науки о земле*. – 2015. – № 1. – Выпуск № 25. - С. 94-98.

© В. В. Ковалевский, А. Г. Фатьянов, Д. А. Караваев, 2016

АКУСТООПТИЧЕСКАЯ ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ИНФРАНИЗКИХ ЧАСТОТ

Марат Саматович Хайретдинов

Институт вычислительной математики и математической геофизики СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Лаврентьева, 6, главный научный сотрудник; Новосибирский государственный технический университет, 630073, Россия, г. Новосибирск, пр. К. Маркса, 20, тел. (383)330-87-43, e-mail: marat@opg.sccc.ru

Борис Викторович Поллер

Институт лазерной физики СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Лаврентьева, 13/3, зав. лабораторией; Новосибирский государственный технический университет, 630073, Россия, г. Новосибирск, пр. К. Маркса, 20, тел. (383)306-28-20, e-mail: lablis@mail.ru

Александр Викторович Бритвин

Институт лазерной физики СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Лаврентьева, 13/3, научный сотрудник, тел. (383)306-28-20, e-mail: lablis@mail.ru

Галина Федоровна Седухина

Институт вычислительной математики и математической геофизики СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Лаврентьева, 6, научный сотрудник, тел. (383)330-87-43, e-mail: galya@opg.sccc.ru

Приводятся краткое обоснование и характеристика созданной авторами акустооптической информационной системы инфранизких частот. Приводятся результаты натурных экспериментов по сравнительной регистрации акустических колебаний акустическими и лазерными приемниками.

Ключевые слова: акустические колебания, акустооптическая система, инфранизкие частоты, сейсмический вибратор, лазерная измерительная линия, натурные эксперименты.

ACOUSTO-OPTICAL INFRA-LOW FREQUENCY INFORMATION SYSTEM

Marat S. Khairtdinov

Institute of Computational Mathematics and Mathematical Geophysics, Siberian Branch of RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, Lavrentiev Ave, 6, Senior Researcher; Novosibirsk state technical University, 630073, Russia, Novosibirsk, K. Marx Ave., 20, tel. (383)330-87-43, e-mail: marat@opg.sccc.ru

Boris V. Poller

Institute of Laser Physics, Siberian Branch of RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, Lavrentiev Ave, 13/3, Head of Laboratory; Novosibirsk state technical University, 630073, Russia, Novosibirsk, K. Marx Ave., 20, tel. (383)330-71-20, e-mail: lablis@mail.ru

Aleksandr V. Britvin

Institute of Laser Physics, Siberian Branch of RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, Lavrentiev Ave, 13/3, Researcher, tel. (383)330-71-20, e-mail: jeepo@yandex.ru

Galina F. Sedukhina

Institute of Computational Mathematics and Mathematical Geophysics, Siberian Branch of RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, Lavrentiev Ave, 6, Researcher, tel. (383)330-87-43, e-mail: galya@opg.sscs.ru

The short characteristic created by authors of ultralow frequencies acousto-optic systems is resulted. Results of natural experiments on comparative registration of acoustic oscillations by acoustic and laser s of receivers are resulted.

Key words: acoustic oscillations, acousto-optic system, ultralow frequencies, seismic vibrator, laser measuring line, experimental works.

Вопросы акустооптического взаимодействия имеют давнюю историю и связаны они в основном с изучением дифракции света в ультразвуковом и радиочастотном диапазонах [1-3]. При этом практически неисследованными остаются вопросы акустооптического взаимодействия в области инфранизких частот. Это обусловлено отсутствием специальных акустических излучателей в этом диапазоне частот. В тоже время сегодня существуют сейсмические вибраторы, которые способны наряду с сейсмическими волнами в земле излучать инфранизкочастотные акустические колебания в атмосфере. К ним, в частности, относятся центробежные вибраторы ЦВ-100 и ЦВ-40 [4]. Акустические колебания от них регистрируются на удалении в несколько десятков километров. Несомненно, это открывает возможности проведения экспериментальных исследований по акустооптическим взаимодействиям в рассматриваемых диапазонах частот. Этим определяется интерес авторов данной работы к проведению исследований по акустооптическим взаимодействиям в инфранизком диапазоне частот.

В основе регистрации акустических колебаний в атмосфере с помощью лазерного луча лежат процессы, связанные с волновым возмущением лазерного излучения внешним акустическим полем. Возмущенная атмосфера в локальных точках пространства обуславливает изменение параметров распространения лазерного излучения, включая характеристики поглощения и рассеяния. Следствием этого могут быть вариации скорости распространения световых волн, их фазо-частотных характеристик, определяющих возможности «лучевого приема» акустических колебаний. Условия осуществимости такого приема, основанные на соотношениях параметров внешнего акустического поля и измерительных колебаний, определяются следующими соотношениями:

$$\nu/\omega \gg c_0/\nu, \quad L/rl \gg 1, \quad \lambda/d > 0.82$$

$$L/\lambda \ll \begin{cases} c_0^2/c_m \nu & \text{при } c_0/\nu \gg 1 \\ c_0^2/c_m \nu, \quad c_0/(\nu - c_0) & \text{при } c_0/\nu < 1 \end{cases}$$

где, ν, c_0, c_m – угловая частота, средняя скорость и амплитуда параметрического измерения скорости распространения колебаний в измерительном луче;

L, d – длина и диаметр измерительного луча;

ω, λ, ν – угловая частота, длина волны и скорость распространения внешних акустических колебаний;

rl – радиус пространственной корреляции неоднородностей среды.

Пусть внешнее поле задается в виде плоской синусоидальной волны: $x(t) = A \sin(\omega t - \bar{k} \bar{r})$, где $\bar{r}$ – радиус-вектор, $\bar{k}$ – волновой вектор и $|\bar{k}| = k = \omega/\nu$. При выполнении условия $\lambda \gg \lambda_0$, где λ_0 – длина волны в измерительном луче, имеет место модуляция скорости распространения измерительной волны: $c(t) = c_0 \pm c_m \sin(\omega t - \bar{k} \bar{r})$. Здесь c_0 – скорость распространения колебаний в измерительном луче при отсутствии возмущений.

Амплитуда волновых возмущений связана с амплитудой A_m изменения параметра, влияющего на скорость распространения в канальных участках луча, соотношением $c_m' = \frac{\partial c(t)}{\partial A} \cdot A_m$.

Приведенные соотношения определяют требования к оптимальным условиям регистрации акустических колебаний с помощью лазерной измерительной линии. Исследование отмеченных характеристик усугубляется влиянием состояния атмосферы, характеризуемой атмосферным давлением, температурой, концентрацией частиц и др. В этих условиях важное значение приобретают экспериментальные исследования.

Для проведения исследований авторами создан макет акусто-оптической информационной системы (рис. 1) в составе сейсмического вибратора ЦВ-40 (акустического излучателя), оптического стенда, включающего в себя лазерного излучателя и приемника лазерного излучения.

а)





Рис. 1. Компоненты акустооптической системы

Дополнительно включены комплекс многоканальной цифровой регистрации сейсмических и акустических сигналов с помощью сейсмо- и акустических датчиков, научная метеостанция «Oregon» модели LW301. Основные предпосылки к созданию подобной системы обусловлены методикой проведения экспериментальных работ, предусматривающей выполнение строго повторяющихся во времени актов излучения и регистрации акустических колебаний с учетом влияния метеопараметров в окружающей атмосфере. Структура оптического стенда регистрации сигналов представлена на рис. 2.

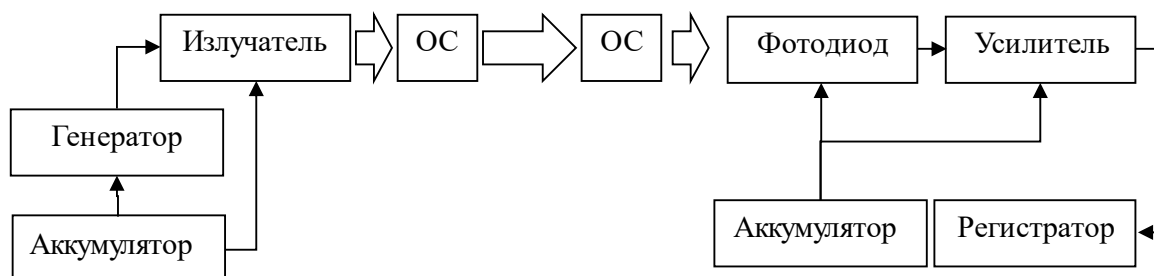


Рис. 2. Структурная схема оптического стенда. (ОС – оптическая система)

Генератор формирует последовательность управляющих электрических импульсов с заданными частотой, длительностью и током. Сигналы подаются на излучатель для формирования оптических импульсов (рис. 3).

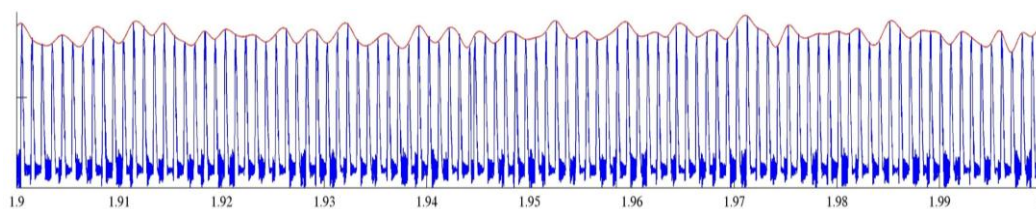


Рис. 3. Запись оптического сигнала с несущей 1 кГц, модулированного

по амплитуде акустическим сигналом и внешним шумом

В экспериментах в качестве лазерного излучателя использовался лазерный диод ИЛПИИ-107 с длиной волны 850-930 нм, мощностью излучения до 6 Вт, частотой повторения импульсов 1 кГц, расходимостью излучения по углу 5° . Приемник излучения собран на основе фотодиода КФД-113А2, имеющего спектральный диапазон от 400 до 1100 нм, чувствительность в рабочем диапазоне 0,5 А/Вт, эффективная фоточувствительная площадь фотодиода $2,75 \text{ мм}^2$, коэффициент усиления операционного усилителя 10 000, собирающая излучение линза диаметром 38 мм и фокусным расстоянием 28 мм. Регистрация сигнала осуществлялась USB осциллографом-приставкой АСК-3116 (Фирмы Актаком) с записью файлов на компьютер. С помощью акустосейсмического комплекса оцениваются уровни акустического давления, вносимого акустическими излучателями вдоль трассы прокладки лазерной измерительной линии, а также скорости сейсмических колебаний. Для учета влияния метеопараметров на распространение акустических и световых волн осуществляется регулярный контроль направления и скорости ветра, температуры и влажности окружающего воздуха, а также атмосферного давления.

С помощью созданной акустооптической системы были выполнены полевые эксперименты по регистрации, обработке и анализу результатов акустооптических взаимодействий. Частный пример регистрации монохроматических акустических колебаний от вибратора ЦВ-40 на частотах 8, 8.5, 9, 9.5, 10, 10.5 Гц с использованием высокоразрешающей спектральной обработки представлен на рис. 4; в верхней части рисунка представлены спектры с выходов трех акустических датчиков, последовательно расположенных с шагом 50 м; в нижней части – спектры на выходе лазерной измерительной линии. Результаты соответствуют расстоянию «излучатель-приемник» 920 м, базе лазерного луча 302 м, скорости ветра 7 м/с (ветер навстречу фронту распространения волны от источника).

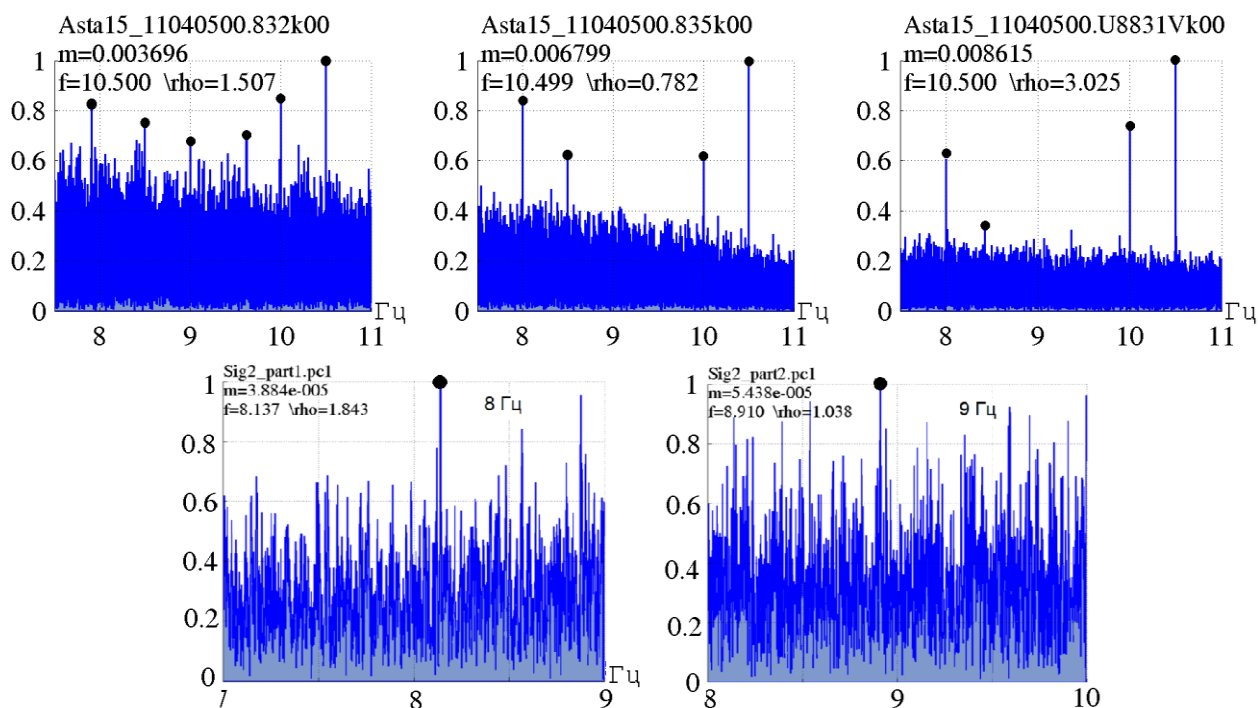


Рис. 4. Быстровский полигон: спектры акустических и оптических сигналов

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Корпел А. Акустооптика- Acousto-optics – М.: Мир, 1993.
2. Дамон Р., Мэлон В., Мак-Магон Д. Взаимодействие света с ультразвуком: явление и применение // Физическая акустика. – М.: Мир, 1974. – Т.7.
3. Такер Дж., Рэмpton В. Гиперзвук в физике твердого тела. – М.: Мир, 1975.
4. Алексеев А.С., Глинский Б.М., Ковалевский В.В., Хайретдинов М.С. и др. Активная сейсмология с мощными вибрационными источниками / Отв. ред. Г.М. Цибульчик. – Новосибирск: ИВМиМГ СО РАН, Филиал "Гео" Издательства СО РАН, 2004. – 387с.

© М. С. Хайретдинов, Б. В. Поллер, А. В. Бритвин, Г. Ф. Седухина, 2016

УДК 551.24:504.55.06

ИНТЕРФЕРЕНЦИЯ СЕЙСМОАКУСТИЧЕСКИХ КОЛЕБАНИЙ, ПОРОЖДАЕМЫХ ГАРМОНИЧЕСКИМИ ИСТОЧНИКАМИ

Марат Саматович Хайретдинов

Институт вычислительной математики и математической геофизики СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Лаврентьева, 6, доктор технических наук, главный научный сотрудник; Новосибирский государственный технический университет, 630073, Россия, г. Новосибирск, пр. К. Маркса, 20, профессор, тел. (383)330-87-43, e-mail: marat@opg.sccc.ru

Гюльнара Маратовна Воскобойникова

Институт вычислительной математики и математической геофизики СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Лаврентьева, 6, кандидат технических наук, научный сотрудник; Новосибирский государственный технический университет, 630073, Россия, г. Новосибирск, пр. К. Маркса, 20, ассистент, тел. (383)330-87-43, e-mail: gulya@opg.sccc.ru

Рассматривается взаимодействие вибрационных сейсмических и акустических волновых полей в проблеме активного геофизического мониторинга зон подготовки стихийных бедствий. Показано, что следствием этого взаимодействия являются процессы интерференции сейсмических и акустических колебаний, которые приводят к значительным изменениям полей амплитуд и фаз в пространстве. Такие изменения вызывают большие погрешности оцениваемых параметров. Даны рекомендации по снижению погрешностей.

Ключевые слова: вибросейсмическое зондирование Земли, сейсмические и акустические поля, интерференции колебаний, информативные параметры, картина биений.

THE INTERFERENCE OF SEISMOACOUSTIC OSCILLATIONS GENERATED HARMONIC SOURCES

Marat S. Khairtdinov

Institute of Computational Mathematics and Mathematical Geophysics Siberian Branch of RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, Lavrentiev Ave 6, Ph. D., Senior Researcher; Novosibirsk State Technical University, 630073, Russia, Novosibirsk, K. Marksa Ave 20, Professor, tel. (383)330-87-43, e-mail: marat@opg.sccc.ru

Gyulnara M. Voskoboynikova

Institute of Computational Mathematics and Mathematical Geophysics Siberian Branch of RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, Lavrentiev Ave 6, Ph. D., Researcher; Novosibirsk State Technical University, 630073, Russia, Novosibirsk, K. Marksa Ave 20, Assistant, tel. (383)330-87-43, e-mail: gulya@opg.sccc.ru

The interaction of vibration seismic and acoustic wave fields in the problem of active geophysical monitoring for preparation of disaster zones is considered. It is shown that the result of this interaction are the processes of the interference of the seismic and acoustic oscillations, which lead to significant changes the field amplitudes and phases in space. Such changes cause large errors of the estimated parameters. Recommendations to reduce errors are given.

Key words: vibroseismic sounding of Earth, seismic and acoustic fields, interference of oscillations, informative parameters, pattern of beats.

Введение. В процессе изучения сред путем активного просвечивания физическим полем определенной природы часто проявляются сопутствующие поля иной физической природы. Возникающие поля могут взаимодействовать друг с другом на значительных удалениях от источника, порождая явление интерференции волн различной физической природы. Например, при вибрационном зондировании Земли с помощью мощных сейсмических вибраторов наряду с сейсмофизическим полем источники порождают акустическое поле. Возникающие при этом акустические волны при определенных условиях могут распространяться на большие расстояния, приводя к интерференции сейсмических и акустических колебаний [1]. Если же вибросейсмические волны переходят через границу «дно-море», то они могут взаимодействовать с гидроакустическими волнами, порождаемыми морскими источниками вибрационных колебаний. Среды, в которых распространяются такие волны, обладают ярко выраженной дисперсностью. По отношению к

сейсмическим волнам это обуславливается слоистостью и горизонтальной неоднородностью строения Земли, по отношению к акустическим и гидроакустическим волнам – неоднородностью атмосферы и океана, дисперсионные свойства которых могут меняться во времени. В итоге наблюдается сложная многолучевая картина распространения волн в таких средах. На рис. 1 иллюстрируется многолучевость распространения сейсмических волн в среде «вода-дно».

Если зондирующие колебания – монохроматические, то сигнал, прошедший через неоднородную среду, может быть описан обобщенной моделью вида

$$S(t) = \sum_{i=1}^n A_i \cos(\omega_0 t + \varphi_i), \quad (1)$$

где A_i, φ_i – амплитуда и фаза колебания, распространяющегося вдоль i -го луча и меняющиеся случайным образом в сейсмическом поле; n – количество лучей. По отношению к акустическому и гидроакустическому полям эти параметры дополнительно будут меняться случайным образом во времени. Соответственно амплитуда и фаза результирующего установившегося колебания будут принимать случайные значения. Огибающая интерференционного сигнала определяется:

$$A = \left| \sum_{i=1}^n A_i e^{i\varphi_i} \right| \quad (2)$$

В общем случае принятая модель огибающей описывается плотностью распределения Накагами (m - распределением) [2]:

$$W(A) = \frac{2}{\Gamma(m)} \left(\frac{m}{\Omega} \right)^m A^{2m-1} e^{-\frac{m}{\Omega} A^2}, A \geq 0, m \geq \frac{1}{2}, \text{ где } m = \frac{\langle A^2 \rangle}{\langle [A^2 - \langle A^2 \rangle]^2} \geq \frac{1}{2}, \Omega = \langle A^2 \rangle \quad (3)$$

Распределение (3) можно привести к известному виду χ^2 – распределение при $R = \sqrt{Z}$, $m = n/2$, где n – целое положительное:

$$W(\chi^2) = \frac{1}{2^{n/2} \sigma^n \Gamma(n/2)} (\chi^2)^{n/2-1} e^{-\chi^2/2\sigma^2}, \chi^2 \geq 0, \text{ где } \sigma = \langle R^2 \rangle (1 - \sqrt{n/2 - 1}) \quad (4)$$

Для приведенного распределения в таблице даны вероятности P попадания значений огибающей (2) в заданные интервалы δ в зависимости от параметра n . Из таблицы следует, что вероятность получения малых значений огибающей уменьшается с увеличением n . Применительно к явлению интерференции волн это означает, что наиболее высокая вероятность проявления интерференционных нулей вызывается интерференцией небольшого числа наиболее интенсивных простых волн, называемых преобладающими.

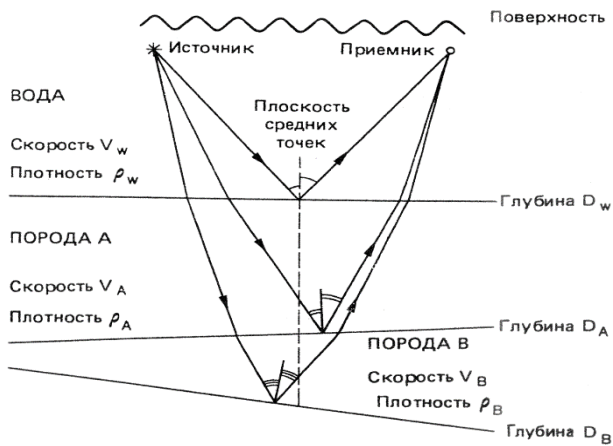


Рис. 1

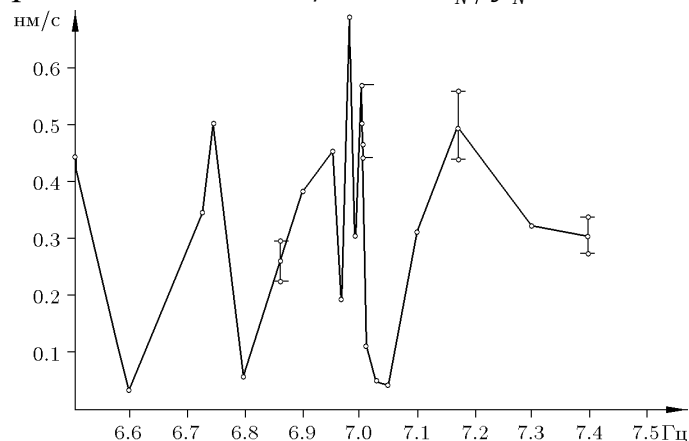
Таблица

	Р		
п/ε	0.1-0.15	0.2-0.27	0.35-0.45
2	0.05	0.1	0.2
3	0.01	0.025	0.05
4	0.005	0.005	0.025
5	-	0.005	0.005

В качестве примера, отражающего явление интерференции монохроматических колебаний различных частот, на рис. 2 приводится зависимость амплитуд колебаний от ряда дискретных частот, полученная в точке регистрации на расстоянии 430 км от вибратора типа ЦВ-100. Частоты зондирующих колебаний следовали с шагом 0.1 Гц в диапазоне частот 6.5-7.5 Гц и с шагом 0.02 Гц в полосе частот 6.9-7.1 Гц. Измерение амплитуд установившихся гармонических колебаний на каждой из частот зондирования осуществлялось в реальном времени путем оценивания статистики R_N с помощью итерационного алгоритма вида [3]

$$R_N(A) = \sqrt{[\bar{x}_{N-1} + \gamma(x_N - \bar{x}_{N-1})]^2 + [\bar{y}_{N-1} + \gamma(y_N - \bar{y}_{N-1})]^2} \quad (5)$$

Здесь $x_N = u_N \sin \omega_0 t$, $y_N = u_N \cos \omega_0 t$, $u_N = S_N + n_N$, где n_N – текущее значение шума. В этом случае среднее значение $\bar{R}_N(A) \rightarrow A(N \rightarrow \infty)$. В реальной ситуации достаточно, чтобы $N \geq N_3$, где N_3 – множество дискретных отсчетов на участке установления отклика среды. При условии равномерной плотности распределения начальной фазы φ установившегося колебания в пределах $[0, 2\pi]$, значение ее определяется в виде $\varphi = \arctan x_N / y_N$.



Интерференция сейсмических и акустических колебаний.

Сейсмические источники наряду с возбуждением в земле сейсмических колебаний порождают в атмосфере акустические колебания. В дальней зоне источника оба типа колебаний интерферируют друг с другом, причем характер интерференционной картины меняется во времени, поскольку меняются параметры атмосферы вследствие влияния метеоусловий, прежде всего, направления и силы ветра, температуры [1]. На выходе среды с постоянными параметрами, каковой является Земля, имеют место устойчивые оценки параметров интерференционного поля $\{A, \varphi\}$ в установившемся режиме колебаний. Напротив, по отношению к среде с меняющимися параметрами получаемые оценки зависят от времени.

На рис. 3, *а*, 3, *б*. графически представлены процессы вычисления оценок A (верхняя часть) и φ (нижняя часть) во времени гармонического колебания с частотой 6.75 Гц, зарегистрированного на сейсмоприемнике типа СК1-П на удалении 50 км от источника. Регистрация соответствовала двум режимам – отсутствия акустической волны в пункте регистрации по метеоусловиям (рис. 3, *б*) и наличия акустической волны благодаря ветру в направлении «источник-приемник» (рис. 3, *а*). Из рис. 3, *б* видно, что в результате установившейся интерференционной картины сейсмических волн получаются устойчивые оценки амплитуды и фазы колебаний в пределах интервала $(T_z - t_y)$, где T_z – длительность зондирующего сигнала, t_y – время реакции рекуррентного фильтра (5). Напротив, из рис. 3, *а* видно, что поведение тех же параметров колебания, полученного в результате интерференции сейсмического и акустического колебаний, отличается неустойчивостью во времени в силу тех факторов, о которых говорилось выше. Это проявляется в поведении оценки фазы (нижняя часть рис. 3, *а*) с момента вступления акустической волны, которая приходит с задержкой по отношению к сейсмической волне, равной 140 с [1]. На рис. 3, *а* виден начальный участок устойчивых значений φ , заключенный между моментами вступлений сейсмического и акустического колебаний. Очевидно, что вариации оценок фазы колебания в рассматриваемом случае могут служить в определенных условиях мерой неустойчивости атмосферы на трассе распространения волн.

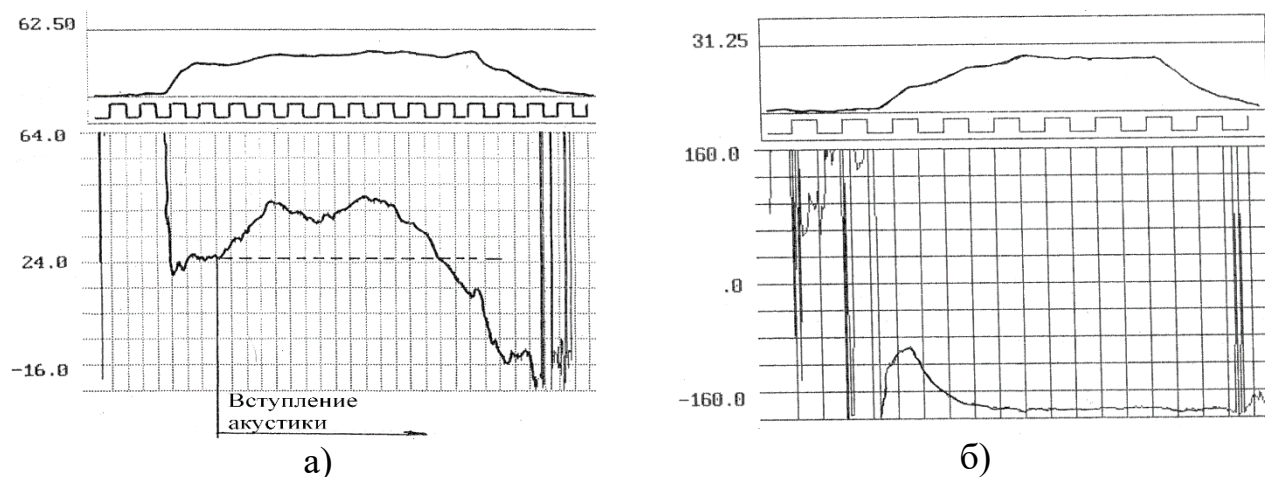


Рис. 3

Заключение

1. На основе экспериментальных данных проанализировано явление интерференции волн в смежных геофизических полях – сейсмических и акустических. На основе анализа функции плотности распределения огибающих интерференционных сигналов следует вывод о том, что наиболее высокая вероятность проявления интерференционных нулей возможна при малом количестве простых волн, в первую очередь преобладающих волн.

2. Проанализировано явление интерференции сейсмических и акустических волн, приводящее к ошибкам оценивания полей амплитуд и фаз сейсмических колебаний

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. В.М.Глинский, В.В.Ковалевский, М.С.Хайретдинов. Relationship of wave fields from powerful vibrators with atmospheric and geodynamic processes. *Geology and Geophysics*, vol.40, No.3, pp.422–431,1999.
2. В.И. Тихонов. Статистическая радиотехника.– М.: Сов.радио.1966.
3. М.С. Хайретдинов. Методы распределенной обработки вибросейсмических сигналов. Матер.научно-технич. конф.»Информационные системы и технологии» НГТУ, Новосибирск, 2000, с.607–612.

© М. С. Хайретдинов, Г. М. Воскобойникова, 2016

ОРГАНИЗАЦИЯ ПОРТАЛА ЗНАНИЙ «АКТИВНАЯ СЕЙСМОЛОГИЯ»

Людмила Петровна Брагинская

Институт вычислительной математики и математической геофизики СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Лаврентьева, 6, ведущий программист, тел. (383)330-70-69, e-mail: ludmila@opg.sccc.ru

Андрей Павлович Григорюк

Институт вычислительной математики и математической геофизики СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Лаврентьева, 6, научный сотрудник, тел. (383)330-87-43, e-mail: and@opg.sccc.ru

Галина Борисовна Загорюлько

Институт систем информатики СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Лаврентьева, 6, научный сотрудник, тел. (383)332-83-59, e-mail: gal@iis.nsk.su

В работе рассмотрены принципы организации портала знаний по активной сейсмологии. Интернет-портал построен на платформе, разработанной Лабораторией искусственного интеллекта ИСИ СО РАН. Портал обеспечивает целостное представление предметной области и различных аспектов научной деятельности в активной сейсмологии. В качестве концептуальной основы и информационной модели портала знаний была использована разработанная авторами онтология предметной области «Активная сейсмология».

Ключевые слова: активная сейсмология, онтология, портал знаний.

ARRANGEMENT OF THE KNOWLAGE PORTAL «ACTIVE SEISMOLOGY»

Ludmila P. Braginskaya

Institute of Computational Mathematics and Mathematical Geophysics Siberian Branch of RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, Lavrentiev Ave 6, Lead Programmer, tel. (383)330-70-69, e-mail: ludmila@opg.sccc.ru

Andrey P. Grigoruk

Institute of Computational Mathematics and Mathematical Geophysics Siberian Branch of RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, Lavrentiev Ave 6, Researcher, tel. (383)330-87-43, e-mail: and@opg.sccc.ru

Galina B. Zagorulko

Institute of Informatics Systems SB RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, Lavrentiev Ave 6, Researcher, tel. (383)332-83-59, e-mail: gal@iis.nsk.su

The paper discusses the principles of the knowledge portal for active seismology. The web portal is built on a platform developed by the Laboratory of Artificial Intelligence IIS SB RAS. The portal provides a holistic view of the subject area and the various aspects of scientific activity in the active seismology. Domain ontology "Active seismology" developed by the authors was used as a conceptual framework and information model of the knowledge portal.

Key words: active seismology, ontology, knowledge portal.

Активная сейсмология (активный геофизический мониторинг) как научное направление сформировалось в рамках научной программы «Вибрационное просвещение Земли», выполнявшейся в Сибирском отделении РАН в 1970–90 гг. под руководством академика А.С. Алексеева [1]. Инновационные технологии активного и пассивного геофизического мониторинга направлены на детальное изучение сейсмогенерирующих сред и контроль инженерных объектов. Последние три десятилетия работы по активной сейсмологии проводятся в России, Японии, Китае, США, европейских странах. Актуальность исследований в области сейсмоопасности и сейсморайонирования Сибири и Дальнего Востока обусловлена повышением в последние годы сейсмической активности [1].

В результате теоретических и экспериментальных исследований происходит интенсивное накопление информации по всем составляющим методов активной сейсмологии, включая вопросы теории метода, создания управляемых источников, результатов экспериментальных работ, методов математического моделирования. Это связано с тем, что современные высокоточные научные инструменты, применяемые при проведении натурных экспериментов, порождают все большие объемы данных. Также, приходится работать с большими объемами синтетических данных, полученными при численном моделировании волновых процессов в сложно построенной среде. Проблема доступа к данным и знаниям предметной области (ПО) «Активной сейсмология» состоит в том, что при больших объемах экспериментальных данных и результатов исследований, представленных в сети Интернет, контент не структурирован, представлен различными форматами, информация размещена на различных сайтах научных организаций и подразделений, материалах конференций, в электронных библиотеках и т.д. При этом следует отметить, что существует несколько специализированных сайтов и информационных систем, к которым относятся НИС «Активная сейсмология» (<http://org.sccc.ru/>), сайт Камчатского филиала ГС РАН (<http://www.emsd.ru/>), содержащих структурированные архивы, электронные библиотеки, базы и таблицы данных. Однако, эти разрозненные ресурсы не дают полного представления о предметной области в целом, не позволяют проследить взаимосвязь между относящимися к активной сейсмологии событиями и персонами, объектами и методами исследования, полученными экспериментальными данными и результатами исследования.

В данной работе предлагается решение задачи интеграции знаний по активной сейсмологии и навигации по Интернет-пространству путем построения портала знаний указанной предметной области средствами, разработанными Лабораторией искусственного интеллекта ИСИ СО РАН [3].

Ядром информационной модели рассматриваемого портала является разработанная авторами онтология ПО «Активная сейсмология». Данная

онтология, в соответствии с используемой технологией, строится на основе базовых онтологий научной деятельности и научного знания [2].

Онтология научной деятельности включает набор концептов (понятий, классов), относящихся к организации научной деятельности в области активной сейсмологии [4], таких как «Персона», «Организация», «Событие», «Деятельность», «Публикация». Данный набор концептов используется для описания участников научной деятельности, мероприятий, проектов, различного типа публикаций. Специфическими классами онтологии научной деятельности активной сейсмологии являются «Экспедиционные работы», «Полевые эксперименты». Класс «Информационный ресурс» описывает информационно-вычислительные системы, архивы и базы данных по активной сейсмологии

и вибросейсмическому мониторингу, представленные в сети Интернет. Информационное наполнение (контент) портала образуют конкретные объекты – экземпляры классов. Так, например, объект «Комплексная эколого-геофизическая экспедиция-2005» является экземпляром класса «Экспедиционные работы», объект «Вибрационное зондирование грязевого вулкана Шуго» – экземпляром класса «Полевые эксперименты», объект «Хайретдинов Марат Саматович» – экземпляр класса «Персоны». К классу «Информационные системы» относятся тематические информационные и вычислительные интернет-ресурсы, в том числе вычислительные системы, базы данных, электронная библиотека, являющиеся структурными элементами научной информационной системы «Активная сейсмология» [4, 5].

Онтология научного знания содержит такие метапонятия, как «Раздел науки», «Метод исследования», «Объект исследования», «Предмет исследования», «Научный результат». При использовании базовых метапонятий были выделены и описаны значимые для активной сейсмологии разделы и подразделы, задана типизация методов и объектов исследования, описаны результаты научной деятельности.

Понятия онтологии рассматриваемого портала выстроены в иерархию «класс-подкласс». Так, класс «Объект исследования» имеет два подкласса – «Геологические объекты» и «Сейсмические события». К подклассу «Геологические объекты» относятся «Вулканы», «Зоны разломов», «Региональные структуры», «Рифты». В свою очередь, в иерархии классов, к классу «Вулканы» относятся подклассы «Грязевые вулканы» и «Магматические вулканы». Экземплярами этих классов являются объекты, которые были исследованы методами активной сейсмологии, как например, грязевой вулкан Шуго, грязевой вулкан Ахтанизовский, грязевой вулкан г. Карабетова, вулкан Эльбрус.

К предметам исследования ПО «Активная сейсмология» относятся такие классы, как: «Структура коры», «Динамические свойства», «Параметры волнового поля». К классу «Структура коры» относятся: «Сейсмические границы», «Разломы», «Элементарные геологические тела и включения».

Под научным результатом в данной онтологии понимаются экспериментальные и теоретические данные по активной сейсмологии, а также результаты анализа этих данных, к которым будет организован доступ через портал. Класс «Научный результат» в данной онтологии содержит подклассы «Эксперименты», «Экспериментальные данные», «Теоретические сейсмограммы», «Снимки волнового поля».

Помимо отношений типа «класс-подкласс» понятия онтологии могут быть связаны между собой ассоциативными отношениями. Наиболее важными ассоциативными отношениями между понятиями онтологии научной деятельности и онтологии научного знания являются следующие отношения: «исследует» — сопоставляет научную деятельность или раздел науки с объектом исследования; «использует» — связывает метод исследования с видом деятельности, исследователем или разделом науки; «применяется к» — связывает метод исследования с объектом исследования; «описывает» — задает связь публикации с научным результатом, объектом или методом исследования.

На рис. 1 показана страница с описанием объекта «Эксперимент Эльбрус». Связанные с ним объекты представлены на этой странице гиперссылками, позволяющими переходить к описанию организаций и персон, участвующих в данном виде деятельности, использованных методах исследования, а также предоставляющими доступ к базе экспериментальных данных.

ДАКТОР ОНТОЛОГИИ РЕДАКТОР ДАННЫХ РЕДАКТОР НОВОСТЕЙ	
 Портал знаний по активной сейсмологии	
ДВНЯЯ ПОИСК	
Свойства объекта  	
Эксперименты	
Название результата	101 "Эксперимент Эльбрус-2010"
Дата получения	2010
Аббревиатура	
Связи объекта	
имеетАвтораРезультатОрганизация	
Организации	
Институт вычислительной математики и математической геофизики СО РАН (ИВМиГ СО РАН)	
Институт физики Земли им. О.Ю.Шмидта РАН (ИФЗ РАН)	
Кабардино-Балкарский государственный университет (КБГУ)	
имеетАвтораРезультатПерсона	
Персоны	
Брагинская (Л.П.)	
Дударов (З.И.)	
Ковалевский (В.В.)	
Собисевич (А.Л.)	
Якименко (А.А.)	
имеетРезультатРесурс	
ИнтернетРесурс	
База данных экспериментов	
используетРезультатМетод	
Методы и средства исследования	
Метод сейсмической антенны	
Обратные связи объекта	
имеетДеятельностьРезультат	
Деятельность	
Экспедиция "Эльбрус-2010"	
описываетРезультат	

Рис. 1. Страница портала

Портал знаний «Активная сейсмология» обеспечивает целостное представление знаний о предметной области и установление взаимосвязей между относящимися к этой науке событиями, объектами, результатами и методами исследования. Содержательный доступ к систематизированным знаниям и информационным ресурсам обеспечивается с помощью предоставляемых порталом развитых средств навигации и поиска, функционирование которых базируется на онтологии.

На рис. 2 представлен фрагмент поисковой формы и результаты, иллюстрирующий поиск объектов класса «Публикации», связанных отношением «описывает Объект» с объектом «в. Эльбрус» класса «Объект исследования».

ПУБЛИКАЦИЯ				
Имя	Автор	Публикация	Дата публикации	Тип публикации
Ковалевский (В.В.)	Исследование параметров локализации сейсмических событий подземной сейсмической группой в Приэльбрусье	2014		
Ковалевский (В.В.)	О характеристиках подземной сейсмической группы в Приэльбрусье	2013	статья	
Масуренков (Ю.П.)	Особенности эволюции кайнозойского вулканизма Эльбрусской области		статья	
Собисевич (А.Л.)	ОТЧЕТ О НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ по теме: Исследование геодинамических процессов в зоне возникновения ожидаемых землетрясений на Северном Кавказе с использованием уникальной установки «Комплексная геофизическая информационно-измерительная система Кабардино-алкарского государственного университета им. Х.М. Бербекова	2009		
Брагинская (Л.П.)	Отчет по экспедиционным работам в Баксанской штольне	2010	отчет	
Дударов (З.И.)				
Ковалевский (В.В.)				
Собисевич (А.Л.)				
Якименко (А.А.)				
Масуренков (Ю.П.)	Пульсационно-вихревое развитие Эльбрусской вулканической области (как следствие миграции мантийного плюма?)	2010	статья	
Масуренков (Ю.П.)	Современная деятельность вулкана Эльбрус. Доклады АН СССР, т. 142, № 6, 1962.	1962	статья	
Масуренков (Ю.П.)	Современное состояние вулкана Эльбрус	1971	статья	
Масуренков (Ю.П.)	Тектоника, магматизм и углекислые воды Приэльбрусья	1961	статья	
Масуренков (Ю.П.)	Эльбрусский магматический очаг	1964	статья	

описываетОбъект	
ОбъектИсследования	
Название объекта	Эльбрус ☐ Точное значение
Описание объекта	☐ Точное значение

Рис. 2. Поисковая форма портала

Онтологический подход [6] в настоящее время широко используется для систематизации знаний во многих предметных областях. Однако в области активной сейсмологии он был использован впервые.

Портал «Активная сейсмология» может быть полезен ученым и инженерам, использующим методы и теоретические и экспериментальные данные активной сейсмологии, студентам, изучающим представленную предметную область, а также специалистам, которые производят оценку состояния данного научного направления.

Работа выполнена при поддержке грантов РФФИ 14-07-00832 и 15-07-06821.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Тубанов Ц.А., Толочко В.В., Ковалевский В.В., Брагинская Л.П., Григорюк А.П., Базаров А.Д. Вибросейсмические исследования литосферы Байкальской рифтовой зоны и сопредельных территорий // Отечественная геология. - Москва: Издательство ЦНИГРИ, 2013. - 3: - С. 16-24.
2. Загорулько Ю.А., Боровикова О.И. Информационная модель портала научных знаний // Информационные технологии. – 2009. – № 12. –С.2-7.
3. Боровикова О.И., Брагинская Л.П., Загорулько Ю.А., Ковалевский В.В. Онтология предметной области «Активная сейсмология» // Материалы Всероссийской конференции с

международным участием «Знания-Онтологии-Теории» (ЗОНТ-2015), Новосибирск, 2015, Т.1. стр.39-43

4. Брагинская Л.П., Григорюк А.П. Информационная система для комплексной поддержки научных исследований в области активной сейсмологии // Вестник КемГУ. 2012 - 4: - С. 43-48.

5. Брагинская Л.П., Григорюк А.П., Ковалевский В.В.. Научная информационная система «Активная сейсмология» для комплексных геофизических исследований // Вестник КРАУНЦ, Науки о земле, 2015, № 1, Выпуск № 25, - С. 94-98.

6. Загорулько Ю.А., Загорулько Г.Б. О формализации семантики областей знаний в информационных и интеллектуальных системах на основе онтологий // В сборнике: Открытые семантические технологии проектирования интеллектуальных систем (OSTIS-2014) Материалы IV Международной научно-технической конференции. Редколлегия: В. В. Голенков. 2014. С. 117-130.

© Л. П. Брагинская, А. П. Григорюк, Г. Б. Загорулько, 2016

УДК 550.34

ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННАЯ ФИЛЬТРАЦИЯ СИГНАЛОВ ПРИ ВИБРОСЕЙСМИЧЕСКОМ МОНИТОРИНГЕ

Валерий Викторович Ковалевский

Институт вычислительной математики и математической геофизики СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Лаврентьева, 6, доктор технических наук, зам. директора, тел. (383)330-71-96, e-mail: kovalevsky@sscc.ru

Андрей Павлович Григорюк

Институт вычислительной математики и математической геофизики СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Лаврентьева, 6, научный сотрудник, тел. (383)330-87-43, e-mail: and@opg.sccc.ru

Впервые разработан алгоритм пространственно-временной фильтрации, позволяющий значительно повысить разрешающую способность и качество сейсмограмм при вибросейсмическом мониторинге.

Ключевые слова: вибросейсмический мониторинг, пространственно-временная фильтрация.

SPATIO-TEMPORAL SIGNAL FILTERING IN VIBROSEISMIC MONITORING

Valeriy V. Kovalevsky

Institute of Computational Mathematics and Mathematical Geophysics SB RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, prospect Akademika Lavrentjeva, 6, Doctor of science, deputy director, tel. (383)330-71-96, e-mail: kovalevsky@sscc.ru

Andrey P. Grigoruk

Institute of Computational Mathematics and Mathematical Geophysics SB RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, prospect Akademika Lavrentjeva, 6, Researcher, tel. (383)330-87-43, e-mail: and@opg.sccc.ru

A spatio-temporal filtering algorithm that significantly increases vibroseismic monitoring seismogram quality and resolution has been first developed.

Key words: vibroseismic monitoring, spatio-temporal filtering.

Развиваемый в последнее время метод активного вибросейсмического мониторинга предполагает просвечивание геологической среды сейсмическими волнами от искусственных управляемых источников-вибраторов. При этом происходящие изменения напряженно-деформированного состояния среды определяются или по изменению кинематических параметров вибрационных сейсмограмм, или по временным изменениям характеристик стационарных волновых полей, которые устанавливаются в среде при продолжительном излучении вибратором гармонических сигналов. Существующие сегодня технические средства – мощные низкочастотные вибраторы и цифровые распределённые системы регистрации сейсмических сигналов позволяют организовать вибросейсмический мониторинг крупных сейсмоопасных зон площадь 10-40 тыс. км² [1].

Для получения годографов сейсмических волн и измерения кинематических характеристик прием сигналов осуществляется группой регистраторов, расположенных на профиле, ориентированном на вибратор. Обычно используется порядка 5-10 регистраторов, расположенных с шагом несколько сот метров. Основной проблемой является недостаточная разрешающей способность и качество вибрационных сейсмограмм (коррелограмм), получаемых на расстояниях, превышающих 150-200 км от источника. Это объясняется ухудшением отношения сигнал/шум вследствие затухания сейсмических сигналов, которое описывается кубической зависимостью от расстояния от источника.

В работе [2] для повышения качества вибрационных сейсмограмм было предложено использовать известный в сейсморазведке метод регулируемого направленного приема (РНП). Метод заключается в суммировании сейсмических трасс, зарегистрированных сейсмической группой, с предварительным введением временных сдвигов, компенсирующих запаздывание сигнала от регистратора к регистратору. Суммирование трасс выполняется с разными временными сдвигами δt между первым и последним регистратором группы в диапазоне возможных наклонов годографов полезных волн, образуя суммоменту, описывающую волновое поле в координатах $(t, \delta t)$. Для повышения эффективности применялось дополнительное взвешивание результирующих сейсмических трасс с помощью специальной функции.

Недостатком метода РНП является его узкополосность: без искажения пропускаются только волны с кажущейся скоростью $V_k = V_{k0}$, где V_{k0} – скорость волн, для которых направление линии суммирования совпадает с наклоном годографа, волны с другими значениями V_k подавляются. Однако реальные полезные волны на сейсмограммах характеризуются некоторым диапазоном кажущихся скоростей и поэтому желательно иметь фильтр, пропускающий волны в заданном диапазоне скоростей $V_{k1} < V_k < V_{k2}$. Для этих целей можно использовать многоканальные пространственно-временные полосовые

фильтры. Эти фильтры пропускают без искажения полезные волны, наклоны годографов которых лежат в некотором заданном интервале (веере). Остальные волны, которые, возможно, присутствуют в сейсмограммах, рассматриваются как шум и подлежат подавлению. Также могут использоваться пространственно-временные режекторные фильтры, которые эффективно подавляют регулярные (коррелированные вдоль сейсмической группы) волны-помехи, кажущиеся скорости которых лежат в заданном диапазоне.

Веерные фильтры широко применяются в сейсморазведке для разделения полезных волн и волн-помех [3]. При этом значения кажущихся скоростей определяются по двумерному спектру сейсмограммы $S(\omega, k)$, где ω и k – временная и пространственная частота (волновое число). Однако в случае вибросейсмического мониторинга из-за низкого отношения сигнал/шум на больших расстояниях определение скоростей полезных волн по двумерному спектру件不可能. В этом случае предлагается определять необходимый для фильтрации интервал значений V_k по временным задержкам δt на суммоленге. Это можно сделать достаточно точно благодаря тому, что отношение сигнал/шум на суммотрасах по сравнению с исходными трассами выше в $\sqrt{n}$ раз, где n – число каналов.

На рис. 1 представлен главный прямоугольник спектральной плоскости (ω, k) , ограниченный временной и пространственной частотами Найквиста ω_N и k_N . На первом этапе с помощью режекторного веерного фильтра подавляются волны-помехи с отрицательными значениями волновых чисел (область 1 на

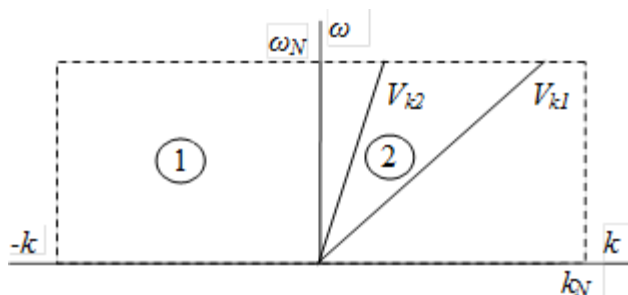


рис. 1).

Рис. 1. Частотно-временная спектральная плоскость

После этого строится суммоленга РНП и по ней определяется интервал значений δt , соответствующий полезным волнам. Затем, исходя из известной базы сейсмической группы, рассчитываются кажущиеся скорости V_{k1} и V_{k2} . На следующем этапе с помощью полосового веерного фильтра выделяются полезные волны в интервале $V_{k1} < V_k < V_{k2}$ (область 2 на рис. 1). Общая блок-схема частотно-временной фильтрации для вибросейсмического мониторинга представлена на рис. 2.

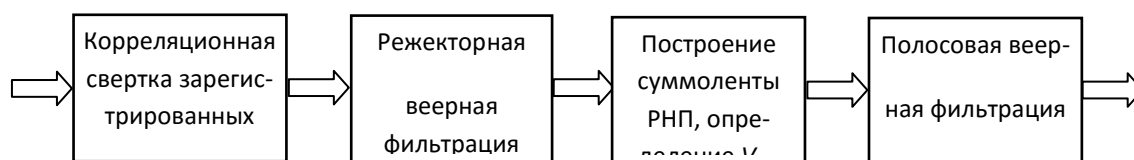


Рис. 2. Блок-схема алгоритма частотно-временной фильтрации

Для иллюстрации применения предложенной методики приведем пример обработки сейсмограмм, полученных в ходе экспериментальных работ по глубинному вибросейсмическому зондированию Монголо-Сибирского региона в зоне сочленения Байкальского рифта и Центрально-Азиатского подвижного пояса. Работы проводились ИВМиМГ СО РАН, ГИН СО РАН, БурФ ГС СО РАН (Россия) и ИЦАГ АНМ (Монголия) в 2011–2013 гг. [4]. В качестве сейсмического источника использовался мощный 100-тонный вибратор, расположенный на Южнобайкальском геодинамическом полигоне СО РАН (п. Бабушкин). Вибратор работал в режиме излучения ЛЧМ сигнала в полосе 6-11 Гц, длительность сеансов 50 минут. Регистрация сейсмических сигналов осуществлялась малыми сейсмическими группами (антеннами) с трехкомпонентными сейсмоприемниками на профиле Бабушкин–Сухэ-Батор–Дархан–Улан-Батор протяженностью 500 км. Каждая сейсмическая группа состояла из 6 регистраторов «Байкал» с трехкомпонентными сейсмическими датчиками СК1-П, координатная и временная привязка по GPS. Расстановка датчиков линейная с расстоянием между датчиками 200 метров и общей базой малой сейсмической группы 1 км. Регистрация сейсмических сигналов проводилась в ночное время (с 15:00 по 22:00 GMT) в каждой точке профиля. Одновременно проводилась регистрация вибросейсмических сигналов вблизи источника аппаратурой «Байкал» с трехкомпонентным сейсмическим датчиком СК1-П.

На рис. 3 слева верху приведены вибрационная сейсмограмма, зарегистрированная на расстоянии 400 км от источника (вертикальная компонента), ниже – сейсмограмма, полученная в результате пространственно-временной фильтрации по предложенной методике. Отдельно показана область Р-волн. Для выбора значений V_{k1} и V_{k2} была построена суммолюнта, приведенная на рис. 3 справа. Для каждой суммотрассы указано значение временной задержки δt в секундах. Как можно видеть, наибольшему разрастанию Р-волн при максимальном отношении сигнал/шум соответствует интервал δt приблизительно 0.07-0.14 сек. При базе сейсмической группы 1 км получим $V_{k1} = 7.1$ км/сек, $V_{k2} = 14.3$ км/сек. Эти значения и были использованы при полосовой веерной фильтрации.

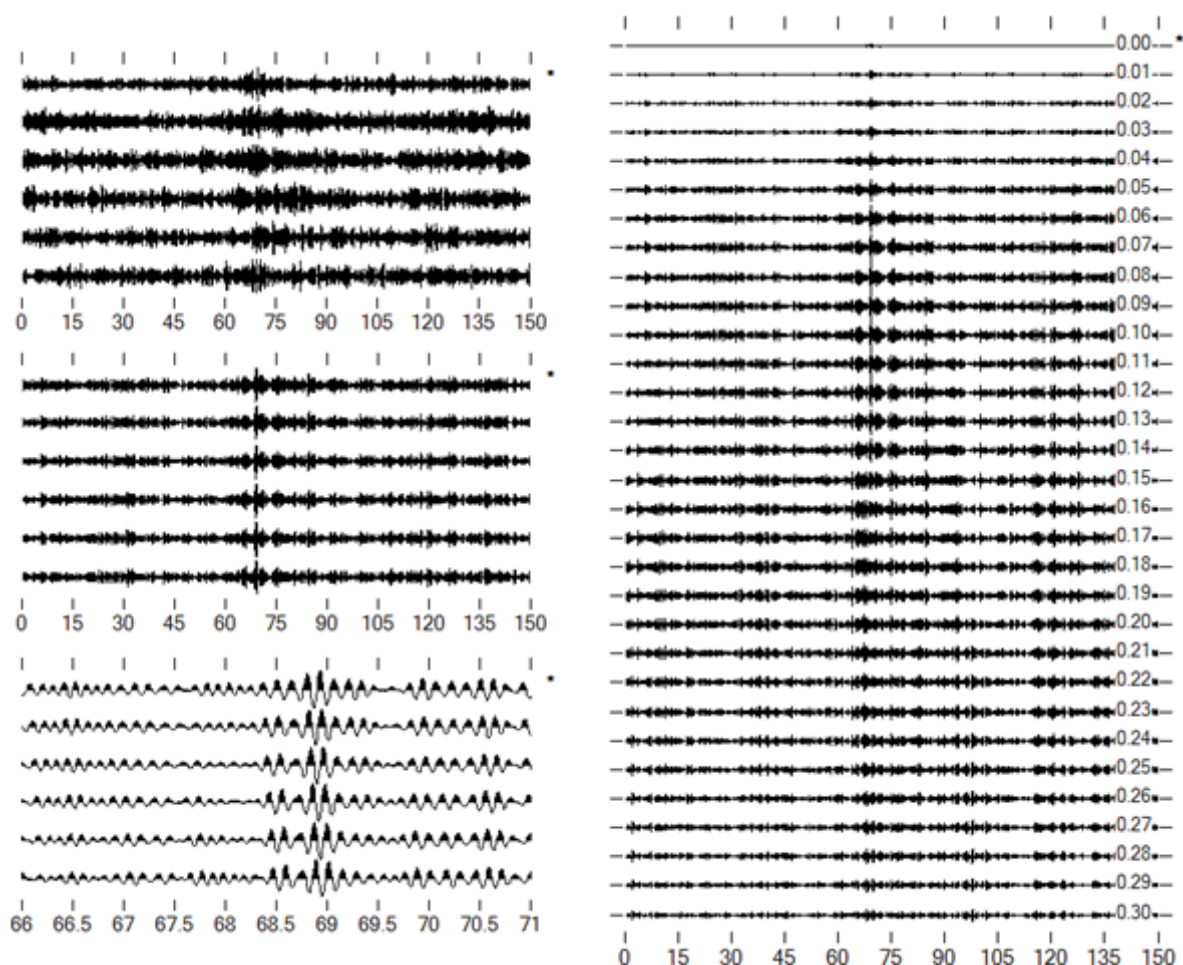


Рис. 3. Результирующая вибрационная коррелограмма

Таким образом, создан высокоэффективный алгоритм обработки сигналов при виброрейсейсмическом зондировании на основе пространственно-временной фильтрации. Эффективность достигается сочетанием методов регулируемого направленного приема и всеерной фильтрации. Алгоритм реализован в программном комплексе «V12», разработанном в ИВМиМГ СО РАН.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Активная сейсмология с мощными вибрационными источниками // Отв.ред. Г.М. Цибульчик. – Новосибирск: ИВМиМГ СО РАН, Филиал «Гео» Издательства СО РАН, 2004.
2. Ковалевский В.В., Григорюк А.П. Повышение эффективности направленного приема сигналов при виброрейсейсмическом мониторинге // Интерэкспо Гео-Сибирь, 2014, Т.4, №1, С.211-214.
3. Хаттон Л., Уэрдингтон М., Мейкин Дж. Обработка сейсмических данных. Теория и практика. М.: Мир, 1989. – 207 с.
4. Тубанов Ц.А., Толочко В.В., Ковалевский В.В., Брагинская Л.П., Григорюк А.П., Базаров А. Д. Виброрейсейсмические исследования литосферы Байкальской рифтовой зоны и сопредельных территорий // Отечественная геология. – Москва: Издательство ЦНИГРИ, 2013 – № 3 – С. 16-24.

© В. В. Ковалевский, А. П. Григорюк, 2016

ПРОГРАММНОЕ УПРАВЛЕНИЕ СЕТЕВЫМ КОМПЛЕКСОМ СБОРА И ОБРАБОТКИ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ДАННЫХ

Илья Николаевич Матвеев

Новосибирский государственный технический университет, 630073, Россия, г. Новосибирск, пр. К. Маркса, 20, магистрант, тел. (913)469-55-14, e-mail: ilmat192@gmail.com

Марат Саматович Хайретдинов

Институт вычислительной математики и математической геофизики СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Лаврентьева, 6, главный научный сотрудник, тел. (383)3308743; Новосибирский государственный технический университет, 630073, Россия, г. Новосибирск, пр. К. Маркса, 20, e-mail: marat@opg.sccc.ru

В работе описывается схема организации модульной архитектуры программного комплекса для сбора и обработки геофизических данных в режиме реального времени. Модули представляются в виде отдельных программ, взаимодействующих с программным комплексом посредством стандартных потоков ввода/вывода. Описывается схема для передачи модулям как исходных данных, так и команд.

Ключевые слова: сейсмология, программная система, удаленный сбор и обработка данных, обработка в реальном времени, модульная архитектура, межпроцессное взаимодействие.

THE SOFTWARE CONTROL OF THE NETWORK SYSTEM FOR GEOPHYSICAL DATA COLLECTING AND PROCESING IN REALTIME MODE

Ilya N. Matveev

Novosibirsk State Technical University, 630073, Russia, Novosibirsk, 20 Prospekt K. Marksa, student, tel. (913)469-55-14, e-mail: ilmat192@gmail.com

Marat S. Khairtdinov

Institute of Computational Mathematics and Mathematical Geophysics, Siberian Branch of RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, Lavrentiev Ave, 6, Senior Researcher; Novosibirsk State Technical University, 630073, Russia, Novosibirsk, K. Marksa Ave 20, tel. (383)330-87-43, e-mail: marat@opg.sccc.ru

The scheme of modular architecture organization of software system for geophysical data collecting and processing in realtime mode is described in the article. It's suggested to design modules as separate programs which interact with the system via standard input/output streams only. The way to transfer to module not only data to process but also commands is described.

Key words: seismology, software system, remote data collection and processing, realtime data processing, modular architecture, interprocess communications.

На сегодняшний день одним из перспективных направлений в сфере геофизического мониторинга является переход от постобработки данных к обработке в реальном времени. Системы, направленные на поточный сбор и обработку, обеспечивают оперативное получение результатов натурных

экспериментов.

Подобная программная система разрабатывается на базе ИВМиМГ СО РАН. Одним из основных требований к ней является возможность расширения и модификации для решения различных задач. Это обеспечивается за счет выбора модульной структуры системы, в которой данные, подлежащие обработке, проходят через вычислительный конвейер, состоящий из отдельных модулей. Каждый модуль выполняет некоторую обработку данных и передает их следующим. Модуль выполняется в виде отдельной программы, запускающейся

в отдельном процессе и взаимодействующей с другими модулями с помощью средств межпроцессного взаимодействия, предоставляемых операционной системой. В качестве метода передачи данных используются UNIX-сокеты, как более быстрый и универсальный способ по сравнению с каналами (pipes) [1]. Такой подход позволяет разработчику модулей абстрагироваться от устройства системы в целом и использовать практически любой доступный ему язык программирования и программный инструментарий.

В простейшем случае для передачи данных достаточно использовать стандартные потоки ввода и вывода, которые, в той или иной форме, доступны для подавляющего большинства современных языков программирования. В таком случае перед запуском конвейера потоки всех модулей соединяются в нужной последовательности с использованием UNIX-сокетов. После этого все модули начинают принимать данные с входов, обрабатывать их и передавать результаты на выходы. При завершении работы конвейера всем процессам посылается сигнал останова, который они могут перехватить, выполнить процедуры подготовки к останову и штатно завершиться. Также в таком случае не предъявляется каких-либо сложных требований к внутренней организации модулей. Они не должны предпринимать никаких дополнительных действий для установления соединения друг с другом, поскольку используются стандартные ввод и вывод, доступные изначально. Единственное, что требуется от модуля – поддерживать формат передачи данных, которой также весьма прост и может представлять собой, например, последовательность амплитуд сигнала, замеренных с определенной частотой дискретизации.

Вместе с тем, при использовании данной схемы появляется ряд сложностей. Ключевой из них является сложность управления уже запущенным конвейером. Под управлением в данном контексте можно понимать изменение структуры самого конвейера (переподключение модулей в другом порядке), а также изменение параметров модулей (это могут быть некоторые параметры алгоритмов обработки данных, например ширина скользящего окна) и посылку им иных команд (например, команды отобразить графический интерфейс пользователя). Задачу изменения структуры конвейера без его останова можно решить, используя отдельный процесс управления, который будет перенаправлять потоки данных между модулями [1]. В этом случае каждый модуль в конвейере передает данные не непосредственно своему соседу, а контрольному процессу, который, в свою очередь, транслирует данные

нужному модулю.

Передача модулям команд и параметров достигается путем создания отдельного канала связи между контрольным процессом и процессом прикладного модуля. Однако, такой подход накладывает дополнительные ограничения на структуру прикладного модуля: он должен будет самостоятельно организовать канал межмодульного взаимодействия для передачи команд. В качестве такого канала можно также использовать UNIX-сокет, но это существенно ограничивает выбор языков программирования для разработки модулей (к примеру, в Java нет возможности подключиться к UNIX-сокету без использования сторонних библиотек). Использование для передачи данных соединения на основе именованных каналов также имеет свои сложности и требует от прикладного модуля открытия файла канала и чтения из него. Поэтому вместо того, чтобы использовать для передачи отдельный канал межмодульного взаимодействия, было решено передавать команды через стандартный ввод вместе с данными. Для осуществления этого требуется несколько изменить формат передачи данных, разбив поток отсчетов на пакеты. Каждому пакету в таком случае можно добавить поле «тип». В зависимости от этого поля модуль сможет идентифицировать пакет как пакет команды или пакет данных.

Также разбиение данных на пакеты позволяет реализовать схему с несколькими входами или выходами для одного модуля. При этом каждый пакет помимо данных также несет номер входа, на который он направлен. В таком случае выходы одного модуля могут быть связаны с входами нескольких других, что делает систему более гибкой. Более того, выделив понятие «входа модуля» мы можем отказаться понятия «тип пакета» заменив его понятием «тип входа». В этом случае каждый модуль помимо входов данных, количество которых зависит от задач модуля и определяется его разработчиком, имеет дополнительный вход команд, используемый для передачи модулю параметров и команд. Соответственно имеет модуль и выход команд, предназначенный для передачи процессу управления данных откликов на команды. Структура пакета представлена на рис. 1, обобщенная схема передачи команд и данных – на рис. 2.

Номер входа (1 байт)	Тело пакета
----------------------	-------------

Рис. 1. Обобщенный вид пакета

В зависимости от типа входа, на который пришел пакет, тело пакета интерпретируется как данные подлежащие обработке или команды, подлежащие выполнению. Формат тела пакета данных представлен в табл. 1, формат тела пакета команды – в табл. 2. Возможные типы аргументов команды представлены в табл. 3. При этом сама команда имеет тип «строка» и передается соответствующим образом.

Также вводится набор базовых команд, которые должны поддерживать все

модули (табл. 4). На выход команд модуль выдает отклик на каждую команду. На данный момент доступно только два отклика: ok (модуль успешно выполнил команду) и err (произошла ошибка). Отклик err имеет два параметра – целочисленный код ошибки и ее строковое описание. Отклик ok может иметь различные аргументы в зависимости от команды. Каждый модуль, доступный для добавления в конвейер описывается текстовым конфигурационным файлом в формате JSON. В нем перечисляются доступные команды модуля, его параметры и их типы (аналогичны типам из табл. 2, входы и выходы).

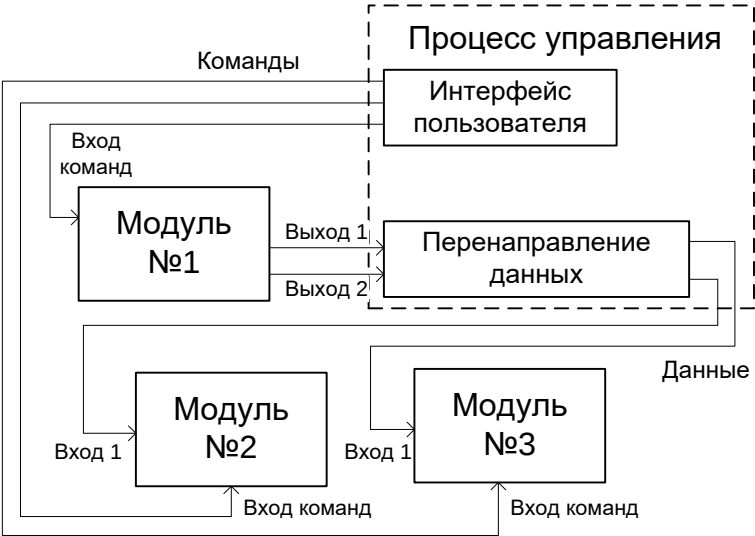


Рис. 2. Схема передачи данных между модулями с использованием промежуточного процесса

Таблица 1

Формат тела пакета данных

Поле	Тип данных
Начало записи	Время первого отсчета пакета в секундах от начала эпохи UNIX. Тип данных – double
Частота дискретизации	uint32_t
Число каналов	Количество логических каналов в данных пакета. Тип данных – uint32_t
Значение отсчета 1 канала 1	double
Значение отсчета 1 канала 2	double
...	...
Значение отсчета 1 канала N	double
Значение отсчета 2 канала 1	double
...	...

Таблица 2

Формат тела пакета команды

Поле	Тип данных
Команда	Команда в виде строки. Формат передачи строки см. ниже
Аргумент 1	Тип аргумента 1
...	...

Таблица 3

Типы аргументов команд и формат их представления

Тип	Описание
int	Целое, int32_t
double	Вещественное, double
boolean	Логический, int8_t
string	Строка. Сначала длина (int32_t), потом массив символов (wchar_t)

Таблица 4

Базовые команды

Команда	Аргументы команды	Аргументы отклика ok	Описание
start	-	-	Запуск обработки данных
stop	-	-	Приостановка обработки данных
kill	-	-	Останов модуля
set	Параметр (строка), Значение (тип зависит от типа параметра)	-	Устанавливает значение параметра (например, частоту дискретизации, имя выходного файла и т.д.)
get	Параметр (строка)	Значение (тип зависит от типа параметра)	Выдает на командный выход значение параметра

Командный вход и выход имеется у любого модуля и не требует описания в конфигурационном файле.

При запуске процесс управления читает конфигурационные файлы, заполняя структуры для дальнейшей работы с модулями. Во время работы процесс управления может создавать дочерние процессы для отдельных модулей. При этом создаются все необходимые UNIX-сокеты, на которые перенаправляются потоки ввода/вывода дочернего процесса. После этого в адресном пространстве дочернего процесса стартует и приступает к обработке пакетов данных и команд процесс прикладного модуля.

На сегодня разработан макет системы для использования в экспериментальных исследованиях.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Хайретдинов М.С., Матвеев И.Н. Организация сетевой архитектуры в задачах геофизического мониторинга // Труды XI международной азиатской школы-семинара «Проблемы оптимизации сложных систем» 27 июля - 07 августа 2015г. – г. Чолпон-Ата, 2015г. – т.2. - с.645-651

© И. Н. Матвеев, М. С. Хайретдинов, 2016

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАСПРОСТРАНЕНИЯ СЕЙСМИЧЕСКИХ ВОЛН С УЧЕТОМ СНЕЖНОГО ПОКРОВА

Сайера Тахировна Туйчиева

Ташкентский институт инженеров железнодорожного транспорта, 100167, Республика Узбекистан, г. Ташкент, ул. Адилходжаева, 1, старший преподаватель, тел. (371)276-88-71, e-mail: icenter@tashiit.uz

Гюльнара Маратовна Воскобойникова

Институт вычислительной математики и математической геофизики СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Лаврентьева, 6, кандидат технических наук, научный сотрудник, тел. (383)330-83-52, e-mail: gulya@opg.sccc.ru

Холматжон Худайназарович Имомназаров

Институт вычислительной математики и математической геофизики СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Лаврентьева, 6, доктор физико-математических наук, ведущий научный сотрудник, тел. (383)330-83-52, e-mail: imom@omzg.sccc.ru

Жуан-Ган Тан

Илийский педагогический университет, Китай, г. Кульджа, e-mail: tjg@ylsy.edu.cn

Александр Анатольевич Михайлов

Институт вычислительной математики и математической геофизики СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Лаврентьева, 6, кандидат физико-математических наук, научный сотрудник, тел. (383)330-83-52, e-mail: alex_mikh@omzg.sccc.ru

В статье на основе теории динамической пороупругости проводится математическое моделирование распространения сейсмических волн в снежной среде. Снежная среда аппроксимируется как пористая среда, где три упругих параметра выражаются тремя скоростями упругих волн. В свою очередь эти скорости пересчитываются через скорости упругих волн согласно теории Био, которые выражены через упругие параметры снежной среды (Johnson J.B., 1982). Отметим, что полученные решения позволяют изучить особенности распространения сейсмических волн в насыщенных жидкостью (воздухом) снежных средах. При этом полученные формулы позволяют моделировать скорости смещений пористого каркаса и насыщающей жидкости в нем, а также порового давления и компоненты тензора напряжений, как при заданных упругих параметрах среды, так и при заданных скоростях распространения поперечных и продольных волн в пористой среде.

Ключевые слова: снежная среда, медленная волна, математическая модель, зондирующий сигнал.

MATHEMATICAL MODELING OF SEISMIC WAVE PROPAGATION WITH ALLOWANCE FOR THE SNOW COVER

Sayyora T. Tuychieva

Tashkent Institute of Railway Transport Engineers, 100167, Republic of Uzbekistan, Tashkent, Adilkhodjaev st., 1, senior lecturer, tel. (371)276-88-71, e-mail: icenter@tashiit.uz

Gulnara M. Voskoboinikova

Institute of Computational Mathematics and Mathematical Geophysics, Siberian Branch of RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, Lavrentiev Ave, 6, Candidate of Science, Leading Researcher, tel. (383)330-83-52, e-mail: gulya@opg.sccc.ru

Kholmatzhon Kh. Imomnazarov

Institute of Computational Mathematics and Mathematical Geophysics, Siberian Branch of RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, Lavrentiev Ave, 6, Doctor of Science, Leading Researcher, tel. (383)330-83-52, e-mail: imom@omzg.sccc.ru

Jian-Gang Tang

YiLi Normal University, 448 Jiefang Road, Yinning Xinjiang, P.R.of China, e-mail: tjg@ylsy.edu.cn

Aleksander A. Mikhailov

Institute of Computational Mathematics and Mathematical Geophysics, Siberian Branch of RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, Lavrentiev Ave, 6, Candidate of Science, Researcher, tel. (383)330-83-52, e-mail: alex_mikh@omzg.sccc.ru

In this paper, based on the theory of dynamic poroelasticity, mathematical modeling of seismic wave propagation in the snow medium is considered. The snow medium is approximated as a porous medium, where the three elastic parameters are expressed by the three elastic wave velocities. In turn, these velocities are recalculated using the elastic waves velocities according to the Biot theory. Such velocities are expressed through the elastic parameters of the snow media (J. B. Johnson, 1982). Note that the solutions obtained allow the study of peculiarities of the seismic wave propagation in the water (air) -saturated snow medium. In this case, the obtained formulas allow us to simulate the displacement velocity of the porous skeleton and the saturating fluid in it, as well as the pore pressure and the stress tensor components with given elastic parameters of the medium and the velocities of propagation of transverse and longitudinal waves in a porous medium.

Key words: snow medium, slow wave, mathematical model, sounding signal.

The understanding of the propagation of seismic waves in the snow has been the object of theoretical and experimental studies many researchers. Such an interest is the result of a desire to use acoustic techniques for: non-destructive methods of the snow texture classification; determination of mechanical parameters for the snow; developing effective methods of explosive control for snow slopes; and monitoring acoustic emissions.

The development of textural classification techniques and determination of the appropriate mechanical parameters for the snow require an accurate acoustic propagation model. Pre-existing seismic wave propagation models made use of either porous media representations, which assumed a rigid ice skeleton, or continuum elastic or inelastic models [1-6]. These models do not adequately explain the wave propagation phenomena observed in the snow. The air pressure waves, propagating in the interstitial pore space, and dilatational and shear stress waves, propagating in the ice skeleton, were detected in the snow [7-10]. However, neither the porous medium or the continuum models can explain all the three wave propagation modes. In [11], based on the Biot model the propagation of seismic waves in the snow as a porous material with an elastic skeleton saturated with a compressible viscous fluid (air) was

discussed. The characteristics of the solutions describing acoustic waves in the snow are discussed in detail and compared with the experimental results [8, 9, 12, 13]. In this paper, three elastic parameters [14-16] for the propagation of seismic waves in the snow using dynamic theory poroelasticity are described.

Equations of motion

In poroelasticity theory [14], the stress-strain relations for a porous aggregate including the effects of fluid pressure and dilatation are considered. As well as in [11, 17] we consider the dynamics of a material and the coupling between a fluid and a solid provided that the material is statistically homogeneous and isotropic in the region of interest, behaves in a linearly elastic manner and that thermoelastic effects are negligible. The macroscopic stress-strain relation for the medium was derived by assuming the isotropic medium. The coupling effect between the elastic skeleton and the compressible fluid was taken into account by introducing a kinetic coefficient into the dissipation function of the system [14]. Dissipation of energy by the viscous fluid was expressed in terms of a relative velocity between the fluid and the solid.

The constitutive relations describing the porous material by the tree parameters are the following [16]:

$$\sigma_{ij} = 2\mu\varepsilon_{ij} + \lambda\varepsilon_{kk}\delta_{ij} - \left(1 - \frac{K}{\alpha\rho^2}\right)p\delta_{ij}, \quad (1)$$

$$p = (K - \alpha\rho\rho_s)\varepsilon_{kk} - \alpha\rho\rho_l e_{kk}, \quad (2)$$

$$\varepsilon_{ij} = \frac{1}{2}\left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i}\right), \quad e_{ij} = \frac{1}{2}\left(\frac{\partial U_i}{\partial x_j} + \frac{\partial U_j}{\partial x_i}\right),$$

where σ_{ij} is the stress in the solid framework, p is the fluid pore pressure, ε_{kk} and e_{kk} are the dilatations of the solid and the fluid, ε_{ij} is the strain in the solid, and δ_{ij} is the Kronecker delta, $u = (u_1, u_2, u_3)$ and $U = (U_1, U_2, U_3)$ are the displacement vectors of the elastic matrix and the saturating fluid with the respective partial densities ρ_s and ρ_l , $\rho = \rho_l + \rho_s$, $\lambda = \lambda - (\alpha\rho^2)^{-1}K^2$, $K = \lambda + \frac{2}{3}\mu$, $\lambda, \mu, \alpha\rho^2$ are elastic parameters of the porous medium [14].

The dynamic poroelasticity theory for the porous media is derived using the method of conservation laws, which have the forms [18]

$$\frac{\partial u_i}{\partial t} + \frac{1}{\rho_s} \frac{\partial \sigma_{ik}}{\partial x_k} + \frac{\rho_l}{\rho_s \rho} \frac{\partial p}{\partial x_i} + \frac{\rho_l}{\rho_s} \chi \rho_l (u_i - v_i) = F_i, \quad \frac{\partial v_i}{\partial t} + \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x_i} - \chi \rho_l (u_i - v_i) = F_i,$$

$$\frac{\partial \sigma_{ik}}{\partial t} + \mu \left(\frac{\partial u_k}{\partial x_i} + \frac{\partial u_i}{\partial x_k} \right) + \left(\frac{\rho_s}{\rho} K - \frac{2}{3} \mu \right) \delta_{ik} \text{div} \mathbf{u} - \frac{\rho_s}{\rho} K \delta_{ik} \text{div} \mathbf{v} = 0,$$

$$\frac{\partial p}{\partial t} - (K - \alpha\rho\rho_s) \text{div} \mathbf{u} + \alpha\rho\rho_l \text{div} \mathbf{v} = 0.$$

where χ is the friction coefficient.

Determining the mechanical parameters for the snow

The dynamic nature of a porous material is determined by the three elastic parameters K, μ , and α . These parameters are expressed in terms of the velocity of propagation of the shear wave c_s and of the velocities of the longitudinal waves c_{p_1}, c_{p_2} [12, 13].

$$\mu = \rho_s c_s^2, \quad K = \frac{\rho}{2} \frac{\rho_s}{\rho_l} \left(c_{p_1}^2 + c_{p_2}^2 - \frac{8}{3} \frac{\rho_l}{\rho} c_s^2 - \sqrt{\left(c_{p_1}^2 - c_{p_2}^2 \right)^2 - \frac{64}{9} \frac{\rho_l \rho_s}{\rho^2} c_s^4} \right),$$
$$\alpha_3 = \frac{1}{2\rho^2} \left(c_{p_1}^2 + c_{p_2}^2 - \frac{8}{3} \frac{\rho_s}{\rho} c_s^2 + \sqrt{\left(c_{p_1}^2 - c_{p_2}^2 \right)^2 - \frac{64}{9} \frac{\rho_l \rho_s}{\rho^2} c_s^4} \right).$$

The velocities c_s and c_{p_1}, c_{p_2} are determined by the Biot parameters A, N, R, and Q. These parameters are calculated from the four measurable coefficients for the snow: Table 1 [11]. The friction coefficient is expressed by the dissipation coefficient from [11, 17].

In this paper, an algorithm to numerically solve the 2D dynamic problem of seismic wave propagation for the porous medium with allowance for the energy dissipation is considered. To numerically solve this problem, a method for combining the Laguerre integral transform with respect to time with a finite-difference approximation along the spatial coordinates is used. The proposed method of the solution can be considered as analog to the known spectral-difference method based on Fourier transform, only instead of frequency we have a parameter m , i.e. the degree of the Laguerre polynomials. However, unlike Fourier transform, application of the Laguerre integral transform with respect to time allows us to reduce the initial problem to solving a system of equations in which the parameter of division is present only in the right-hand side of the equations and has a recurrent dependence. The algorithm used for the solution makes it possible to perform efficient calculations when simulating a complicated porous medium and studying wave effects emerging in such media.

This work was supported by the Russian Foundation for Basic Research (grant № 16-07-01052).

REFERENCES

1. Nakaya U. Visco-elastic properties of snow and ice in the Greenland ice cap // U.S. Snow, Ice and Permafrost Research Establishment, Research Report 46, 1959, 33 p.
2. Nakaya U. Visco-elastic properties of processed snow // U.S. Snow, Ice and Permafrost Establishment, Research Report 58, 1959, 22, p.
3. Nakaya, U. Elastic properties of processed snow with reference to its internal structure // U.S. Cold Regions Research and Engineering Lab., Hanover, N.H., 1961, Research Report 82, 25 p.
4. Ishida T. Acoustic properties of snow // Contributions from the Institute of Low Temperature Science, Series A, 1965, v. 20, pp. 23-68.

5. Smith, J.L. The elastic constants, strength and density of Greenland snow as determined from measurements of sonic wave velocity // U.S. Cold Regions Research and Engineering Lab., Hanover, N.H., 1965, Tech. Rept. 167, 18 p.
- Smith, N. Determining the dynamic properties of snow and ice by forced vibration // U.S. Cold Regions Research and Engineering Lab., Hanover, N.H., 1969, Tech. Rept. 216, 17 p.
6. Chae Y.S. Frequency dependence of dynamic modulus of, and damping in, snow // In: Physics of Snow and Ice, H. Oura (Ed.), Int. Conf. on Low Temperature Science, Proc. Vol. I, Part 2: 827-842, Institute of Low Temperature Science, Hokkaido University, Sapporo, Japan, 1967.
7. Yen Y.C., Fan S.S.T. Pressure wave propagation in snow with non-uniform permeability // U.S. Cold Regions Research and Engineering Lab., Hanover, N.H., 1966, Research Report 210, 9 p.
8. Oura H. Sound velocity in the snow cover // Low Temp. Sci., 1952, v. 9, pp. 171-178.
9. Smith, J.L. The elastic constants, strength and density of Greenland snow as determined from measurements of sonic wave velocity // U.S. Cold Regions Research and Engineering Lab., Hanover, N.H., 1965, Tech. Rept. 167, 18 p.
10. Yamada T., Hasemi T., Izumi K. and Sata A. On the dependencies of the velocities of P and S waves and thermal conductivity of snow upon the texture of snow // Contributions from the Institute of Low Temperature Science, Ser. A, 1974, V. 32, pp. 71-80.
11. Johnson J.B. On the application of Biot's theory to acoustic propagation in snow // Cold Regions Science and Technologies, 1982, v. 6, pp. 49-60.
12. Gubler H. Artificial release of avalanches by explosives // J. Glaciol., 1977, v.19, pp. 419-429.
13. Bogorodskii V.V., Gavrilov V.P., Nikitin V.A. Characteristics of sound propagation in snow // Akust. Zh., 1974, v. 20, pp. 195-198 (Sov. Phys. Acoust., 20 (2): pp. 121-122).
14. Blokhin A.M., Dorovsky V.N. Mathematical modelling in the theory of multivelocity continuum. –New York: Nova Science, 1995.
15. Imomnazarov Kh.Kh. Some Remarks on the Biot System of Equations Describing Wave Propagation in a Porous Medium // Appl. Math. Lett. – 2000. – Vol. 13. – № 3, pp. 33–35.
16. Zhabborov N.M., Imomnazarov Kh.Kh. Some Initial Boundary Value Problems of Mechanics of Two-Velocity Media. - Tashkent: National University of Uzbekistan named after Mirzo Ulugbek, 2012 (In Russian).
17. Biot M.A. Theory of propagation of elastic waves in a fluid-saturated porous solid. I. Low frequency range // J. Acoust. Soc. Am, 1956, v. 28, No. 2, pp. 168-178.
18. Imomnazarov Kh.Kh., Mikhailov A.A. Laguerre spectral method as applied to numerical solution of a two dimensional linear dynamic seismic problem for porous media // Bull. Of the Novosibirsk Computing Center, series: Mathematical Modeling in Geophysics, Novosibirsk, 2011, № 14, pp. 1-8.

© С. Т. Туйчиева, Г. М. Воскобойникова,
Х. Х. Имомназаров, Жуан-Ган Тан, А. А. Михайлов, 2016

ПОРОУПРУГОСТЬ ХИМИЧЕСКИ АКТИВНОГО ГЛИНИСТОГО СЛАНЦА

Жарасбек Бейшемиров

Казахский госуниверситет им. Абая, 050010, Казахстан, г. Алматы, пр. Дустик, 13, кандидат физико-математических наук, e-mail: zbai.kz@gmail.com

Жуан-Ган Тан

Илийский педагогический университет, Китай, г. Кульджа, e-mail: tjg@ylsy.edu.cn

Холматжон Худайназарович Имомназаров

Институт вычислительной математики и математической геофизики Со РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Лаврентьева, 6, доктор физико-математических наук, ведущий научный сотрудник, тел. (383)330-83-52, e-mail: imom@omzg.sccc.ru

Деформация ϵ в пористой среды является функцией напряжения σ и порового давления p . Дополнительные осмотические эффекты присутствуют в некоторых породах, таких как сланцы. Показано, что эти эффекты в свою очередь модифицирует термодинамику системы. А именно в выражение внутренней энергии появляется дополнительное слагаемое, обусловленное химическими потенциалами μ^r из всех химических видов в поровой жидкости. Вследствие этого в соотношениях деформации-напряжений появляется слагаемое обусловленными химическими потенциалами.

Ключевые слова: пористая среда, насыщающая жидкость, упругие параметры, тензор напряжений, парциальная плотность, закон Дарси, химический потенциал.

POROELASTICITY OF CHEMICALLY ACTIVE SHALE

Zharasbek Baishemirov

Abay Kazakh National Pedagogical University, 050010, Kazakhstan, Almaty, Dustik Ave, 13, Ph. D., e-mail: zbai.kz@gmail.com

Jian-Gang Tang

YiLi Normal University 448 Jiefang Road, Yinning Xinjiang, P.R. of China, e-mail: tjg@ylsy.edu.cn

Kholmatzhon Kh. Imomnazarov

Institute of Computational Mathematics and Mathematical Geophysics, Siberian Branch of RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, Lavrentiev Ave, 6, Doctor of Science, Leading Researcher, tel. (383)330-83-52, e-mail: imom@omzg.sccc.ru

The deformation tensor ϵ in a porous medium is a function of the stress tensor σ and the pore pressure p . Additional osmotic effects are present in some rocks, such as shales. It is shown that such effects, in turn, modify the thermodynamics of the system, namely, in terms of the internal energy of the additional term due to the chemical potential μ^r of all the chemical components in the pore fluid. Because of this, an additional term due to the chemical potentials there appears in the strain-stress relations.

Key words: porous medium, saturated fluid, elastic parameters, stress tensor, partial density, Darcy law, chemical potential.

Глины являются одним из наиболее распространенных типов горных пород, слагающих до 11% всего объема земной коры. С ними часто приходится иметь дело при возведении фундаментов зданий и строительстве различных инженерных сооружений. Они повсеместно используются как сырье для производства керамики, кирпича, цемента, а также в качестве наполнителя при изготовлении резины, бумаги, буровых растворов и т.д. Глины обладают высокой адсорбционной способностью, и их успешно применяют для очистки масел, красок, вина, отбеливания тканей, а также как естественные экологические барьеры для борьбы с распространением техногенных загрязнений [1].

Соотношения деформации-напряжений с учетом химических потенциалов. Пусть f свободная энергия Гельмгольца пористой системы (т.е. скелет + поровой жидкости) температуры T и S энтропии отнесенную на единицу объема пористого тела. Имеем

$$df = \sigma_{ij} d\varepsilon_{ij} + \sum_{r=1}^R \mu^r dm^r - SdT.$$

Здесь растворитель (обычно вода) и $R - 1$ других видов в поровой жидкости. Масса m^r каждого вида в единице объема пористого материала измеряется в молях.

Химические потенциалы компонентов в растворе запишем в виде [2]

$$\mu^r = \mu_0^r + RT \ln x^r \gamma^r = \mu_0^r + RT \ln a^r,$$

где μ_0^r является химический потенциал вида r в равновесном состоянии, x^r - частичное молярная доля видов r , γ^r является коэффициент активности и $a^r = x^r \gamma^r$ является активность r -го вида. R - газовая постоянная. В идеальном растворе $\gamma^r = 1$. Химический потенциал μ_0^r является функцией давления и удовлетворяет соотношению

$$\frac{\partial \mu_0^r}{\partial p} = v^r = \frac{1}{\rho^r},$$

где v^r объем одного моля вещества.

Далее пренебрегаем влиянием температуры. Обычно в лабораторных условиях это выполняется. Определим свободную энергию Гельмгольца f_0 , связанную с твердой частицей в виде

$$df_0 = d(f - \mu^r m^r) = \sigma_{ij} d\varepsilon_{ij} - \sum_{r=1}^R m^r d\mu^r$$

Так как df_0 является полным дифференциалом. Принимая ε_{ij} и μ^r в качестве независимых переменных состояния, получим

$$\frac{\partial \sigma_{ij}}{\partial \mu^r} = -\frac{\partial m^r}{\partial \varepsilon_{ij}} \quad \frac{\partial m^r}{\partial \mu^s} = \frac{\partial m^s}{\partial \mu^r}. \quad (1),(2)$$

Таким образом, в этих переменных соотношения деформация-напряжений имеет вид

$$d\sigma_{ij} = C_{ijkl} d\varepsilon_{kl} - \sum_r D_{ij}^r d\mu^r, \quad dm^r = D_{ij}^r d\varepsilon_{ij} + \sum_s A^{rs} d\mu^s, \quad (3),(4)$$

где мы использовали (1), чтобы определить перекрестные коэффициенты D_{ij}^r (3) и (4), и где $A^{rs} = A^{sr}$, в силу (2). Кроме того, можем рассмотреть свободную энергию Гиббса

$$d\left(f - \sum_r \mu^r m^r - \sigma_{ij} \varepsilon_{ij}\right) = -\varepsilon_{ij} d\sigma_{ij} - \sum_r m^r d\mu^r.$$

Снова в силу полного дифференциала, и принимая σ_{ij} и μ^r , как переменных состояния, получим

$$\frac{\partial \varepsilon_{ij}}{\partial \mu^r} = \frac{\partial m^r}{\partial \sigma_{ij}}, \quad (5)$$

и соотношения (2) имеет место, как и раньше. Следовательно

$$d\varepsilon_{ij} = S_{ijkl} d\sigma_{kl} + \sum_r Q_{ij}^r d\mu^r, \quad dm^r = Q_{ij}^r d\sigma_{ij} + \sum_s B^{rs} d\mu^s, \quad (6), (7)$$

где мы использовали (5), чтобы определить перекрестные коэффициенты Q_{ij}^r в (6) и (7), и где $B^{rs} = B^{sr}$, в силу (3).

Далее будем использовать напряжение σ_{ij} и химические потенциалы μ^r , в качестве независимых переменных состояния, и воспользуемся соотношениями (9) и (10). При этом входящие в эти соотношения коэффициенты S_{ijkl} , Q_{ij}^r , и B^{sr} определяются из экспериментов. Эксперименты по уплотнению глины в контакте с большим резервуаром были выполнены в работах [3, 4]. В каждом эксперименте состав пластового флюида поддерживался постоянным, а приложенное напряжение варьировались: результаты дают информацию о коэффициентах S_{ijkl} . Химический состав пластового флюида варьировался в пределах одного эксперимента либо изменением раствора $CaCl_2$ на раствор $NaCl$, либо путем изменения концентрации соли. Наблюдение степени набухания глин в зависимости от концентрации соли могут также быть выполнены на микроскопическом уровне, с использованием рентгеновской дифракции для измерения расстояния между частицами глины (см., например, [5, 6]). Таким образом, эти информации позволяют определить перекрестные коэффициенты Q_{ij}^r .

Однокомпонентная поровая жидкость. В однокомпонентной поровой жидкости, $a^r = x^r = \gamma^r = 1$, и, следовательно, согласно формуле (1), $\mu^1 = dp/d\rho^1$. Отклик сланца будет зависеть только от порового давления p

жидкости в резервуаре и приложенного напряжения σ_{kl} . Если система является изотропным, соотношения (6) и (7) упрощаются и принимают вид

$$d\varepsilon_{ij} = S_1 d\sigma_{ij} + \delta_{ij} S_2 d\sigma_{kk} + \delta_{ij} \sum_r Q^r d\mu^r, \quad dm^r = Q^r d\sigma_{kk} + \sum_s B^{rs} d\mu^s, \quad (8), (9)$$

и мы видим, что для моделирования необходимы четыре материальных коэффициента. В изотропной пористой среде, соотношения (8) и (9) можно записать в виде [7]

$$2\mu\varepsilon_{ij} = \sigma_{ij} - \frac{\nu}{1+\nu} \sigma_{kk} \delta_{ij} + \frac{3(\nu_u - \nu)}{B(1+\nu)(1+\nu_u)} p \delta_{ij}, \quad m - m_0 = \frac{3\rho_0(\nu_u - \nu)}{2\mu B(1+\nu)(1+\nu_u)} \left[\sigma_{kk} + \frac{3}{B} p \right].$$

Здесь были выбраны четыре материальных коэффициента: модуль сдвига μ , насыщенные и ненасыщенные коэффициенты Пуассона ν and ν_u , и параметр Скемптона B , который связывает ненасыщенный отклик порового давления и приложенные напряжения.

Уравнения движения. Если отклонения от термодинамического равновесия невелики, то массовый поток $\mathbf{q}^r$ r -го вида может быть представлено в виде

$$q_i^r = - \sum_s L_{ij}^{rs} \nabla_j \mu^s$$

где $L_{ij}^{rs} = L_{ij}^{sr}$ согласно принципу Онсагера. Так как мы рассматриваем однокомпонентные поровые жидкости, насыщаемая пористая среда является изотропной и для таких сред в гидравлическом случае справедлив закон Дарси [8, 9]:

$$\mathbf{q}^1 = - \frac{1}{\chi \rho \rho^1} \nabla p,$$

где ρ^1 – парциальная плотность поровой жидкости (воды), ρ – общая плотность континуума, χ - коэффициент межфазного трения.

Справедлив закон сохранения массы для каждого вида

$$\frac{\partial m^r}{\partial t} + \text{div} \mathbf{q}^r = 0,$$

и следовательно

$$\frac{\partial}{\partial t} \left[Q_{ij}^r d\sigma_{ij} + \sum_s B^{rs} d\mu^s \right] = \frac{\partial}{\partial x_i} \left(\sum_s L_{ij}^{rs} \nabla_j \mu^s \right).$$

Электронейтральность подразумевает, чтобы не должно быть никаких наращиваний изменения в любой точки. Если z^r - валентность r -го вида, то

$$\frac{\partial}{\partial x_i} \left(\sum_r q_i^r z^r \right) = 0.$$

Потенциалы течений будут созданы для того, чтобы сохранить электронейтральность. Удобно ввести потенциал течения Ψ в химические потенциалы μ^r r -го вида следующим образом $\mu^r = \hat{\mu}^r + z^r F\Psi$, где $\hat{\mu}^r$ - химический потенциал (r -го вида), соответствующий локальной концентрации ионов, воды и глины. Ионные потоки принимают вид

$$q_i^r = - \sum_s L_{ij}^{rs} \frac{\partial}{\partial x_j} (\hat{\mu}^s + z^s F\Psi)$$

и потенциал течения Ψ является решением уравнения Пуассона следующего вида

$$\sum_r z^r \frac{\partial}{\partial x_i} \left[\sum_s L_{ij}^{rs} \frac{\partial}{\partial x_j} (\hat{\mu}^s + z^s F\Psi) \right] = 0.$$

с нулевым граничным условием Дирихле для контакта с высокой проводимостью жидкости или пористой породы. Если заданы потоки, тогда выполняется условия непротекания и непроводящей границы.

Если ион адсорбируется на стенках пор, он будет путешествовать только медленно, через скалы, и соответствующие коэффициенты переноса L_{ij}^{rs} будут малы. Если химические эффекты пренебрежимо малы (например, если пористость в пределах сланца является большим, из-за оттока), то будет доминировать конвективное течение, с дополнительной диффузией ионов по отношению к объемной жидкости.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Соколов В.Н. Глинистые породы и их свойства // Соросовский образовательный журнал, 2000, Т. 6, № 9, с. 59-65.
2. Sherwood J.D. Biot poroelasticity of a chemically active shale // Proc. R. Soc. Lond. A, 1993, v. 440, pp. 365-377.
3. Mesri G., Olson R.E. Consolidation characteristics of Montmorillonite // Géotechnique, 1971, v. 21, pp. 341-352.
4. Denis J.H. Compaction and swelling of Ca-smectite in water and in CaCl₂ solutions: water activity measurements and matrix resistance to compaction // Clays Clay Miner., 1991, v. 39, pp. 35-42.
5. Slade P.G., Quirck J.P., Norrish K. Crystalline swelling of smectite samples in concentrated NaCl solutions in relation to layer charge // Clays Clay Miner., 1991, v. 39, pp. 234-238.
6. Denis J.H., Keall M.J., Hall P.L., Meeten G.H. Influence of Potassium concentration on the swelling and compaction of mixed (Na, K) ion-exchanged montmorillonite // Clay Miner., 1991, v. 26, pp. 255-268.
7. Imomnazarov Kh.Kh. An analog of K. Terzaghi's and A. Skempton's formulas for porous media described by three elastic parameters // Proc. Inter. Conference "Interexpo GEO-Siberia 2016", v.4. (to appear).
8. Blokhin A.M., Dorovsky V.N. Mathematical modelling in the theory of multivelocity continuum. –New York: Nova Science, 1995.
9. Zhabborov N.M., Imomnazarov Kh.Kh. Some initial boundary value problems of mechanics of two-velocity media, Tashkent, 2012.

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ ТЕЧЕНИЙ ВЯЗКИХ НЕСЖИМАЕМЫХ ДВУХЖИДКОСТНЫХ СРЕД В СЛУЧАЕ ПОСТОЯНСТВА НАСЫЩЕННОСТЕЙ ФАЗ

Жарасбек Бейшемиров

Казахский госуниверситет им. Абая, 050010, Казахстан, г. Алматы, пр. Дустик, 13, кандидат физико-математических наук, e-mail: zbai.kz@gmail.com

Жиан-Ган Тан

Илийский педагогический университет, Китай, e-mail: tjg@ylsy.edu.cn

Холматжон Худайназарович Имомназаров

Институт вычислительной математики и математической геофизики СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Лаврентьева, 6, доктор физико-математических наук, ведущий научный сотрудник, тел. (383)330-83-52, e-mail: imom@omzg.sccc.ru

Мусажон Маматкулов

Национальный университет Узбекистана им. Мирзо Улугбека, 100174, Узбекистан, г. Ташкент, ул. Университетская, 4, магистрант

В статье получено решение системы уравнений вязких однородных несжимаемых двухжидкостных сред с равновесием фаз по давлению в случае постоянства фаз. Показано влияние физических плотностей фаз, объемной насыщенности веществ и вязкости составляющего двухфазного континуума на скорости течений и давления. Также построено решение, допускающее предельный переход к известному решению для задачи течения вязкой несжимаемой однофазной среды.

Ключевые слова: уравнения Навье-Стокса, двухскоростная гидродинамика, несжимаемая жидкость, вязкость, парциальная плотность, переопределенная система.

SOLVING THE PROBLEM OF TWO VISCOUS INCOMPRESSIBLE FLUID MEDIA WITH CONSTANT PHASE SATURATIONS

Zharasbek Baishemirov

Abay Kazakh National Pedagogical University, 050010, Kazakhstan, Almaty, Dustik Ave, 13, Ph. D., e-mail: zbai.kz@gmail.com

Jian-Gang Tang

YiLi Normal University 448 Jiefang Road, Yinning Xinjiang, P.R. of China, e-mail: jg@ylsy.edu.cn

Kholmatzhon Kh. Imomnazarov

Institute of Computational Mathematics and Mathematical Geophysics, Siberian Branch of RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, Lavrentiev Ave, 6, Doctor of Science, Leading Researcher, tel. (383)330-83-52, e-mail: imom@omzg.sccc.ru

Musajon Mamatqulov

National University of Uzbekistan named after Mirzo Ulugbek, 100174, Uzbekistan, Tashkent, Universitetskaya str., 4, Undergraduate

In this paper, the solution to equations of two viscous homogeneous incompressible fluid media with the pressure phase equilibrium in the case of a constant phase is obtained. The influence of the physical phase densities, saturation, volume and viscosity of substances constituting a two-phase continuum in the flow velocity and pressure is shown. Also, the solution admitting a limiting transition to the known solution of the problem of a flow of a viscous incompressible single-phase medium is constructed.

Key words: Navier-Stokes equations, two-velocity hydrodynamics, incompressible fluid, viscosity, partial density, overdetermine system.

В последнее время в различных областях науки и техники внимание ученых привлекают нелинейные динамические системы. Изучение физико-технических процессов в механике сплошных сред начинается с построения математической модели. При этом получаемые динамические системы, как правило, являются нелинейными. Их изучение привело к открытию таких явлений как детерминированное хаотическое поведение, принципиальная непредсказуемость развития событий и самоорганизация. Геология занимается изучением Земли как динамической системы. Подавляющее большинство взаимодействий в природных геологических процессах являются необратимыми нелинейными - отклик всегда пропорционален действию. Геология имеет дело с результатами взаимодействий - смещениями, деформациями и образованием различных структур самых разных масштабов.

Большинство геологических процессов, протекающих в недрах Земли, приурочены к её внешней, латерально неоднородной по строению и составу сферической оболочке мощностью ~ 700 км, называемой тектоносферой. Наблюдающиеся в тектоносфере движения и деформации обусловлены, с одной стороны, физико-химическими процессами и гравитационной дифференциацией, а с другой - стремлением тектоносферы к изостатическому выравниванию (компенсации). Анализ целого ряда геофизических данных [1] позволил предположить, что в условиях чрезвычайно медленного протекания во времени геологических процессов ($t \sim 10^3 \dots 10^7$ лет) и больших размеров геологических тел ($L \sim 10 \dots 10^6$ м) тектоносферу Земли можно считать сильновязкой несжимаемой многофазной жидкой средой. Поэтому сплошная среда в геологическом временном масштабе может быть представлена как вязкая жидкость-1 за счет собственной вязкости, либо достигающая необходимых термодинамических условий протекания фазового перехода по другим причинам. По границам зерен и межзеренным узлам начинает скапливаться магма – жидкость-2 с вязкостью, присущей известным в геологии расплавам. Такой расплав включается в процесс совместного тепломассопереноса и фильтруется сквозь систему, его породившую. Другими словами, эта модель представляет собой динамику взаимного проникновения одной менее вязкой жидкости сквозь более вязкую среду, как своеобразный процесс фильтрации. Или по аналогии с уравнением Навье-Стокса эту модель можно назвать двухскоростной системой уравнений Навье-Стокса или уравнением двухскоростной гидродинамики. С учетом этих обстоятельств

движение тектоносферы является диссипативным и может быть описано уравнениями двухскоростной системы Навье–Стокса с равновесием фаз по давлению [2, 3], которые в этих условиях существенно упрощаются и имеют следующий вид:

$$v_1 \Delta \mathbf{u}_1 = \nabla p - \rho \mathbf{f}, \quad \operatorname{div} \mathbf{u}_1 = 0, \quad (1)$$

$$v_2 \Delta \mathbf{u}_2 = \nabla p - \rho \mathbf{f}, \quad \operatorname{div} \mathbf{u}_2 = 0. \quad (2)$$

В формулах (1) и (2) $\mathbf{f} = (f_1, f_2, f_3)$ – массовая сила, отнесенная к единице массы, $\mathbf{u}_i = (u_{1i}, u_{2i}, u_{3i})$ – скорости i – ой фазы, $i = 1, 2$, p – давление, Δ и ∇ – операторы Лапласа и градиента по $\mathbf{x} = (x_1, x_2, x_3)$ соответственно, $\rho = \rho_1 + \rho_2$ – общая плотность двухскоростного континуума, $v_1(\rho_1)$ и $v_2(\rho_2)$ – соответствующие сдвиговые вязкости (парциальные плотности) фаз [2, 3].

В данной работе построено решение системы уравнений вязких двухжидкостных сред (1), (2), которое в ряде случаев позволяет получить аналитический вид решения задачи для более сложных моделей строения различных областей тектоносферы Земли.

2. Постановка задачи

Требуется найти $\mathbf{u}_i(\mathbf{x})$ ($i = 1, 2$), и $p(\mathbf{x})$ решение системы уравнений (1), (2) для некоторой произвольной ограниченной области $\Omega \subset R^3$ — трехмерное евклидово пространство. Предположим, что искомые функции $\mathbf{u}_i(\mathbf{x})$ ($i = 1, 2$) и $p(\mathbf{x})$ удовлетворяют условиям на бесконечности:

$$\mathbf{u}_i(\mathbf{x}) = O(|\mathbf{x}|^{-1}), \quad p(\mathbf{x}) = O(|\mathbf{x}|^{-2}), \quad \text{при } |\mathbf{x}| \rightarrow \infty \quad (i = 1, 2), \quad (3)$$

где $|\mathbf{x}| = \sqrt{x_1^2 + x_2^2 + x_3^2}$.

Предположим, что функция $\mathbf{f}(\mathbf{x})$ непрерывна вместе со своими первыми производными в некоторой ограниченной области $\tilde{\Omega} \subset \Omega$ и имеет финитный носитель $\operatorname{supp} \mathbf{f}(\mathbf{x}) = \tilde{\Omega}$. Кроме того, будем считать, что области $\tilde{\Omega}$ и Ω ограничены кусочно-гладкими поверхностями $\partial \tilde{\Omega}$ и $\partial \Omega$.

Решение задачи

Применим оператор дивергенции к обеим частям первого (1) и, учитывая второе уравнение (1), получим уравнение Пуассона для давления

$$\Delta p = \rho \operatorname{div} \mathbf{f}. \quad (4)$$

Эту уравнения можно получить из системы (2). Отметим, что система (1), (2) является переопределенной системой [3].

Так как функция $\operatorname{div} \mathbf{f}$ равна нулю вне области Ω в силу финитности функции $\mathbf{f}(\mathbf{x})$, а область Ω ограничена кусочно-гладкой поверхностью $\partial \Omega$, то решение уравнения (4), удовлетворяющее при $|\mathbf{x}| \rightarrow \infty$ условиям (3), можно записать в виде

$$p(\mathbf{x}) = -\frac{\rho}{4\pi} \int_{\Omega} \frac{\operatorname{div} \mathbf{f}(\zeta)}{R(\mathbf{x}, \zeta)} d\Omega_{\zeta}. \quad (5)$$

В формуле (5) $R(\mathbf{x}, \zeta) = |\mathbf{x} - \zeta|$ – расстояние между точками $\mathbf{x}$ и ζ .

Исключая из первых уравнений (1), (2) давления, с учетом (5), получим

$$\Delta \left[\nu_1 \mathbf{u}_1(\mathbf{x}) + \frac{\rho}{8\pi} \nabla \int_{\Omega} R(\mathbf{x}, \zeta) \operatorname{div} \mathbf{f}(\zeta) d\Omega_{\zeta} \right] = -\rho \mathbf{f}(\mathbf{x}), \quad (6)$$

$$\Delta \left[\nu_2 \mathbf{u}_2(\mathbf{x}) + \frac{\rho}{8\pi} \nabla \int_{\Omega} R(\mathbf{x}, \zeta) \operatorname{div} \mathbf{f}(\zeta) d\Omega_{\zeta} \right] = -\rho \mathbf{f}(\mathbf{x}). \quad (7)$$

Система уравнений (6), (7) также являются уравнениями Пуассона относительно функции, представленных в квадратных скобках. Так как функция $\mathbf{f}(\mathbf{x})$ является финитной функцией, а искомые скорости $\mathbf{u}_i(\mathbf{x})$ ($i = 1, 2$) удовлетворяют условиям (3) на бесконечности, то решения системы уравнений (6), (7) можно представить в виде

$$\mathbf{u}_1(\mathbf{x}) = \frac{\rho}{4\pi\nu_1} \int_{\Omega} \frac{\mathbf{f}(\zeta)}{R(\mathbf{x}, \zeta)} d\Omega_{\zeta} - \frac{\rho}{8\pi\nu_1} \nabla \int_{\Omega} R(\mathbf{x}, \zeta) \operatorname{div} \mathbf{f}(\zeta) d\Omega_{\zeta}, \quad (8)$$

$$\mathbf{u}_2(\mathbf{x}) = \frac{\rho}{4\pi\nu_2} \int_{\Omega} \frac{\mathbf{f}(\zeta)}{R(\mathbf{x}, \zeta)} d\Omega_{\zeta} - \frac{\rho}{8\pi\nu_2} \nabla \int_{\Omega} R(\mathbf{x}, \zeta) \operatorname{div} \mathbf{f}(\zeta) d\Omega_{\zeta}, \quad (9)$$

с другой стороны между скоростями в силу переопределенности системы (1), (2) имеется связь [3]:

$$\nu_1 \mathbf{u}_1(\mathbf{x}) = \nu_2 \mathbf{u}_2(\mathbf{x}). \quad (10)$$

Из (8), (9) с учетом формулы Гаусса–Остроградского и силу финитности функция $\mathbf{f}(\mathbf{x})$, получим:

$$\mathbf{u}_1(\mathbf{x}) = \frac{\rho}{4\pi\nu_1} \int_{\Omega} \frac{\mathbf{f}(\zeta)}{R(\mathbf{x}, \zeta)} d\Omega_{\zeta} - \frac{\rho}{8\pi\nu_1} \nabla \int_{\Omega} (\nabla R(\mathbf{x}, \zeta), \mathbf{f}(\zeta)) d\Omega_{\zeta}, \quad (11)$$

$$\mathbf{u}_2(\mathbf{x}) = \frac{\rho}{4\pi\nu_2} \int_{\Omega} \frac{\mathbf{f}(\zeta)}{R(\mathbf{x}, \zeta)} d\Omega_{\zeta} - \frac{\rho}{8\pi\nu_2} \nabla \int_{\Omega} (\nabla R(\mathbf{x}, \zeta), \mathbf{f}(\zeta)) d\Omega_{\zeta}. \quad (12)$$

Выражения (6), (11), (12) являются решением системы уравнений (1), (2) и удовлетворяют соотношению (10).

Заключение

Построено решение для описания трехмерных стационарных течений вязких жидкостей двухскоростного континуума с равновесием фаз по давлению. Показано влияние физических плотностей фаз, объемной насыщенности веществ и вязкости составляющего двухфазного континуума на скорости течений и давления.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Артюшков Е.В. Геодинамика. – М.: Наука, 1979. – 328 с.
2. Доровский В. Н., Перепечко Ю. В. Теория частичного плавления // Геология и геофизика. 1989. № 9. С. 56–64.
3. Имомназаров Х.Х., Имомназаров Ш.Х., Маматкулов М.М, Черных Г.Г. Фундаментальное решение для стационарного уравнения двухскоростной гидродинамики с одним давлением // СибЖИМ, 2014, т. 17, № 4(60), с. 60-66.
4. Косыгин В.Ю., Пятаков Ю.В. Решение задачи динамики сильно вязких несжимаемых сред и его приложение к моделированию напряженно-деформированного состояния тектоносферы Земли // Вычислительная механика сплошных сред. – 2011. – Т. 4, № 4. – С. 42-51.

© Ж. Байшемиров, Жиан-Ган Тан, Х. Х. Имомназаров, М. Маматкулов, 2016

ВЛИЯНИЕ ИНВЕРСИИ НА ТЕЧЕНИЕ НАД ИЗОЛИРОВАННЫМ ПРЕПЯТСТВИЕМ В СТРАТИФИЦИРОВАННОЙ АТМОСФЕРЕ

Михаил Серафимович Юдин

Институт вычислительной математики и математической геофизики СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Лаврентьева, 6, старший научный сотрудник, тел (383)330-61-52, e-mail: yudin@ommfao.sscs.ru

В работе исследуется влияние включения инверсионного слоя над орографическим препятствием на распространение гравитационных течений в атмосфере, таких как холодные фронты, над этим препятствием. Моделирование проводится с помощью двумерной негидростатической модели конечных элементов, применяемой специально для атмосферных течений над крутой орографией. Показано, что введение инверсии приводит к специфическим эффектам, которые существенно замедляют скорость распространения фронта, как над препятствием, так и над плоской орографией.

Ключевые слова: инверсия, атмосферный фронт, орография, стратификация.

INFLUENCE OF INVERSION ON A FLOW OVER AN ISOLATED OBSTACLE IN A STRATIFIED ATMOSPHERE

Michael S. Yudin

Institute of Computational Mathematics and Mathematical Geophysics SB RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, 6 Lavrentieva Pr., tel. (383)330-61-52, e-mail: yudin@ommfao.sscs.ru

In this paper the influence of an inversion layer introduced above an obstacle in the atmosphere on the propagation of gravity currents such as a well formed cold atmospheric is investigated. The study is performed by simulation with a 2D non-hydrostatic finite-element model developed for for simulating flows over steep orographic obstacles of various shapes. It is shown that the introduction of the inversion later produces some specific effects that lead to a significant decrease in the front speed both for the currents over the obstacle and over flat orography.

Key words: inversion, atmospheric front, orography, stratification.

Введение

Гравитационные течения в атмосфере встречаются в самых различных формах: бризовые фронты, штормовые потоки и т. д. Среди них важную роль играют холодные фронты, которые распространяются вблизи земной поверхности и форма которых может сильно меняться под влиянием неоднородностей орографии. Важная роль атмосферных фронтов в распространении различного рода примесей в тропосфере подробно показана, например, в [8].

Для прогнозирования динамики атмосферных фронтов успешно используются математические модели. Неоднородности орографии в этих моделях обычно учитываются с помощью систем координат, основанных на преобразованиях пространственных переменных, спрямляющих орографию (см,

например, [1]). Преимущество этих преобразований состоит, главным образом, в том, что граничные условия на естественной физической нижней границе могут быть введены в модель сравнительно простым способом.

Можно показать, однако, что такие преобразования применимы только для не очень крутой орографии. Кроме того, введение орографии в модель с помощью таких преобразований может привести к вычислительной неустойчивости разностных аппроксимаций, которые были вполне устойчивы в моделях без орографии[4].

Для устранения этих препятствий кажется естественным использовать математические модели, основанные на дискретизации конечных элементов[2]. Именно такой подход используется в настоящей работе.

Уравнения модели и дискретизация

В этой работе для моделирования скоростей гравитационных течений при обтекании крутых препятствий в стратифицированной атмосфере используются уравнения Навье-Стокса для сжимаемого атмосферного потока. Сжимаемость атмосферы несущественна для моделируемых атмосферных явлений, и эта форма уравнений здесь удобна для построения эффективных вычислительных алгоритмов. Точный вид уравнений приведен в[3]. В данной работе применяется двумерный вариант модели с пространственной дискретизацией конечных элементов [2]. Дискретизация по времени проводится в форме [5] и приведена также в работе[3].

Распространение холодного фронта в атмосфере с инверсионным слоем

Приведем здесь результаты введения инверсионного слоя на расчеты скоростей гравитационного течения в виде сформировавшегося холодного фронта при обтекании крутого препятствия, а также над плоской поверхностью, в стратифицированной атмосфере. Параметры моделирования взяты из работы [1] для распространения сформировавшегося холодного атмосферного фронта над орографическим препятствием в виде крутого холма аксиально-симметричной гауссовой формы высотой 600 м. Расчетная область 25 км x 2 км. В отличие от [1], где фронт порождался источником холодного воздуха, начальная форма фронта в нашей работе задавалась в виде ступенчатой функции высотой 400 м.

На рис. показано расположение инверсионного слоя над этим холмом. Всюду в атмосфере принята стандартная устойчивая стратификация 3.5 K/100 м., за исключением слоя инверсии, где стратификация 1K /100 м[1].

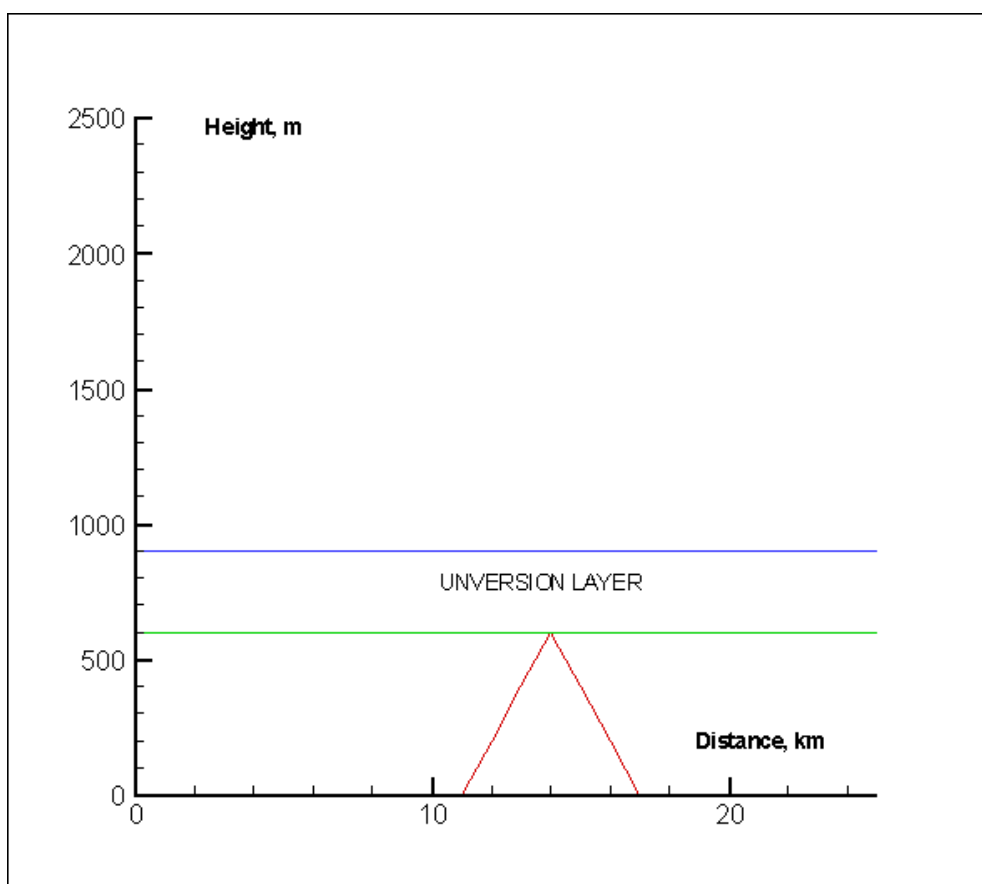


Рис. Расположение инверсионного слоя над изолированным орографическим препятствием. Устойчивая стратификация

Таблица 1

Рассчитанные значения наветренной и подветренной скоростей при распространении холодного атмосферного фронта над изолированным орографическим препятствием. Устойчивая стратификация

Высота препятствия (м)	Начальная высота фронта (м)	Стратификация	Наветренная скорость (м / сек)	Подветренная скорость (м / сек)
600	400	Без инверсии	4.9	2.7
600	400	С инверсией	4.4	2.2

Таблица 2

Рассчитанные значения наветренной и подветренной скоростей при распространении холодного атмосферного фронта над плоской орографией. Устойчивая стратификация

Высота препятствия (м)	Начальная высота фронта (м)	Стратификация	Наветренная скорость (м / сек)	Подветренная скорость (м / сек)
0	400	Без инверсии	5.1	5.1
0	400	С инверсией	4.6	4.6

Заключение

Эти расчеты показывают, что введение слоя инверсии приводит к интенсификации вертикальных скоростей и увеличению теплового потока. В результате усиливается вовлечение теплого воздуха. Все это приводит со временем к существенному замедлению скорости распространения фронта над плоской орографией. При обтекании препятствия заметно уменьшаются как наветренная так и подветренная скорости фронта. Эти выводы находятся в согласии с результатами расчетов по конечно-разностной модели с исходной генерацией фронта протяженным источником холодного воздуха [1, 6].

Работа выполнена при поддержке РФФИ (грант 14-01-00125-а) и Президиума РАН (программа I.33П).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Bischoff-Gauss I., Gross G., Wippermann F. Numerical studies on cold fronts. Part 2: Orographic effects on gravity flows // Meteorol. Atmos. Phys- 1989- V.40. - P.159--169.
2. Yudin M.S., Wilderotter K. Simulating atmospheric flows in the vicinity of a water basin. // Computational Technologies. -2006- V.11, - No. 3,-P. 128-134.
3. Юдин М. С. Исследование эффектов орографии и температурной стратификации при распространении атмосферных фронтов // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2014. X Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Дистанционные методы зондирования Земли и фотограмметрия, мониторинг окружающей среды, геоэкология» : сб. материалов в 2 т. (Новосибирск, 8–18 апреля 2014 г.). – Новосибирск : СГГА, 2014. Т. 1. – С. 146–150.
4. Yudin, M.S. Estimation of topography constraints on the stability of mountain wave simulation // Bull. Nov. Comp. Center, Num. Model. in Atmosph., – 2004. – V.9. – P. 51–56.
5. Ikawa M. Comparison of some schemes for non-hydrostatic models with Orography //J. Meteor. Soc. Japan. -1988- V. 66,- No. 5,- P. 753-776.
6. Юдин М. С. Расчет скоростей гравитационных течений при обтекании крутых препятствий в стратифицированной атмосфере // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2015. XI Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Дистанционные методы зондирования Земли и фотограмметрия, мониторинг окружающей среды, геоэкология» : сб. материалов в 2 т. (Новосибирск, 13–25 апреля 2015 г.). – Новосибирск : СГУГиТ, 2015. Т. 1. – С. 116–119.
7. Bischoff-Gauss I., Gross G., Numerical studies on cold fronts. Part 1: Gravity flows in a neutral and stratified atmosphere//Meteorol. Atmos. Phys- 1989- V.40. - P.150--158.
8. Белан Б.Д. Озон в тропосфере,Томск:ИОА,2010.-С.488.

© М. С. Юдин, 2016

ОСНОВНЫЕ ЭТАПЫ СОЗДАНИЯ КАРТЫ ПОЧВЕННО-РЕСУРСНОГО ПОТЕНЦИАЛА НА ПРИМЕРЕ НОВОСИБИРСКОЙ ОБЛАСТИ

Надежда Ивановна Добротворская

Сибирский научно-исследовательский институт земледелия и химизации сельского хозяйства, 630501, Россия, Новосибирская область, Новосибирский район, п. Краснообск, а/я 356, доктор сельскохозяйственных наук, зав. лабораторией рационального землепользования, тел. (383)348-06-55, e-mail: dobrotvorskaya@mail.ru

Светлана Юрьевна Капустянчик

СибНИИРС – филиал ИЦиГ СО РАН, 630501, Россия, Новосибирская область, Новосибирский район, п. Краснообск, ул. С-100, зд. 21, а/я 375, старший научный сотрудник, тел. (952)944-50-38, e-mail: kapustjanchiksv@mail.ru

Разработаны основные этапы создания карты почвенно-ресурсного потенциала на примере Новосибирской области. Приведен перечень показателей ресурсного потенциала агроландшафтов исследуемой территории для разработки и реализации адаптивно-ландшафтной системы земледелия с целью рационального использования земли. Данная методика моделирования ресурсного потенциала территории, реализованная на примере почвенной карты Новосибирской области, рекомендуется при оценке ресурсного потенциала территории Западной Сибири.

Ключевые слова: ресурсный потенциал, структура почвенного покрова, агроландшафт, цифровое картографирование, база данных.

BASIC DESIGNING STAGES OF MAP OF SOIL-RESOURCE POTENTIAL IN THE NOVOSIBIRSK REGION

Nadezhda I. Dobrotvorskaya

The Siberian research institute of soil management and chemicalization of agriculture, 630501, Russia, Novosibirsk region, Krasnoobsk, the doctor of agricultural sciences, head of laboratory, tel. (383)348-12-62, e-mail: dobrotvorskaya@mail.ru

Svetlana Yu. Kapustyanchik

The Siberian research institute of plant and selection, 630501, Russia Novosibirsk region, Krasnoobsk, the candidate of biological sciences; the research associate, tel. (383)348-12-62, e-mail: kapustjanchiksv@mail.ru

Basic designing stages of map of soil resource potential in the Novosibirsk region are developed. The indicators of resource agrolandscapes potential are presented. It is necessary for the development and implementation of adaptive-landscape system of agriculture. The goal of the study is the rational use of land. The method of the modeling of soil resource potential in the Novosibirsk region is recommended for resource potential assessment of Western Siberia.

Key words: resource potential, structure of soil cover, agrolandscape, digital mapping, data base.

К числу важнейших категорий природопользования относится природно-ресурсный потенциал. Определению и анализу этого понятия посвящены

работы Бакланова П.Я., Минц А.А., Рюмина В.В., Черныша А. Ф. [1, 2, 3, 4]. В настоящее время существует ряд подходов к оценке природно-ресурсного потенциала: экономический, социальный, производственный, физико-географический и комплексный. Основными результатами экономической оценки являются количественные показатели величины и использования потенциала на базе единого критерия, системно-структурный анализ, оценка ситуации в области охраны и возобновления природных ресурсов. В социальных оценках потенциала видное место принадлежит медико-биологическим и социальным критериям. Технологические оценки используются при решении проектных, плановых и конструкторских задач в строительстве, рекреационном хозяйстве и других отраслях [5]. В физико-географических оценках основное внимание уделяется характеристике, сравнению, классификации и районированию компонентов природно-ресурсного потенциала по их фактической качественной структуре на ландшафтном уровне [3]. При анализе литературных источников отмечается разнообразие подходов, терминов и трактовок, способов расчета показателей, которые применяются при проведении экологических исследований. При этом каждый из подходов требует адаптации к конкретным территориям и условиям.

Рациональное землепользование, сохранение почвенного плодородия, повышение производительной способности почв невозможно без объективной оценки их ресурсного потенциала [6]. Разнообразие почвенно-земельных ресурсов Новосибирской области (НСО) при существенных различиях в природных условиях районов обуславливает необходимость дифференцированного подхода к оценке территории. В связи с этим на первый план выходят проблемы оценки ресурсного потенциала территории, включающего в себя не только продуктивность земель относительно сельскохозяйственных культур, но и устойчивость компонентов ландшафта к агрогенному воздействию.

Основными этапами оценки почвенно-ресурсного потенциала являются качественная и количественная оценка состояния всех элементов агроландшафта, влияние которых отражается на состоянии почвенного покрова. Почвенный покров НСО характеризуется типовым многообразием почв. Для их рационального использования необходима информация о таких важных показателях плодородия как мощность гумусового горизонта, содержание гумуса, тип засоления, гранулометрический состав почвообразующих пород и др. Для систематизации данной информации, ее обработки и анализа наиболее оптимальным является использование ГИС-технологий. Развитие информационных технологий позволяет на основе полученной многогранной информации о состоянии агроландшафтов создавать компактные программные продукты с структурированной, иерархически организованной информацией. Одним из видов таких продуктов является тематическая электронная карта. Однако еще не решены проблемы методологии создания таких карт для различных типов агроландшафтов. Поэтому исследование, направленное на выявление

принципов организации информации о характеристиках ресурсного потенциала агроландшафтов, является актуальным.

Цель исследований заключается в разработке основных этапов создания карты почвенно-ресурсного потенциала на примере Новосибирской области. Задачи исследований: разработать перечень и ранжирование показателей оценки ресурсного потенциала агроландшафтов. Объектом исследования является территория НСО с почвенно-экологическими районами в административных границах. Методы исследований: сравнительно-географический, статистико-картометрический.

Система оценки земель любой территории должна соответствовать ресурсному потенциалу земель, под которым понимается устойчивость агроландшафтов без дополнительных вложений, а вероятность возникновения нежелательных экологических последствий стремится к нулю [7].

Для оценки земель весьма актуальна проблема сбора, обработки и хранения информации. Технология анализа, переработки и хранения компьютерной информации в ГИС требует определенной формы систематизации описаний

в виде специфической базы данных (БД), под которой подразумевается составление электронных карт, создание и ведение атрибутивной информации, содержащей сведения о площади, типе использования земель, основных химических и физико-химических параметрах почв, потенциальной урожайности каждого почвенного выдела и т.п. Она может быть представлена в текстовой

и табличной форме, что позволяет оперативно отслеживать все происходящие на исследуемой территории изменения. База данных является основой для дальнейшего анализа и создания новой преобразованной информации.

С этой целью на территорию Новосибирской области была составлена серия электронных карт (почвенная, топографическая, агроландшафтная и др.). Процесс создания электронной карты складывается из нескольких этапов: подготовительный, создание цифровой карты, наполнение базы данных атрибутивной информацией.

Картографической основой для создания почвенной электронной карты Новосибирской области была использована Почвенная карта масштаба 1:400000 [8]. Сканирование исходной бумажной основы было проведено с помощью планшетного сканера. Преобразование растрового изображения в графические форматы jpg проведено в программе Photoshop. Привязка растрового изображения выполняется как карта-схема в условной системе координат.

Процесс компьютерного картографирования почвенного покрова начинается с создания электронной почвенной карты, которая предполагает предварительную оцифровку топографических карт того же масштаба. Получение электронной цифровой картоосновы почв считается законченным тогда, когда все элементы карты согласно тематическим электронным слоям будут оцифрованы, т.е. проведено семантическое описание объектов и сбор

геометрии объектов. Электронные слои объединяют объекты по единообразности смыслового содержания информации.

Электронная карта включает следующие самостоятельные слои: 1. Почвы - для хранения информации об элементарных почвенных ареалах (ЭПА) и почвенных комбинациях; 2. Дороги - для хранения информации о дорожно-транспортных путях, которая необходима при планировании посевных территорий; 3. Населенные пункты - для хранения информации о населенных пунктах; 4. Гидрография - для хранения информации о водотоках; 5. Другие - для хранения информации об объектах других категорий.

После оцифровки и описания объектов выполняется формирование атрибутики объектов. Для каждого слоя создается своя база данных, куда заносится атрибутивная информация об объекте. Данные вводятся отдельно на каждый объект. В каждом электронном слое при описании объектов создаются поля атрибутов объекта с указанием типа локализации.

Электронная версия карты реализована средствами программного продукта MapInfo. Основной слой карты содержит большое количество региональных элементов, каждый из которых соответствует одному элементарному ареалу с близкими агроэкологическими параметрами.

Следующий этап создания электронной карты Новосибирской области состоял в формировании информационного слоя карты. Для однозначной идентификации каждому отдельно взятому элементарному ареалу на электронной карте, то есть к каждому объекту слоя «Почвы», были присвоены уникальный номер (ID) и строка параметров, которая содержит полную информацию об агроэкологических параметрах элементарного ареала. Структуру строки параметров в общем виде можно представить в виде 1.2.3.4.5.6.7.8.9..., где каждая из цифровых позиций обозначает следующее: а) для минеральных почв: 1 – почвенный индекс, 2 - наименование почвы, 3 – глубина грунтовых вод, 4 – физическая глина, 5 – илистая фракция, 6 – объемная масса, 7 - мощность гумусового горизонта, 8 – содержание гумуса, 9 – pH водная, 10 – pH солевая, 11 – сумма обменных оснований, 12 – ЕКО, 13 – степень насыщенности основаниями, 14 – Са обменный, 15 – Mg обменный, 16 – Na обменный, 17 – сумма солей, 18 – N общий, 19 – P валовый, 20 – K подвижный; б) для органогенных почв: 1 – почвенный индекс, 2 - наименование почвы, 3 – глубина грунтовых вод, 4 – твердая фаза, 5 – объемная масса, 6 – степень разложения, 7 – pH водная, 8 – pH солевая, 9 – сумма обменных оснований, 10 – ЕКО, 11 – степень насыщенности основаниями, 12 – Са обменный, 13 – Mg обменный, 14 – Na обменный, 15 – сумма солей, 16 – N общий, 17 – P валовый, 18 – K подвижный. Такой набор характеристик каждого элементарного ареала на карте позволяет с разных позиций анализировать пригодность выбранной посевной территории для той или иной сельскохозяйственной культуры.

Создание информационного слоя карты ГИС и привязка атрибутивной информации к каждому из объектов слоя «Почвы» позволяет воспроизводить

различные варианты тематических закрасок карты, облегчающих визуальную оценку преобладания элементарных ареалов с теми или иными наборами агроэкологических параметров. Таким образом, созданный блок ГИС-системы является базовым для дальнейшей оценки ресурсного потенциала территории.

Вся информация по почвенным контурам исследуемой территории была перенесена в итоговую карту, для которой была составлена легенда. Входными данными для единой почвенной карты служит слой границ почвенных разновидностей, полученный путем оцифровки почвенной карты Новосибирской области. Для создания единой почвенной электронной карты использовалась Классификация почв СССР 1977 года [9].

Важнейшим резервом повышения эффективности использования ресурсного потенциала территории является система адаптивно-ландшафтного земледелия. Эта система определяет реальные пути стабилизации почвенных ресурсов с учетом возможностей ведения сельскохозяйственного производства и рациональных севооборотов для той или иной агроландшафтной группы. Поэтому следующая работа состояла в создании тематических карт по таким значимым почвенным показателям, как мощность гумусового горизонта, содержание гумуса в почве, засоленность. Для градации почвенных показателей использовалась Классификация почв России 2004 года [10].

Выполнение определенных операций позволяет создать любую тематическую карту с заданными диапазонами в заданной цветовой гамме – это может быть карта гранулометрического состава почв, карта мощности гумусового горизонта, карта солонцеватости почв, карта засоленности почв и др.

Карта гранулометрического состава почв имеет важное значение при подборе культур, а также при выборе системы обработки почвы. Карта солонцеватости почв отображает комплексы почв с различным участием солонцов, а также сочетания и вариации несолонцеватых почв и почв различной степени солонцеватости. Используется для подбора культур в соответствии с группировками растений по солонцеустойчивости. Карта засоленности почв используется для подбора культур в соответствии с региональными шкалами солеустойчивости растений и для дифференциации агротехнологий. Карты содержания гумуса, кислотности, содержания подвижных фосфора и калия используются для расчета доз мелиорантов и удобрений. Путем взаимного наложения перечисленных электронных карт-слоев получают электронную карту агроэкологических групп и видов земель. Каждый контур этой карты содержит в семантике информацию по агроэкологическим параметрам земель, начиная с теплообеспеченности и влагообеспеченности. Данная карта, названная нами «Агрландшафты», является основой для проектирования адаптивно-ландшафтных систем земледелия и агротехнологий применительно к различным агроэкологическим группам земель (плакорным, полугидроморфным, эрозионным, солонцовым, переувлажненным, литогенным и др.). Этот процесс начинается с создания карт пригодности земель под культуры, востребованные на рынке. Для этого

экологические требования культур сопоставляются с агроэкологическими параметрами земель по каждому виду (контуру карты агроэкологических групп и видов земель) [11, 12, 13].

Создание карты почвенно-ресурсного потенциала основывалось на справочных данных, хранящихся в базе данных (БД), а процесс моделирования основывался на комплексном использовании программно-инструментальных средств ГИС и внешней специализированной БД. Наложение карт почвенного покрова и агроландшафтов позволило получить итоговый слой «Почвы+Агроландшафты», который представляет собой набор минимальных контуров. Параллельно идет наложение всех карт по различным типам почвенных показателей. В результате пересечения почвенной карты, карты агроландшафтов и тематических карт почвенных показателей образуется слой минимальных контуров, принятый за таксономическую основу карты почвенно-ресурсного потенциала.

Таким образом, проект карты на территорию Новосибирской области представляет собой комплексную карту, отражающую ресурсный потенциал агроландшафтов. Так как карта почвенно-ресурсного потенциала территории создается на основе обобщенных данных, то благодаря большому объему данных на территорию полученный результат дает более адекватную оценку комплексного состояния территории.

ВЫВОДЫ

Оценка потенциала почвенно-земельных ресурсов территории Новосибирской области определяет структуру направлений соответствующего адаптивно-ландшафтного использования территории. ГИС являются эффективным инструментом на всех этапах оценки почвенно-ресурсного потенциала, позволяя создавать базу данных для одновременного многофакторного анализа результатов исследований. Подобный системный подход существенно упрощает территориальное проектирование рационального землепользования и открывает возможность разработки типовых решений в использовании потенциала почвенно-земельных ресурсов. Разработанная методика моделирования почвенно-ресурсного потенциала территории, реализованная на примере Новосибирской области, рекомендуется для использования при оценке ресурсного потенциала территории Западной Сибири. Карта почвенно-ресурсного потенциала Новосибирской области необходима также для разработки проектов адаптивно-ландшафтных систем земледелия в конкретных землепользованиях для целей рационального использования земель.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Региональное природопользование: методы изучения, оценки и управления. Учеб. пособие / П.Я Бакланов и др. – М.: Логос, 2002. – 158 с.
2. Минц А.А., Кахановская Т.Г. Опыт количественной оценки природно-ресурсного потенциала районов СССР // Изв. АН СССР. Сер. География. – 1973. – №5. – С. 78-91.

3. Рюмин В.В. опыт оценки природного потенциала ландшафта // География и природные ресурсы. – 1984. – №4. – С. 125-131.
4. Черныш. А. Ф., Радюк А. Э., Клус А. А. Методические подходы к оценке потенциала почвенно-земельных ресурсов эрозионных и заболоченных агроландшафтов // Почвоведение и агрохимия. – 2008. – № 1 (40).– С. 40-50.
5. Грищенко Н.Д. Геоэкологическая оценка природно-ресурсного потенциала озерных геосистем Белорусского Поозерья // Земля Беларуси. – 2012. – №3. – С. 25-31.
6. Черныш А.Ф., Романова Т.А., Червань А.Н., Касьянчик С.А. Оценка ресурсного потенциала почвенно-земельных ресурсов сельскохозяйственных организаций Беларуси с применением ГИС и использование ее результатов при оптимизации землепользования // Весці нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. – Мінск, Серыя аграрных навук. – 2011. – № 3. – С. 10-20.
7. Савин И.Ю., Федорова Е.Г. Геоинформационный анализ ресурсного потенциала земель для сельскохозяйственных целей // Современные проблемы почвоведения: Науч. тр. почв. ин-та им. В.В.Докучаева. – М. – 2000. – С.144-155.
8. Почвенная карта Новосибирской области. М-б 1:400000. Под ред. Ковалева Р.В. - Новосибирск, 1987.
9. Классификация и диагностика почв СССР. – М.: Колос. – 1977. – 224 с.
10. Классификация и диагностика почв России / Л.Л. Шишов, И.И. Лебедева, М.И. Герасимова. – Смоленск: Ойкумена. – 2004. – 342 с.
11. Кирюшин В.И. Опыт агроэкологической оценки земель для проектирования адаптивно-ландшафтных систем земледелия в АГРОГИС / В.И. Кирюшин, Н.Н. Дубачинская, А.В. Трубников, О.В. Галактионова // Геоинформационные технологии в сельском хозяйстве: материалы международной научно-практической конференции. – Оренбург:ОГАУ. – 2013 г. – С.4-6.
12. Дубачинская, Н.Н. Оптимизация севооборотов и агротехнологий на малосолонцовых землях Южного Урала / Н.Н. Дубачинская, А.С. Верещагина, В.А. Африн, С.Н. Дубачинский // Современные технологии в сельском хозяйстве. Материалы межд. науч.-практ. конф.– Оренбург. – 2007. С.314–328.
13. Кирюшин В. И. Агрономическое почвоведение // М. Колос: С. – 2010.– 688 с.

© Н. И. Добротворская, С. Ю. Капустянчик, 2016

ГУМУС И АНТРОПОГЕННЫЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ

Борис Максимович Кленов

Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Лаврентьева, 8/2, доктор биологических наук, старший научный сотрудник; Сибирский государственный университет геосистем и технологий, профессор кафедры экологии и природопользования, тел. (913)956-19-88, e-mail: kbm1825@ngs.ru

Аналитический обзор собственных и литературных материалов по проблеме реакции гумуса на различные антропогенные воздействия. Показано усиленное окисление гумуса в результате распашки почв, а также возрастание потерь гумуса при орошении почв. Приведены примеры взаимодействия гумуса с некоторыми удобрениями и пестицидами. Рассмотрены вопросы видоизменения гумуса при загрязнении почвы нефтью, а также при лесных пожарах.

Ключевые слова: гумус, антропогенные воздействия, распашка почв, окисление, орошение, удобрения, загрязнение почв, лесные пожары.

HUMUS AND HUMAN IMPACT

Boris M. Klenov

Institute of Soil Science and Agrochemistry of SB RAS, 630099, Russia, Novosibirsk, 18 Sovietskaya St., leading researcher; Siberian State University of Geosystems and Technologies, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St, professor, tel. (383)222-76-36, e-mail: kbm1825@ngs.ru

Analytical review of own and literature data on problem of response of humus at different human impact. It was shown the acceleration of humus oxidation at soil development as well as increase in humus losses on soil irrigation. The examples were considered concerning interaction of humus with some fertilizers and pesticides. The problems were considered concerning humus modification at oil pollution of humus and forest fires.

Key words: humus, human impact, soil ploughing, oxidation, irrigation, fertilizers, soil pollution, forest fires.

Известно, что антропогенное воздействие на почву - многоплановое явление. Это - распашка земель и как следствие ее усиление водной и ветровой эрозии, вырубка лесов, пожары, добыча полезных ископаемых, изъятие земель под строительство, ненормированное применение минеральных удобрений, ненормированное орошение или осушение почв, применение для орошения почв неудовлетворительно очищенных вод стока промышленных и сельскохозяйственных предприятий, выбросы промышленных предприятий, кислотные дожди, нефтяные разливы, поступление в почву тяжелых металлов, детергентов, пестицидов и др. Одним из сильно уязвимых компонентов почвы является гумус, многие механизмы реагирования которого на различные антропогенные воздействия остаются невыясненными. Самый древний и более всего изученный антропогенный пресс на почву – это её распашка и длительное использование

в земледельческой практике. В этом случае механизмы, которые управляют потерей гумуса при использовании почв, представляются яснее всего, поскольку вопросы биологического круговорота изучены довольно обстоятельно. При обработке почвы потеря гумуса связана с его повышенным окислением, что по существу и представляет собой биологические потери гумуса. При развитии эрозионных процессов к биологическим потерям гумуса добавляются эрозионные. Причина эрозионных потерь заключается в эрозионной опасности территории, которая проявляется в расчлененности рельефа. Достаточно ярким примером эрозионно опасной территории в Западной Сибири является Приобское плато и Присалаирская дренированная равнина [4]. Здесь в отсутствии эрозии потери гумуса составляют 20-25% примерно за 100-летний период земледельческой практики, на эрозионно опасных участках они достигают 30-40%.

Значительно сложнее ситуация в почвах, находящихся под влиянием орошения. Гумусовый статус в этом случае определяют не только процессы окисления и эрозии, но и свойства поливной воды, нормы ее расхода и нередко проявляющаяся ирригационная эрозия. Потери гумуса могут возрастать значительно при введении орошения. На примере выщелоченных черноземов Приобья можно отметить, что орошаемое земледелие является более деструктивным фактором по отношению к гумусу, нежели неорошаемое. На орошаемых участках за столетие, в течение которого почва была под влиянием орошения 30 лет, потери гумуса составили 40%, тогда как на орошаемых около 25%. Следует отметить, что не только нерегулярное применение органических удобрений послужило одной из причин падения плодородия выщелоченных черноземов. Представляется, что основная причина заключается в том, что на орошаемых участках значительно проявляется ирригационная эрозия, чему способствует слабая водопроницаемость почв и наличие микрозападин в рельефе. Кроме того, в случае поливных вод, обладающих щелочной реакцией и, следовательно, способностью в той или иной мере растворять гумусовые вещества, может иметь место также потеря гумуса.

При земледельческой практике воздействие на гумус оказывают также и минеральные удобрения. Общеизвестные издавна применяемые минеральные удобрения, которые должны вноситься в почву только с учетом потребностей в них растений, могут оказываться при ненормированном внесении или загрязнителями почв, или разрушителями её органического вещества. Взаимодействие минеральных удобрений с гумусовыми компонентами также неоднозначно, что зависит от природы минерального удобрения как минеральной соли. Например, селитры – нейтральные соли безопасны при нормированном внесении. Вместе с тем мочевины (карбамид аммония) при щелочной реакции вызывает потерю гумусовых кислот в виде воднорастворимых солей, в случае же нитрификации ее в кислой среде потери гумусовых кислот не происходят. Цианамид кальция, как правило, содержащий в значительном количестве примесь СаО и образующий при гидролизе гидроксид кальция, создает в почве щелочную

реакцию и растворяет гумусовые кислоты. Аналогичное действие оказывает также другая гидролитически щелочная соль – нитрат аммония. Однако хлорид и сульфат аммония как гидролитически кислые соли и физиологически кислые удобрения с гумусовыми кислотами не взаимодействуют и не вызывают негативных последствий, но при ненормированном внесении происходит их физическая сорбция и загрязнение органоминеральных коллоидов. Ненормированное внесение калийной соли приводит к вытеснению калием кальция из гумусовых кислот, образующиеся при этом их калиевые соли как соли щелочного металла способны мигрировать за пределы гумусового профиля. Что касается фосфорных удобрений, то гумусовые кислоты устойчивы к их действию, т.к. Са растворимых их форм вступает в гумусовую часть ППК, обуславливая стабилизацию гумусовых кислот. Так, CaCO_3 , служащий для известкования кислых почв, вытесняет водород из карбоксильной и фенолгидроксильной групп гумусовых кислот по обменному типу. При известковании устраняется не только обменная и значительная часть гидролитической кислотности, но и не повреждается гумусовая часть почвы. Таким образом, известкование представляет собой экологически безопасный прием. При другом мелиоративном приеме, гипсовании солонцовых почв, как и при известковании кислых, кальций гипса в данном случае, замещает по обменному типу натрий в карбоксильных и гидроксильных группах подвижных (свободных) форм гумусовых кислот, образуя комплексные гетерополярные соли и пополняя при этом фонд кальциевых солей гумусовых кислот. По реакции обмена образуется сульфат натрия – гидролитически нейтральная соль, к которой гумусовые вещества индифферентны. Таким образом, гипсование по отношению к гумусовой части почв также представляет собой экологически безопасный прием. Подробнее механизмы взаимодействия удобрений и мелиорантов с гумусовыми кислотами приведены были ранее [2].

Актуальной остается проблема загрязнения почв пестицидами вследствие их взаимодействия с гумусовыми веществами. Дело в том, что по своей природе большинство пестицидов, имеющих в своем строении бензольное кольцо, обладает сродством с гумусовыми кислотами. И в тех и других соединениях имеются функциональные группы, которые в значительной степени обуславливают их взаимодействие. Имеет место также сорбция пестицидов гумусовыми кислотами и образование соединений по типу катионного обмена между пестицидами и гумусовыми веществами [6]. Так или иначе, но за счет сродства эти соединения могут «встраиваться в структуру друг друга». Поэтому общеизвестное медленное разложение пестицидов в почве объясняется не только биологической их устойчивостью, но и способностью образовывать устойчивые к разложению комплексы с гумусовыми кислотами.

Следует также остановиться на загрязнении гумусовых веществ в процессе деятельности человека, не связанной с земледелием. Известно, что в районах добычи и транспортировки нефти загрязняются большие территории. При этом

в почву поступают органические вещества, отличные по происхождению и свойствам от органического вещества почв. Основными отличительными особенностями соединений нефти является их предельная ненасыщенность и гидрофобность. Происходящие при нефтяном загрязнении трансформационные и миграционные процессы поступивших в почву органических веществ изменяют физико-химические и биологические свойства почв. Именно за счет органической природы нефтяных соединений особый интерес представляет изучение их влияния на органическое вещество почвы. Установлено, что в процессе трансформации нефтяных соединений в почве наблюдалась тенденция накопления ароматических конденсированных углеводов с более высокой степенью водородной насыщенности [1]. Кроме того, нефтяное загрязнение приводит и к изменению группового и фракционного состава гумуса, в частности, к увеличению количества гуминовых кислот. Такие изменения в составе органического вещества можно было бы оценивать как улучшение гумусного состояния почв. Однако это изменение вызвано не формированием гумусовых веществ, а переходом в эти фракции соединений нефти, поэтому нельзя отождествлять органическое вещество, его групповой и фракционный состав в фоновых и нефтезагрязненных почвах. В последних образуются углеводородно-гуминовые ассоциаты, прочно адсорбированные твердой фазой почвы. Образование таких ассоциатов подтверждается увеличением коэффициентов экстинкции гуминовых кислот нефтезагрязненных почв и увеличением выхода среднемолекулярных фракций по сравнению с фоновыми почвами.

В последние два десятилетия в литературе стали обращать усиленное внимание на такой фактор как лесные пожары, которые, как известно, имеют естественное и антропогенное происхождение. При пожарах сильной интенсивности почва впадает в анабиоз в связи с полной гибелью биоты и сгоранием гумуса. При слабой и средней интенсивности биота частично сохраняется

и может восстановиться в течение нескольких десятилетий, но гумусовая её часть становится полностью инертной в связи с утерей боковых активных групп в составе гумусовых кислот соединений [6]. Окисление органического вещества почв при лесных пожарах протекает ускоренно при высоких температурах и, как правило, при недостатке кислорода. Изменения свойств почв, видимо, зависят от интенсивности лесных пожаров, но изменения структуры органической части протекают в любом случае. В частности, снижение азотного уровня почв, т.е. повышение олиготрофности почв в отношении азота показано на примере низовых пожаров [3]. Потеря части функциональных групп приводит к изменению коллоидно-химических свойств «пироморфных» гумусовых кислот – к снижению катионо-обменной способности и физиологической активности [5]. Биологические потери гумуса из почв, естественно, процесс негативный, но он представляется менее серьезным экологическим бедствием, чем эрозионные потери и чем негативные изменения в структуре его компонентов. Плодородие почв прежде всего

определяется не столько количеством гумуса, сколько его качеством и структурой основных компонентов. Снижение катионообменных свойств, например, - более опасное явление, нежели снижение количества гумуса, поскольку при этом происходит превращение гумусовых кислот в инертные формы, т.е. их диагенез.

Таким образом, вышеприведенные далеко не все примеры показывают, что гумусовая часть почвы как сложная система природных полимеров кислотной природы по-разному реагирует на различные антропогенные факторы

и при решении экологических задач прогнозного характера необходимо принимать во внимание как природу гумуса, так и особенности типов антропогенного пресса.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Влияние нефтяного загрязнения на свойства органического вещества серо-бурых почв / Е. А. Бочарникова, Я .М. Амосова // Проблемы антропогенного загрязнения. Междунар. конф. (Москва, 16-21 июня 1997), М.: 1997. С. - 135-137.
2. Кленов Б. М. Устойчивость гумуса автоморфных почв Западной Сибири. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, филиал «ГЕО», 2000. – 176 с.
- 3 Сорокин Н.Д., Евграфова С.Ю., И.Д. Гродницкая. Влияние низовых пожаров на биологическую активность криогенных почв Севера Сибири // Почвоведение. 2000. - № 3. – С. -15-319.
4. Танасиенко А.А., Путилин А.Ф. Экологические аспекты проблемы эрозии почв // Сибирский экологический журнал. 1994. - Т. 1. - № 1. - С. 85-194.
5. Особенности современных процессов трансформации органического вещества и его экологический потенциал в антропогенно преобразованных почвах / С. Н. Чуков // Проблемы антропогенного почвообразования. – М., 1997. – Т. 3. – С. 119-123.
6. Almendros G., Gonzalez-Vila F.J. Wildfires, soil carbon balance and resilient organic matter in Mediterranean ecosystems. A review. // Spanish J. Soil Sci. - 2012. V. 2. - N 2. P. - 8-33.

© Б. М. Кленов, 2016

ПОДГОТОВКА БАКАЛАВРОВ НАПРАВЛЕНИЯ «ЭКОЛОГИЯ И ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ» В УСЛОВИЯХ ВВЕДЕНИЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ СТАНДАРТОВ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Людмила Константиновна Трубина

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плеханова, 10, доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой экологии и природопользования, тел. (383)361-09-11, e-mail: lab.ite@ssga.ru

Геннадий Павлович Мартынов

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плеханова, 10, доцент кафедры высшей математики, тел. (383)343-25-77, e-mail: martynov@ssga.ru

В данной статье анализируются сложности и проблемы подготовки бакалавров экологии и природопользования, связанные со вступлением в законную силу Федерального закона о поэтапном введении профессиональных стандартов в Российской Федерации.

Ключевые слова: экология, природопользование, подготовка бакалавров, профессиональные стандарты.

PREPARATION OF BACHELORS OF DIRECTION «ECOLOGY AND LAND MANAGEMENT» IN THE ADMINISTRATION OF PROFESSIONAL STANDARDS IN THE RUSSIAN FEDERATION

Lyudmila K. Trubina

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., Ph. D., Prof., head of the Department Ecology and Land Management, tel. (383)361-09-11, e-mail: lab.ite@ssga.ru

Gennadiy P. Martynov

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., Assoc. Prof. of the Department of Higher Mathematics, tel. (383)343-25-77, e-mail: martynov@ssga.ru

The article analyzes the difficulties and problems of preparations of bachelors of ecology and land management related to entering into legal force of the Federal law on stage-by-stage introduction of professional standards in the Russian Federation.

Key words: ecology, land management, preparation of bachelors, professional standards.

Одной из особенностей подготовки специалистов в области экологии и природопользования является исключительная динамичность и изменчивость объектов профессиональной деятельности, поскольку постоянно разрабатываются и внедряются новые технологии исследования окружающей среды, изменяется природоохранное законодательство. С учетом направлений государственной политики в области образования, отраженных в

Государственной программе РФ «Развитие образования» на 2013-2020 гг., и введением в текущем году в законную силу Федерального закона № 122-ФЗ «О внесении изменений в Трудовой кодекс РФ и статьи 11 и 73 Федерального закона «Об образовании в РФ» требуется решение ряда проблем подготовки бакалавров по направлению «Экология и природопользование».

Прежде всего, это модернизация основной образовательной программы в связи с переходом на новые образовательные стандарты, в которых квалификационная характеристика выпускника детализирована до двух самостоятельных квалификаций – академический и прикладной бакалавр с разными наборами компетенций, и выделение компетенций, обеспечивающих целенаправленную подготовку к одному из видов деятельности.

Второй аспект связан с законом № 122, где предусмотрены обязательные для работодателей формы введения и применения профессиональных стандартов на всей территории РФ. С 01.07.2016 он обязателен для применения государственными внебюджетными фондами РФ, государственными или муниципальными учреждениями, государственными или муниципальными унитарными предприятиями, а также государственными корпорациями, государственными компаниями и хозяйственными обществами, более 50 процентов акций (долей) в уставном капитале которых находится в государственной собственности или муниципальной собственности. Затем до 2020 г. последует введение этого Закона для всех предприятий и организаций, расположенных на территории России.

Профессиональный стандарт придуман в качестве одного из механизмов регулирования рынка труда. Работодатель становится полномочным для проверки соответствия образования, квалификации и профессиональных навыков работника требованиям профессионального стандарта той или иной должности, которую занимает работник или планирует занять.

При несоответствии параметров работодатель вправе объявить конкурс на имеющиеся должности и взять на работу или службу более подходящего сотрудника. При этом сотрудники, чьи профессиональные параметры не соответствуют установленным требованиям, могут сами заранее повысить свою квалификацию за свой счёт, либо (по согласию с организацией) за счёт предприятия или организации.

Например, в соответствии с единым квалификационным справочником (ЕКС) имеются следующие требования к должностям:

1) инженер по охране окружающей среды (эколог) I категории: высшее профессиональное образование и стаж работы в должности инженера по охране окружающей среды (эколога) II категории не менее 3 лет;

2) инженер по охране окружающей среды (эколог) II категории: высшее профессиональное образование и стаж работы в должности инженера по охране окружающей среды (эколога) не менее 3 лет.

3) инженер по охране окружающей среды (эколог): высшее профессиональное образование без предъявления требований к стажу работы.

На настоящий момент нет утвержденных ни профессиональных стандартов, ни образовательных стандартов. Проект федерального государственного образовательного стандарта высшего образования подготовки бакалавров по направлению 05.03.06 имеется в Интернете с 2013 г. Их отсутствие вызывает сложности по совершенствованию подготовки бакалавров и далее – магистров направления 05.03.06 «Экология и природопользование».

Для получения квалифицированного (соответствующего требованиям профессиональных стандартов) выпускника СГУГиТ, должна быть выстроена система, обеспечивающая конкурентно способного и умеющего быстро переучиваться в условиях постоянно меняющегося рынка труда.

Переход к образовательным стандартам нового поколения призван решать эти возникающие проблемы перехода к постоянно меняющемуся рынку труда.

В проект федерального государственного образовательного стандарта высшего образования подготовки бакалавров по направлению 05.03.06, в частности, сформулированы новые (по сравнению с 2009 г.) общекультурные, общепрофессиональные и профессиональные компетенции, которыми должен обладать выпускник бакалавриата (академического и прикладного). Анализ компетенций показывает, что на первый план выходит практико-ориентированная подготовка, базирующаяся на естественнонаучной основе. Важным является учет особенностей экологических проблем Сибирского региона, в котором работают наши выпускники.

Для учета перечисленной специфики в СГУГиТ постоянно совершенствуется основная образовательная программа по направлению «Экология и природопользование». В рамках формирования общекультурных и общепрофессиональных компетенций наряду с овладением базовыми знаниями по закономерностям и процессам в живой и неживой природе, большое внимание уделяется математической подготовке [1]. Владение математическим аппаратом обработки информации и анализа данных по экологии и природопользованию является залогом успешности будущего специалиста. Дисциплина «Математика» [2] на основе не очень сложных абстрактных задач позволяет привить студенту умение выполнять порученное задание от начала до конца в соответствии с имеющимся планом (инструкцией), при этом проявлять логическое и системное мышление для анализа задания и хода выполнения работы. Такие же навыки необходимы студенту и при выполнении заданий по его профессиональным дисциплинам. Кроме того, изучение «Математики» является базой успешного овладения современными информационными технологиями

Для усилия междисциплинарных подходов и последовательного рассмотрения экологических проблем региона перерабатывается содержание целого ряда дисциплин. Для формирования профессиональных компетенций предусмотрена «сквозная» подготовка». В частности, компетенция «владеть методами обработки, анализа и синтеза полевой и лабораторной экологической

информации и использовать теоретические знания на практике» обеспечивается рядом дисциплин, на которых студенты получают навыки использования разных программных средств по обработке информации о природной среде, включая ГИС и дистанционное зондирование. Это при согласовании рабочих программ дает хороший эффект.

Следующий подход – постановка комплексных лабораторных работ и комплексных учебных практик. Фактически это реализация метода проектного обучения, поскольку комплексная лабораторная работа основана на ее выполнении при изучении нескольких дисциплин для реализации конкретного проекта. В частности, это предусмотрено по дисциплине «экологическое проектирование и экспертиза», предусмотренной на четвертом курсе, а исходные данные в виде природно-климатических, физико-географических, гидрологических, социально-экономических характеристик исследуемого региона должны собираться во время изучения других дисциплин. Таким образом, экологическая экспертиза должна осуществляться по большому объему фактического материала. Предусмотрена комплексная учебная практика по ландшафтоведению и почвоведению.

Особое внимание в образовательной программе уделяется изучению современных достижений науки освоению информационных технологий. По ряду дисциплин разработаны задания с использованием имитационных моделей, видео-кейсов и деловых игр, при проведении лекций активно используется **интерактивная доска**. Ведется работа по разработке электронных мультимедийных учебных пособий, в том числе с визуализацией объектов в виде 3D-моделей [4]. Создание таких обучающих средств актуально, поскольку объектами изучения являются компоненты природной среды, то особую роль приобретает образная наглядная форма представления изучаемого материала.

Таким образом, в соответствии с требованиями современного законодательства в СГУГиТ по направлению подготовки бакалавров «экология и природопользование» постоянно совершенствуется реализуемая образовательная программа. Важно в процессе обучения создать у студента стремление к овладению постоянно изменяющимися знаниями и методами совершенствования профессиональных навыков и компетенций.

Желательно, чтобы студенты СГУГиТ [5] также сильно стремились в наш университет как ученица с острова Хоккайдо в Японии, ради одной которой на участке железной дороги появилась остановка у станции Ками-Сиратаки, чтобы забрать и привезти обратно одну и единственную пассажирку, которая очень хочет учиться.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Мартынов Г.П. Математика в рамках стандартов нового поколения // Единое информационно-образовательное пространство – основа инновационного развития вуза. – Сб. материалов региональной научно-методической конференции. – Новосибирск: СГГА. – 2011. – С. 49–50.

2. Мартынов Г.П. Формирование единого образовательного пространства в авторском курсе «Математика» для экологов // АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ОБРАЗОВАНИЯ. Современные тенденции формирования образовательной среды технологического университета. Междунар. науч.-метод. конф. : сб. материалов в 3 ч. (Новосибирск, 3–7 февраля 2014 г.). – Новосибирск : СГГА, 2014. Ч. 2. – С. 138–141.

3. Мартынов, Г. П., Луговская А. Ю. О достоверности некоторых статистических оценок в биоиндикационных исследованиях // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2012. VIII Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Дистанционные методы зондирования Земли и фотограмметрия, мониторинг окружающей среды, геоэкология» : сб. материалов в 2 т. (Новосибирск, 10–20 апреля 2012 г.). – Новосибирск : СГГА, 2012. Т. 2. – С. 184–188.

4. Трубина Л.К., Дубовик Д.С. Реализация 3D-визуализации стереопар изображений в электронных учебных пособиях // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2014. – № 4/С. – С. 73–77.

5. Мартынов Г.П. Сравнительный анализ баллов ЕГЭ по «Математике» и успеваемости студентов в первом семестре // АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ОБРАЗОВАНИЯ. Ведущая роль современного университета в технологической и кадровой модернизации российской экономики. Междунар. науч.-метод. конф. : сб. материалов в 3 ч. (Новосибирск, 16–20 февраля 2015 г.). – Новосибирск : СГУГиТ, 2015. Ч. 1. – С. 317–322.

© Л. К. Трубина, Г. П. Мартынов, 2016

ОБОСНОВАНИЕ НЕОБХОДИМОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЦИФРОВОЙ МОДЕЛИ РЕЛЬЕФА ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ПОВЕРХНОСТИ ДНА ОБВОДНЕННЫХ КАРЬЕРОВ, РАСПОЛОЖЕННЫХ НА ТЕРРИТОРИИ ГОРОДА НОВОСИБИРСКА

Игорь Михайлович Ламков

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, аспирант кафедры кадастра и территориального планирования, тел. (383)344-31-73, e-mail: igor.lamkov@ya.ru

Александр Юрьевич Чермошенцев

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры физической геодезии и дистанционного зондирования, тел. (383)361-01-59, e-mail: fdz2004@bk.ru

Построение цифровой модели рельефа дна для обводненных карьеров, расположенных в черте населенных пунктов, позволяет получить информацию о динамике изменений состояния дна, вызванных природными или техногенными воздействиями. Учитывая трудоемкость выполнения работ по созданию такой модели для каждого обводненного карьера, предложены критерии выбора водоемов, для которых мониторинг состояния дна и береговой линии с помощью методов пространственного моделирования наиболее целесообразен.

Ключевые слова: обводненный карьер, землесосный снаряд, береговая линия, цифровая модель рельефа.

REASON OF NECESSITY TO USE DIGITAL ELEVATION MODEL FOR STUDYING THE BOTTOM OF FLOODED QUARRIES LOCATED WITHIN THE TERRITORY OF NOVOSIBIRSK

Igor M. Lamkov

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., postgraduate student of the Department cadastre and territorial planning, tel. (383)344-31-73, e-mail: igor.lamkov@ya.ru

Alexander Yu. Chermoshentsev

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., candidate of technical Sciences, senior lecturer, Department of physical geodesy and remote sensing, tel. (383)361-01-59, e-mail: fdz2004@bk.ru

Building a digital model of the bottom relief for flooded quarries located within the boundaries of settlements, allows to obtain information on dynamics of changes of bottom conditions, caused by natural or man-made influences. Given the complexity of performance of works on creation of such model for each flooded quarry, the proposed criteria for selection of water bodies for which monitoring of the seabed, and shorelines using methods of spatial modeling is the most appropriate.

Key words: flooded quarry, shallow dredge, the coastline, digital elevation model.

Обводненные карьеры являются неучтенными в государственном водном реестре и находятся вне внимания участников ведения государственного мониторинга водных объектов, поэтому практически нет актуальной информации

о состоянии водного объекта, изменениях его береговой линии.

Поскольку обводненные карьеры часто находятся на территории земель населенных пунктов, то для обеспечения экологической безопасности населения, требуется обратить внимание на организацию мониторинга этих объектов. С учетом особенностей водных объектов такого типа актуальным, наряду со стандартными данными, является получение сведений о рельефе дна водоема.

Формирование рельефа дна на начальном этапе существования обводненного карьера зависит от глубины разработки месторождения, типа добываемых ископаемых и применяемой техники. Если рассматривать разработку обводненного месторождения землесосным снарядом, то особенностью данной технологии является возможность в дальнейшем проведение работ по намыву грунта уже на существующем водоеме, но при этом в зоне работы практически полностью разрушаются планктонные и донные биоценозы [1]. Формирование новых гидробиологических сообществ в каждом обводненном карьере имеет свои особенности, которые зависят, в том числе, от места проведения очередных работ по гидронамыву.

Рассмотрим особенности формирования рельефа дна на примере обводненного карьера на территории Юго-западного жилого массива г. Новосибирска. Для изучения причинно-следственных связей между морфометрическими показателями рельефа дна обводненного карьера на территории Юго-западного жилого массива г. Новосибирска и этапами работ по его разработке, использовались методы пространственного моделирования [2] и проектная документация намыва грунта землесосным снарядом за различные периоды.

Согласно проектной документации [3], на обводненном карьере с помощью землесосного снаряда выполнялись следующие работы по добыче грунта (рис. 1).

Данные проекта позволяют выделить участки водного объекта различного возраста. Так, по состоянию на 2015 г., время существования наиболее раннего участка гидронамыва (для площадки Юго-западного жилого массива) составляет 35 лет, однако, намыв 1 и 2 очереди происходил путем доработки карьера на полную глубину с подбором грунта на ранее отобранных участках.

В целях получения информации о структуре рельефа дна в различных участках обводненного карьера, образованных за период проведения работ 1980-2000 г., на основе требований нормативного документа [4] выполнены промеры глубин. С учётом сложности рельефа расстояние между промерными галсами составило 20 м, а между промерными точками 10 м. Создание цифровой модели рельефа (ЦМР) на основе наблюдений в отдельных точках выполнялось в программном продукте Surfer. Расчет значений высот в узловых

точках

модели,

в качестве которой используется регулярная сетка, выполнен с применением метода «Kriging» [5]. В дальнейшем работа с цифровой моделью рельефа выполнялась в ГИС «Карта 2011». На основе созданной ЦМР дна построен продольный профиль глубин по максимальной длине водного объекта, основанный на значениях 100 точек (рис. 2).



Рис. 1. Этапы разработки месторождения

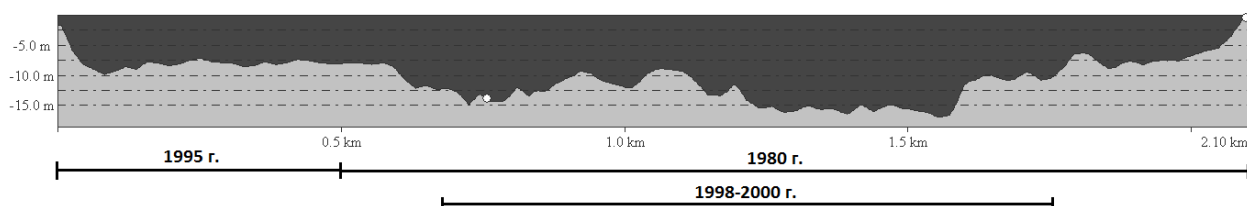


Рис. 2. Продольный профиль обводненного карьера (ГИС «Карта 2011»)

Построенный профиль существенно расширяет информацию, полученную в результате инвентаризации водоемов г. Новосибирска [6], во время которой был построен продольный профиль по 21 точке (рис. 3):

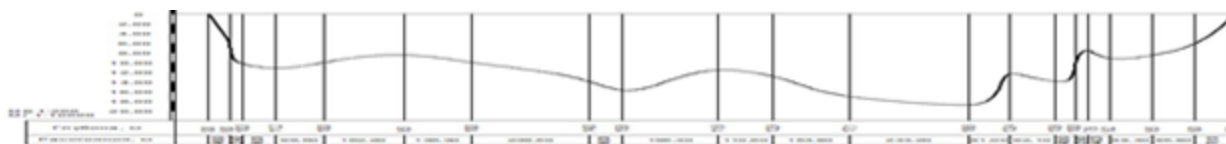


Рис. 3. Продольный профиль обводненного карьера 2012 г. (AutoCAD)

Согласно профилю 2015 г., рельеф дна обводненного карьера, сформированный в период 1980 и 1995 г. характеризуется пологими формами, в отличие от участка намыва протяженностью 1150 м (1998-2000 г), где наблюдаются значительные колебания.

Другим направлением использования построенной модели является возможность мониторинга участка дна обводненного карьера, на котором прогнозируются наибольшие изменения рельефа за счет эрозионных процессов береговой линии [7]. В условиях эрозии берегов водоем постепенно заполняется наносами и обогащается биогенными элементами, что способствует развитию планктона, помутнению воды, исчезновению бентосной растительности, невозможности проведения процесса фотосинтеза, уменьшению концентрации растворенного кислорода в воде [8]. По результатам полевого обследования территории обводненного карьера выявлены пологие формы береговой линии, сформированные после завершения работ в 1980 г., и обрывистые склоны с интенсивным обрушением берегов, возникновение которых связано с возобновлением работ (1995 г.) по намыву грунта.

Построение ЦМР дна водоема сопровождается экономическими затратами, связанных с проведением промерных работ, обработкой результатов и построением модели, а учитывая значительное количество обводненных карьеров на территории г. Новосибирска и их особенности, необходимо выделить водные объекты, для которых проведение мониторинга с помощью такой модели не эффективно.

Основой для выбора критериев, определяющих целесообразность построения ЦМР дна для обводненных карьеров на территории г. Новосибирска является ГОСТ 17.1.1.02-77 «Охрана природы. Гидросфера. Классификация водных объектов», регламентирующий классификацию водных объектов по основным признакам, характеристикам, категориям, отражающим природные особенности водного объекта, учитываемым при его использовании и охране, и выражаемым качественными (сравнительными) и количественными показателями.

Принимая во внимание, что ЦМР дна является средством анализа ГИС для рельефа водного объекта, в качестве критериев выбраны морфометрические признаки водоемов (площадь поверхности, объем, максимальная глубина), которые по данному ГОСТу оценивались системой индексов I_S , I_V , I_H . Разряд обводненных карьеров определялся суммой индексов $\sum I_S I_V I_H$ (таблица).

Оценка морфометрических признаков для исследуемых обводненных карьеров позволяет сделать вывод, что значения площади поверхности и

объема всех обводненных карьеров г. Новосибирска соответствуют самому низкому индексу - 4, однако, по величине максимальной глубины отдельные водоемы соответствуют 2 индексу (с максимальной глубиной 11 м и более), что в итоге отражается на их разряде.

Отнесение обводненных карьеров к 15 разряду свидетельствует о возможности экологического дисбаланса вследствие накопления загрязняющих веществ и эвтрофикации водоема. Поэтому для дальнейшего использования наиболее перспективными являются обводнённые карьеры с 11 разрядом и ниже. При наличии высокой динамичности изменений рельефа дна и эрозионных процессов береговой линии, мониторинг обводненных карьеров, который включает в себя построение ЦМР и регулярное обновление информации, позволит объективно оценивать влияние природных и антропогенных факторов на состояние водоема.

Таблица

Определение разрядов обводненных карьеров по морфометрическим признакам с использованием оценочных индексов

№ п/п	Район города	S, км ²	I _S	V, км ³	I _V	H max, м	I _H	$\sum I_S I_V I_H$	Разряд
1	Ленинский	0,340	4	0,00281	4	18,8	2	10	11
2	Ленинский	0,007	4	0,00001	4	2,1	4	12	15
3	Ленинский	0,120	4	0,00067	4	14,0	2	10	11
4	Ленинский	0,047	4	0,00029	4	13,0	2	10	11
5	Дзержинский	0,007	4	0,00002	4	5,2	3	11	15
6	Дзержинский	0,003	4	0,00001	4	3,8	4	12	15
7	Дзержинский	0,001	4	0,00001	4	2,1	4	12	15
8	Дзержинский	0,003	4	0,00001	4	4,3	4	12	15
9	Калининский	0,020	4	0,00004	4	4,4	4	12	15
10	Кировский	0,019	4	0,00012	4	11,0	2	10	11
11	Кировский	0,055	4	0,00035	4	12,6	2	10	11
12	Кировский	0,002	4	0,00001	4	1,5	4	12	15
13	Первомайский	0,024	4	0,00001	4	0,8	4	12	15
14	Первомайский	0,021	4	0,00002	4	1,9	4	12	15
15	Центральный	0,024	4	0,00014	4	11,5	2	10	11

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Русанов В.В., Гаранина И.А. О проблеме гидробиологической рекультивации карьерных водоемов // Горн. инф-анал. бюл. Моск. гос. горн. ун-т. 2004, №6, с. 154-157.
2. Трубина Л. К., Ламков И. М. Методические подходы к паспортизации искусственных водных объектов для целей кадастрового учета // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2015. – № 5/С. – С. 197–201.
3. Рабочий проект «Намыв территории в границах по ул. Порт-Артурская-Окинская для ликвидации очагов возгорания торфа 1,2 очереди» 1998 г.
4. СП-104-97 «Инженерно-геодезические изыскания для строительства. Часть III. «Инженерно-гидрографические работы при инженерных изысканиях для строительства».
5. Assessment of Urban Areas: Approachs on Geospatial Data Integration/ L.K. Trubina, T.A. Khlebnikova O.N. Nikolaeva // Journal of Asian Scientific Reseach, November 2015, (pp. 482-488).

6. Отчет о выполнении работ по теме «Инвентаризация водных объектов (пруды, обводненные карьеры), находящиеся в муниципальной собственности города Новосибирска» М.А. Бучельников, А.В. Панов, А.А. Перфильев, В.А. Чирков. ФГОУ ВПО «НГАВТ» 2011 г. 16 с.

7. Интеграция геопространственных данных на основе трехмерного моделирования для экологической оценки городских территорий / Л. К. Трубина, Т. А. Хлебникова, О. Н. Николаева, Е. Н. Кулик // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2013. – № 4/1. – С. 83–86.

8. Гогина Е.С. Удаление биогенных элементов из сточных вод: Монография / ГОУ ВПО Моск. гос. строит. ун-т. – М.: МГСУ, 2010. – 120 с.

© И. М. Ламков, А. Ю. Чермошенцев, 2016

УДК 528.8

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ В МОНИТОРИНГЕ МАЛЫХ ОЗЕР УБСУНУРСКОЙ КОТЛОВИНЫ (ТЫВА)

Дмитрий Сергеевич Дубовик

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, кандидат географических наук, доцент кафедры экологии и природопользования, тел. (383)361-08-86, e-mail: d.d@ngs.ru

Михаил Владимирович Якутин

Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, 630090, Новосибирск, пр. Академика Лаврентьева, 8/2, доктор биологических наук, доцент, старший научный сотрудник лаборатории биогеоценологии; Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, профессор кафедры экологии и природопользования, тел. (383)363-90-25, e-mail: yakutin@issa.nsc.ru

В результате дешифрирования данных Landsat оценена динамика изменения площадей водного зеркала малых озер Торе-Холь, Шара-Нур и Дус-Холь в пределах российской части Убсунурской котловины. Делается вывод о возможности применения методов дистанционного зондирования в практике экологического мониторинга малых озер в зоне сухих степей.

Ключевые слова: экологический мониторинг, Тыва, Убсунурская котловина, малые озера, динамика водного зеркала, дистанционное зондирование.

THE USE OF REMOTE SENSING DATA IN THE MONITORING OF SMALL LAKES OF UBSUNUR DEPRESSION (TUVA)

Dmitry S. Dubovik

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., Ph. D., assistant professor, department of ecology and nature use, tel. (383)361-08-86, e-mail: d.d@ngs.ru

Mikhail V. Yakutin

Institute of Soil Science and Agrochemistry SB RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, 8/2 Akademician Lavrentjev Avenue, D. Sc., assistant professor, senior researcher of laboratory of biogeocenology; Siberian State University of Geosystems and Technologies, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., professor of department of ecology and nature use, tel. (383)363-90-25, e-mail: yakutin@issa.nsc.ru

During interpretation of Landsat data the dynamics of area changes of the water table small lake Tore-Khol, Shara-Nur and Dus-Khol within the Russian part of the Ubsunur depression was estimated. The conclusion about possibility of application of remote sensing techniques in the practice of environmental monitoring of small lakes in the zone of dry steppes was made.

Key words: ecological monitoring, Tyva, Ubsunur depression, small lakes, water table dynamics, dynamics, remote sensing.

Водные ресурсы Республики Тыва имеют важнейшее значение для сельского хозяйства республики. Использование озер аридной зоне Внутренней Азии с древнейших времен для нужд отгонного скотоводства позволяет отнести их к природно-антропогенным экосистемам. В Тыве почти 8 тыс. рек/ Большая часть из них принадлежит к бассейну Енисея. Кроме Енисея с его общей протяженностью по территории Тывы около 500 км в Республике протекает 20 средних по величине рек. Примерно 81% рек формируются на территории самой Тывы и около 19% формируются на приграничных территориях Монголии. В среднем густота речной сети составляет около 0,46 км на 1 км², но в засушливых степных котловинах (Убсунурской и Тувинской) этот показатель снижается до 0,1 км на 1 км². В Тыве около 40 тыс. больших и малых озер, при этом наибольшее их количество расположено в Тоджинской котловине. В степных котловинах расположены крупные бессточные озера (Убсу-Нур, Хадын, Торе-Холь, Чедер, Шара-Нур, Дус-Холь и др.) [1].

Глобальные климатические изменения последних столетий ведут к усилению процесса «усыхания Азии», т.е. увеличению аридности климата на территории Внутренней Азии. И основная причина этого – увеличение среднегодовой температуры приземного воздуха. При этом если глобальная среднегодовая температура воздуха выросла за последние 100 лет на 0,4–0,8 °С [2], то только за 50 лет, с 1955 по 2005 гг., в аридных районах Внутренней Азии среднегодовая температура воздуха выросла на 1,0–2,3 °С [3, 4].

Повышение температуры воздуха вместе с незначительным увеличением количества осадков должно привести к уменьшению увлажненности значительной части территории Внутренней Азии [5, 6] и к дальнейшему усыханию или полному пересыханию расположенных здесь многочисленных озер. Следы усыхания, прослеживаемые по террасам с древнеозерными отложениями, обнаружены при изучении уровней таких больших озер, как Арал в Средней Азии [7], Чаны на юге Западной Сибири [8, 9], Убсу-Нур и Хиргис-Нур в Западной Монголии [10, 11].

Убсунурская котловина расположена на границе Республики Тыва и Монголии между 48-50° с. ш. и 91-99° в. д. и относится к одной из самых засушливых областей Центральной Азии, региону, называемому «Котловина Больших озер Западной Монголии». Протяженность Убсунурской котловины с севера на юг 160 км, с запада на восток 600 км. Котловина бессточная. Соленое озеро Убсу-Нур размером 80×70 км и глубиной около 15 м лежит в западной ее части, на абсолютной высоте 1000 м. Сток рек в Убсунурской котловине в

основном формируется за счет атмосферных осадков, выпадающих в горах, и таяния льдов. Среднегодовое количество осадков в котловине составляет около 150 мм. Осадки перераспределяются внутри котловины: благодаря атмосферной циркуляции влага переносится со дна котловины на окружающие ее горы. Таким образом, количество влаги в пределах котловины распределяется очень неравномерно [3, 10].

Цель данного исследования состояла в анализе возможности использования данных дистанционного зондирования Земли в изучении динамики водного зеркала трех малых озер Торе-Холь, Шара-Нур и Дус-Холь, лежащих в российской части территории Убсунурской котловины. В аридных условиях Центральной Азии при дефиците водных ресурсов природные водоемы имеют огромное значение для всех видов хозяйственной деятельности. Малые озера Убсунурской котловины имеют для жителей Тывы также и важное рекреационное значение.

Для изучения характера изменения водного зеркала озер было выполнено дешифрирование четырёх снимков Landsat 8, полученных в конце июля – начале сентября 2014 года, покрывающих всю котловину. При оценке динамики площадей озер также выполнялось дешифрирование данных Landsat 5 и Landsat 7, полученных в 1991, 2002, 2010 годах. В процессе работы были синтезированы цветные растровые изображения на основе данных отдельных участков электромагнитного спектра, соответствующие комбинациям спектральных каналов 7, 5, 3 сенсора OLI спутника Landsat 8, и комбинациям спектральных каналов 7, 4, 2 сенсоров спутников Landsat 5 и Landsat 7 [12, 13, 14]. Эта комбинация позволяет получать изображение, близкое к естественным цветам, и позволяет анализировать состояние атмосферы и дым. Травянистые сообщества выглядят ярко зелеными, непокрытая растениями почва – ярко розовой, разреженная растительность – коричневой и оранжевой, сухостойная растительность – оранжевой, вода – голубой [15].

Обработка снимков осуществлялась с использованием программного продукта ErdasImagine 2013 и включала в себя синтезирование цветных изображений и увеличение пространственного разрешения цветных изображений за счёт панхроматического канала (операция «Resolutionmerge», метод «Broveytransform»). После того, как данные были подготовлены, дальнейшая работа осуществлялась в геоинформационной системе Panorama, и заключалась в дешифрировании и векторизации опознанных водных объектов в пределах исследуемой территории [15].

На рис. 1 представлен обработанный фрагмент космического снимка Landsat 8 на изучаемую территорию в комбинации спектральных каналов RGB 753, а на рис. 2 озера Торе-Холь и Шара-Нур в комбинации спектральных каналов RGB 742 (Landsat 5).

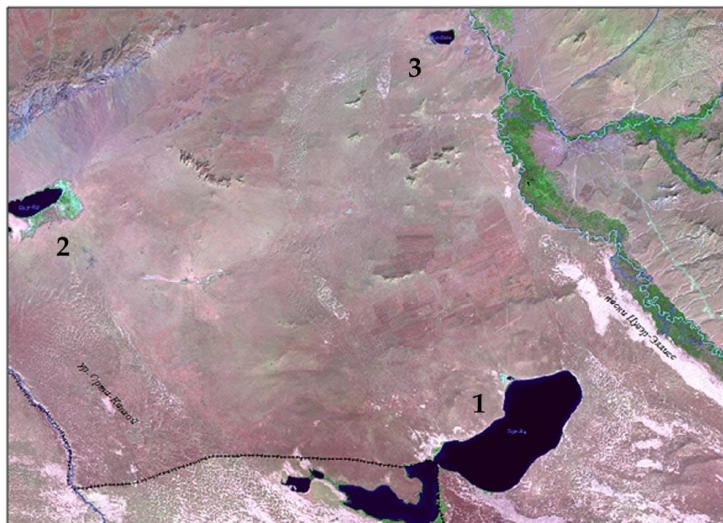


Рис. 1. Малые озера Убсунурской котловины на снимке Landsat 8 (2014 г.) в комбинации спектральных каналов RGB 753 (1 – Торе-Холь, 2 – Шара-Нур, 3 – Дус-Холь)

Варьирование площади водного зеркала самого большого из малых озер Убсунурской котловины (Торе-Холь) за изученный период (с 1991 по 2014 гг.) составило 1% (рис. 3). Разница между максимальной и минимальной площадью водного зеркала озера Шара-Нур за этот же период составила 26%. Площадь самого маленького из изученных озер (Дус-Холь) с 1991 по 2014 год изменялась в пределах 16%. Таким образом, размер озера, как оказалось, не всегда может быть связан с размахом колебаний площади водного зеркала. Но размах колебаний площади большого озера Торе-Холь был минимальным, что может быть объяснено его большой водностью.

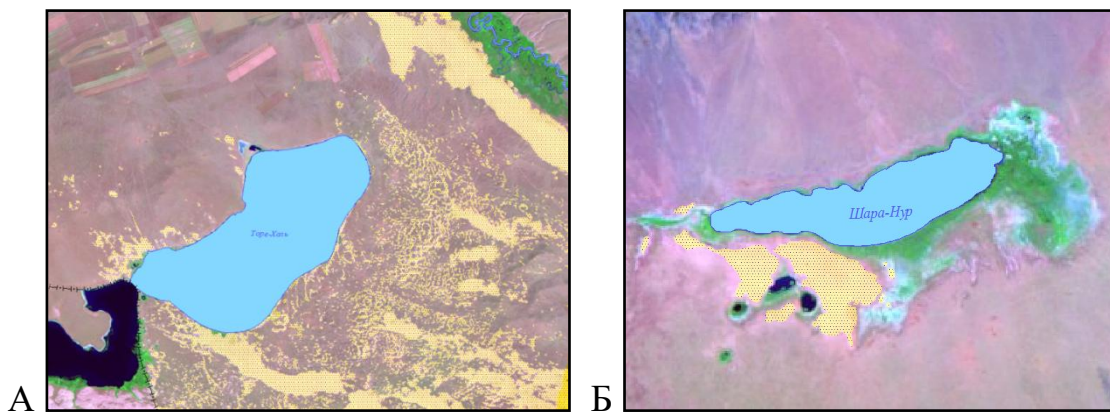


Рис. 2. Российская часть озера Торе-Холь (А) и озеро Шара-Нур (Б) на снимке Landsat 5 1991 г. в комбинации спектральных каналов RGB 742



Рис. 3. Динамика площадей малых озёр в пределах российской части территории Убсунурской котловины с 1991 по 2014 год

Максимальная площадь водного зеркала в изученный период была у озера Торе-Холь в 2002 г., у озера Шара-Нур – в 2010 г., а у озера Дус-Холь в 1991 г. Минимальный размер водного зеркала озера Торе-Холь и Дус-Холь имели в 2014 г., а озеро Шара-Нур – в 1991 году. Таким образом, полученные данные не позволяют напрямую связать изменение размеров водного зеркала изученных озёр с динамикой климатических показателей местности. Это может свидетельствовать о важной роли грунтового питания в поддержании водности малых озёр Убсунурской котловины. А значит, изучение характера и объемов такого питания может иметь большое значение для прогнозов динамики водного зеркала этих малых озёр.

Таким образом, проведенное исследование наглядно продемонстрировало, что использование материалов дистанционного зондирования может оказаться очень эффективным инструментом в экологическом мониторинге озёр в аридных регионах. Представляется актуальным более подробное исследование и дальнейший мониторинг водных объектов Убсунурской котловины.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. 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. Баженова О. И., Мартянова Г. Н. Реакция степных и лесостепных морфодинамических систем на современные изменения климата // География и природные ресурсы. – 2000. – № 4. – С. 23–32.
3. Хруцкий В. С., Голубева Е. И. Динамика опустынивания аридных систем Внутренней Азии // География и природные ресурсы. – 2011. – № 4. – С. 148–156.
4. Conen F., Yakutin M. V., Sambuu A. D. Potential for detecting changes in soil organic carbon concentrations resulting from climate change // Global Change Biology. – 2003. – V. 9. – P. 1515–1520.
5. Почвенный покров основных природных зон Монголии / под ред. Н. А. Ногина. – М.: Наука, 1978. – 275 с.

6. Якутин М. В., Анопченко Л. Ю. Структура запаса растительного вещества в мониторинге экосистем, формирующихся в обсыхающих поймах соленых озер Барабы // Вестник СГГА. – 2006. – Вып. 11. – С. 172–177.
7. Кривошей М. И. Арал и Каспий: (Причины катастрофы). – СПб.: Гидрометеиздат, 1997. – 130 с.
8. Шнитников А. В. Озера Срединного региона (историческая изменчивость и современное состояние). – Л.: Наука, 1976. – 559 с.
9. Анопченко Л. Ю., Якутин М. В. Изменение соотношения площадей засоленных и незасоленных почв в процессе обсыхания Барабинской равнины // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2013. IX Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Дистанционные методы зондирования Земли и фотограмметрия, мониторинг окружающей среды, геоэкология» : сб. материалов в 2 т. (Новосибирск, 15–26 апреля 2013 г.). – Новосибирск : СГГА, 2013. Т. 2. – С. 160–165.
10. Синицын В. М. Центральная Азия. – М.: Гос. изд-во географ. лит-ры, 1959. – 456 с.
11. Якутин М. В., Андриевский В. С. Биологические характеристики в мониторинге почв Озерных равнин Западной Монголии // ГЕО-Сибирь-2011. VII Междунар. науч. конгр. : сб. материалов в 6 т. (Новосибирск, 19–29 апреля 2011 г.). – Новосибирск : СГГА, 2011. Т. 4. – С. 188–192.
12. Якутин М. В., Дубовик Д. С. О системе показателей мониторинга экосистем сухих степей // Вестник СГГА. – 2012. – Вып. 2 (18). – С. 94–99.
13. Дубовик Д. С., Якутин М. В. Геоэкологический мониторинг пастбищ Убсунурской котловины с использованием методов дистанционного зондирования // ГЕО-Сибирь-2011. VII Междунар. науч. конгр. : сб. материалов в 6 т. (Новосибирск, 19–29 апреля 2011 г.). – Новосибирск : СГГА, 2011. Т. 4. – С. 254–258.
14. Якутин М. В., Дубовик Д. С. Использование данных дистанционного зондирования в мониторинге экосистем Турано-Уюкской котловины // Геодезия и картография. Известия высших учебных заведений. – 2012. – № 1. – С. 75–78.
15. Чандра А. М., Гош С. К. Дистанционное зондирование и географические информационные системы. – М.: Техносфера, 2008. – 312 с.

© Д. С. Дубовик, М. В. Якутин, 2016

УДК 528.8

ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ МЕТОДОВ АНАЛИЗА ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ В ПРОЦЕССЕ МОНИТОРИНГА ЭКОСИСТЕМ В ПОДЗОНЕ СЕВЕРНОЙ ТАЙГИ

Андрей Геннадьевич Шарикалов

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плеханова, 10, аспирант кафедры экологии и природопользования, тел. (383)361-08-86, e-mail: sharikalov.andrey@gmail.com

Михаил Владимирович Якутин

Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, 630090, Новосибирск, пр. Академика Лаврентьева, 8/2, доктор биологических наук, доцент, старший научный сотрудник лаборатории биогеоценологии; Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плеханова, 10, профессор кафедры экологии и природопользования, тел. (383)363-90-25, e-mail: yakutin@issa.nsc.ru

Проведена оценка точности алгоритмного дешифрирования при анализе состояния экосистем на территории Сугмутского месторождения нефти в Ямало-Ненецком Автономном Округе. Продемонстрировано, что предложенная методика дешифрирования территорий в северной тайге, обладает высокой эффективностью при выделении территорий хвойных лесов, а также других видов земель.

Ключевые слова: Западная Сибирь, ЯНАО, северная тайга, нефтедобыча, дистанционное зондирование Земли, мониторинг, алгоритмное дешифрирование.

THE ASSESSMENT OF THE ACCURACY OF THE DATA ANALYSIS METHODS OF EARTH REMOTE SENSING DURING THE MONITORING OF ECOSYSTEMS IN THE SUBZONE OF NORTHERN TAIGA

Andrei G. Sharikalov

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., post graduate student, department of ecology and nature use, tel. (383)361-08-86, e-mail: sharikalov.andrey@gmail.com

Mikhail V. Yakutin

Institute of Soil Science and Agrochemistry SB RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, 8/2 Akademician Lavrentjev Avenue, ScD, assistant professor, senior researcher of laboratory of biogeocenology; Siberian State University of Geosystems and Technologies, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., professor of department of ecology and nature use, tel. (383)363-90-25, e-mail: yakutin@issa.nsc.ru

The accuracy algorithmname interpretation in the analysis of the state of ecosystems on the territory of the Sugmutsk oil fields in the Yamalo-Nenets Autonomous District is made. It is demonstrated that the technique of interpretation of territories in the Northern taiga, has a high efficiency in the allocation of areas of coniferous forests, as well as other types of lands.

Key words: Western Siberia, YaNAO, northern taiga, oil production, remote sensing, monitoring, algorithmname interpretation.

Основным агентом воздействия на природный экосистемы в таежной зоне Западной Сибири является нефте- газодобывающая промышленность. Разработка нефтегазовых месторождений в Западной Сибири началась в 1963-1964 гг. Расширение нефте- газодобычи в регионе привело к развитию городской промышленности, коммунального хозяйства и дорожно-транспортной сети. При этом темпы добычи постоянно нарастали, а площади отчужденных и загрязненных земель расширялись. В настоящее время значительная часть нефтяных запасов крупнейших месторождений Западной Сибири выработана на 60–70%, и идет постепенное сокращение объемов добычи нефти и газа. Но площадь нарушенных экосистем продолжают увеличиваться за счет освоения новых месторождений, развития и реконструкции старых, разработка, которых не достигла плановых величин [1].

При освоении нефтяных и газовых месторождений в подзоне северной тайги значительное воздействие оказывается на состояние многолетнемерзлых пород, в большинстве случаев находящихся под защитой тонкого почвенно-

растительного (мохово-торфяного) покрова и леса. Глубинные изменения могут произойти в процессе бурения скважин, при сооружении наземных строений и различных коммуникаций. Корневая система северных лесов расположена близко к поверхности земли. Гибель древесной растительности в этих условиях часто происходит в результате неправильной эксплуатации земельных участков, ведущей к вытаиванию земли и к повреждению корней [2].

При обустройстве нефте-газопромыслов интенсивно вырубаются значительные участки леса. Это приводит, с одной стороны, к растеплению многолетнемерзлых пород, с другой – к сокращению площадей лесотундры, пастбищ, охотничьих, ягодных и грибных угодий. Вырубка леса в зоне лесотундры приводит к сдвигу границы этой зоны на юг по коридорам вырубок трассы нефтегазопроводов [2].

Таким образом, в процессе активизации нефтегазового промысла на территории Западной Сибири наблюдается неуклонный рост антропогенного воздействия на таежные экосистемы по площади и по интенсивности. Такое воздействие характеризуется значительным, часто необратимым изменением ландшафтов, как в границах землеотвода, так и за его пределами.

Дистанционное зондирование Земли – это процесс, посредством которого собирается информация об объекте, территории или явлении без непосредственного контакта с ним. В последнее время существенно возросли объем, разнообразие и качество материалов ДЗ. К настоящему времени накоплен огромный фонд (более 100 миллионов) аэрокосмических снимков, полностью покрывающих всю поверхность Земли. Для значительной части районов имеется возможность многократного перекрытия [3].

Использование данных дистанционного зондирования Земли для исследования изменения ландшафтов в зоне действия объектов нефтегазового промысла является весьма перспективным мониторинговым направлением. Целью аэрокосмического мониторинга в этом случае является получение достоверной информации о состоянии окружающей среды для обеспечения безаварийного функционирования объекта, оптимизация природопользования на нарушенных участках в целях организации управления природными процессами, а также обеспечения территориальной привязки рекомендуемых природоохранных мероприятий [4].

Полученные космические снимки не могут быть непосредственно использованы в работе. Необходима модификация данных с целью улучшения зрительного восприятия изображения, либо преобразование его в форму, более удобную для дальнейшего анализа; а также классификация – тематическая обработка, которая позволяет производить автоматизированное разбиение снимков на однородные по какому-либо критерию области. Получающееся в результате изображение является тематической картой. Различают два основных методологических подхода к проведению классификации: классификацию

с обучением и автоматическую классификацию. В случае классификации с обучением, задача состоит в обнаружении на изображении объектов уже

известных типов, что требует некоторых предварительных знаний об исследуемом участке земной поверхности. Методологической основой автоматической классификации является кластерный анализ, в ходе которого пытаются определить все встречаемые типы объектов при некотором уровне обобщения, а задача их интерпретации решается на втором этапе. Существуют алгоритмы сочетающие элементы классификаций с обучением и автоматической классификацией. Часто возникает необходимость тематической корректировки результатов классификации, особенно автоматической, выполняемой фактически по информационным характеристикам объектов. Для этого используется целый набор процедур: слияние классов, разделение классов, устранение мелких ложных объектов, сглаживание границ объектов и т.п. Важным этапом в процессе классификации является оценка точности полученных изображений. Данная область обработки ДЗ в настоящее время довольно интенсивно развивается: появляются новые классификаторы, основанные на последних достижениях в области моделирования искусственного интеллекта и других областях прикладной математики [3, 5, 6, 7].

Цель данной работы состояла в оценке точности двух методов анализа данных дистанционного зондирования Земли в процессе мониторинга экосистем в подзоне северной тайги Западной Сибири. Для выполнения этой работы было проведено алгоритмное дешифрирование (классификация) двух космических снимков на территорию Сугмутского нефтяного месторождения (2011 год съемки). Сугмутское нефтяное месторождение находится в разработке

с 1995 года и, соответственно, характеризуется значительными площадями объектов промышленности, инженерной и транспортной инфраструктуры, а также наличием деградированных земель [8]. Параллельно с алгоритмным дешифрированием было проведено эталонное камеральное дешифрирование этого снимка, с использованием имеющихся топографических данных (рисунок). Результаты сравнения данных представлены в таблице.

Под деградированными землями в данной работе подразумеваются лишенные растительности незастроенные территории. В результате анализа ошибки алгоритмного дешифрирования Сугмутского месторождения было установлено, что с наилучшей точностью исследуемым алгоритмом классифицируются хвойный лес, водные объекты, болота и площадные промышленные объекты.

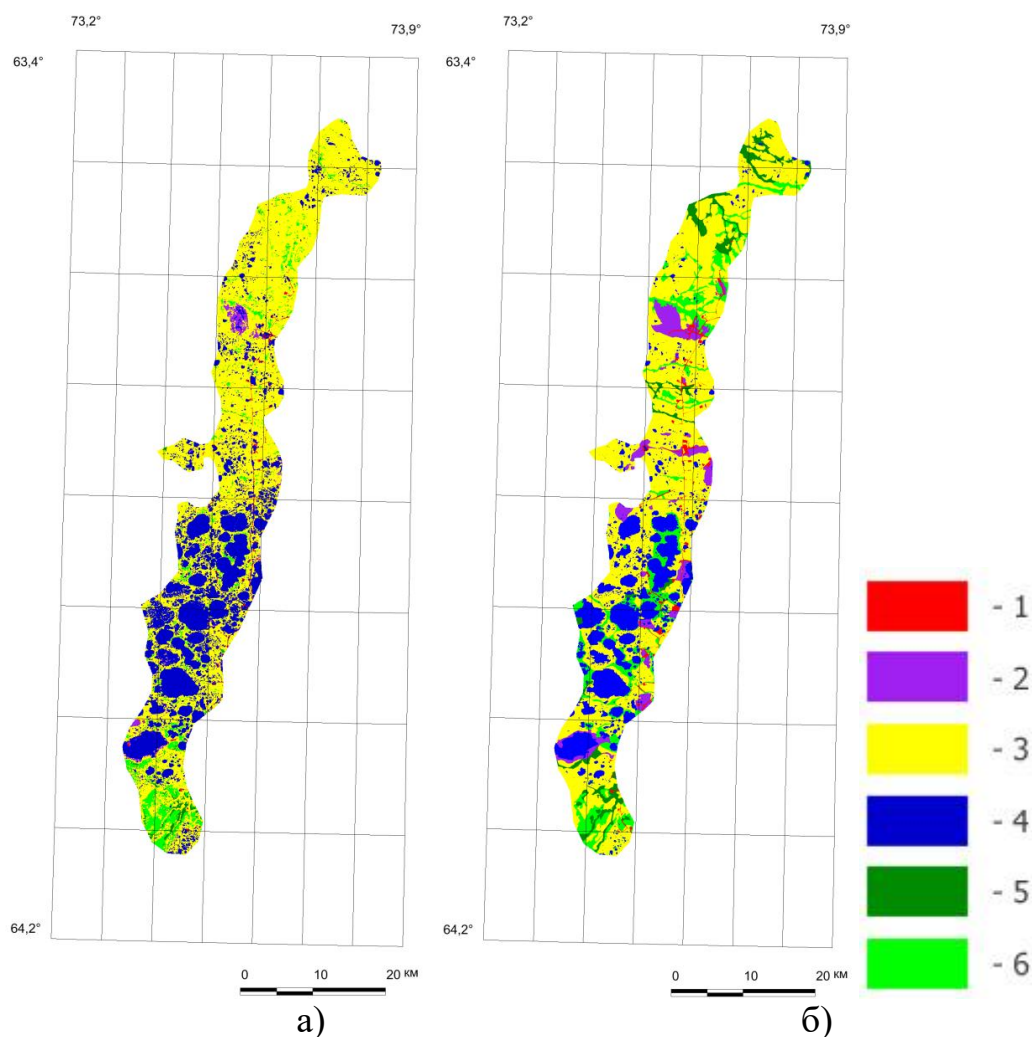


Рис. Сравнение результатов алгоритмного (а) и эталонного (б) дешифрирования Сугмутского нефтяного месторождения (снимок 2011 года) (1 – объекты промышленности, 2 – деградированные земли, 3 – болота, 4 – водные объекты, 5 – хвойные лес, 6 – смешанный и лиственный лес)

Низкая точность результатов алгоритмного дешифрирования (классификации) данных по выделам: смешанный и лиственный лес, деградированные земли, а также линейные объекты транспортной инфраструктуры, – указывает на необходимость использования иного алгоритма классификации, либо исходного набора данных для более точного их выделения и соответствующих вычислений.

Таким образом, в результате оценки точности алгоритмного дешифрирования можно сделать вывод о высоком качестве выделения территорий занятых хвойными лесами. Также приемлемые результаты получаются при использовании данного алгоритма дешифрирования для анализа территорий занятых водно-болотными угодьями, объектами промышленности и транспортной инфраструктурой, за исключением объектов имеющих значительную протяженность при малой ширине (линейных объектов).

Таблица

Оценка точности алгоритмного дешифрирования Сугмутского нефтяного месторождения (снимок 2011 года)

Наименование выдела	Доля площади занимаемой выделом, %		Площадь, занимаемая выделом, км ²		Относительное отклонение, %
	алгоритмное дешифрирование	эталонное дешифрирование	алгоритмное дешифрирование	эталонное дешифрирование	
Деградированные земли	7,94	6,15	39,87	30,87	+29,11
Водные объекты	23,14	22,72	116,20	114,10	+1,84
Объекты промышленности и транспорта	2,25	2,05	11,31	10,31	+9,76
Хвойный лес	5,44	5,45	27,29	27,35	–5,45
Смешанный и лиственный лес	8,05	11,45	40,43	57,47	–29,69
Болота	53,18	52,18	267,00	262,00	+1,92
Общая площадь	100,00	100,00	502,10	502,10	

Необходимо использовать иной алгоритм классификации либо дополнительные исходные данные, если исследование касается деградированных земель, территорий, занятых лиственными и смешанными лесами, а также линейных объектов транспортной инфраструктуры.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Васильев С. В. Воздействие нефтегазодобывающей промышленности на лесные и болотные экосистемы. – Новосибирск: Наука, 1998. – 136 с.
2. Панов Г. Е., Петрашин Л. Ф., Лысяный Г. Н. Охрана окружающей среды на предприятиях нефтяной и газовой промышленности. – М.: Недра, 1986. – 244 с.
3. Чандра А. М., Гош С. К. Дистанционное зондирование и географические информационные системы. – М.: Техносфера, 2008. – 312 с.
4. Седых А. Д. Экологические проблемы газовой промышленности. – М.: Нефть и газ, 1996. – 25 с.
5. Шарикалов А. Г., Якутин М. В. Геоэкологический анализ состояния антропогенных экосистем // Вестник СГГА. – 2011. – Вып. 3 (16). – С. 95–100.
6. Шарикалов А. Г., Якутин М. В. Анализ состояния таежных экосистем с использованием методики автоматического дешифрирования // Известия Алтайского государственного университета. – 2014. – № 3/1. – С. 123–127.
7. Якутин М. В., Ван А. В., Шарикалов А. Г. Динамика площадей экосистем на территории мамонтовского месторождения нефти (Западная Сибирь) // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2013. – № 4/1. – С. 167–170.
8. Клещев К. А., Шеин В. С. Нефтяные и газовые месторождения России: справочник: В 2 кн. – Кн. 2. Азиатская часть России. – М.: ВНИГНИ, 2010. – 711 с.

© А. Г. Шарикалов, М. В. Якутин, 2016

ЗАПАСЫ НАДЗЕМНОЙ БИОМАССЫ В БОЛОТНЫХ ЭКОСИСТЕМАХ ЛЕСОСТЕПНОЙ ЗОНЫ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Екатерина Александровна Сайб

Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Лаврентьева, 8/2, техник-лаборант лаборатории биогеоценологии, тел. (383)363-90-18,
e-mail: sajb.katerina@yandex.ru

Определены количественные запасы надземной фитомассы и мортмассы болотных экосистем лесостепи Западной Сибири. Максимальные запасы надземной фитомассы, формируются травами, в экосистеме займища. В экосистеме рьяма запасы надземного растительного вещества составляют 570 г/м^2 , в мезотрофной топи уменьшаются до минимальной величины.

Ключевые слова: болотные экосистемы, рям, мезотрофная мочажина, займище, надземная фитомасса, мортмасса, лесостепь, Западная Сибирь.

STANDING CROP OF ABOVEGROUND PHYTOMASS OF WETLAND ECOSYSTEMS IN THE FOREST-STEPPE ZONE OF WESTERN SIBERIA

Ekaterina A. Sajb

Federal State Institution of Science Institute of soil Science and Agricultural Chemistry of SB RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, Ac. Lavrentiev avenue, 8/2, laboratory technician, Laboratory biogeocenology, tel. (383)363-90-18, e-mail: sajb.katerina@yandex.ru

Standing crop of aboveground phytomass and mortmass in the forest-steppe mire ecosystems of Western Siberia is evaluated. Maximum of standing crop is formed by grasses in the rich fen ecosystem. Total standing crop of the ryam is $570 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$, in the poor fen it is reduced to a minimum value.

Key words: wetland ecosystems, bog, ryam, rich fen, poor fen, aboveground phytomass, mortmass, forest-steppe, Western Siberia.

На территории лесостепной зоны рьямы встречаются редко, т.к. здесь они находятся на границе своего ареала. При этом болота верхового типа в данной местности представлены в виде отдельных островков и не образуют крупных болотных массивов. Болотные растительные сообщества на рьямах в настоящее время подвержены значительным антропогенным воздействиям: пожарам, рубкам сосновых древостоев, нарушениям растительности от вытаптывания, проходов гусеничного транспорта, осушению займищных окраек, техногенному и бытовому загрязнению [Валуцкий, 1996]. В этом смысле Николаевский рям остается наименее измененным.

Объект исследования «Николаевский рям», находится в лесостепной зоне Новосибирской области ($55^{\circ}09'$ с. ш., $79^{\circ}03'$ в. д.). Это Западносибирская провинция северных разнотравных степей, тростниковых и крупноосоковых болот [Кац, 1971]. Географическое положение рьяма накладывает весьма

специфические условия для существования верхового болота. Находясь на большом расстоянии от океана в умеренном климатическом поясе, в лесостепи, где формируется континентальный климат с суровой ветреной и малоснежной зимой

и жарким сухим летом. Средняя температура января — 19,9 °С. За зиму до 45–49 дней бывает с метелями. Максимальное количество осадков выпадает в теплый период года. В среднем за год выпадает осадков примерно 400-500мм, что не превышает испаряемость. Поэтому для лета характерна засушливая погода с частыми ветрами, что усложняет существование верховых болот, где они существуют вопреки климату, т.к. их питание происходит за счет атмосферных осадков.

Рям «Николаевский», сформирован несколькими основными болотными экосистемами. По периферии болото окаймляют обводненные тростниковые и осоково-тростниковые сообщества – займища, где доминируют такие виды, как *Phragmites australis* (45% проективного покрытия), *Carex riparia* (30% п.п.), *Carex cespitosa*, *Carex rostrata*, также встречаются представители разнотравья (*Vicia* sp., *Stachys palustris*, *Lythrum salicaria*).

Центральная часть болота, наиболее возвышенная – рям. Верхний ярус которого сформирован сосной *Pinus sylvestris* с примесью березы *Betula pubescens*, единично встречается *Pinus sibirica*. Микрорельеф хорошо выражен: кочки высотой до 30 см и диаметром до 1,5 м занимают 50% площади ряма. Кочки покрыты вечнозелеными кустарничками *Chamaedaphne calyculata*, *Ledum palustre*, *Andromeda polifolia* и *Vaccinium vitis-idaea*. Высота кустарничкового яруса 40 см и проективное покрытие 30%. В небольшом обилии присутствуют два вида клюквы *Oxycoccus palustris* и *Oxycoccus microcarpus*. В травяном ярусе преобладает *Rubus chamaemorus*, изредка встречается *Eriophorum vaginatum* и *Drosera rotundifolia*. Доминантом мохового яруса является сфагновые мхи: *Sphagnum fuscum* и *Sphagnum capillifolium* (80% проективного покрытия). Уровень болотных вод большую часть вегетационного периода колеблется в пределах 20-30 см ниже мохового покрова в межкочьях.

В центре ряма образовалось вторичное озеро, вокруг которого располагается мезотрофная вахтово-осоково-сфагновая мочажина. Доминируют такие осоки, как: *Carex rostrata*, *Carex lasiocarpa*, *Carex limosa*, занимающие 40% проективного покрытия. В том числе встречаются пушица *Eriophorum vaginatum* (10%), из разнотравья - *Menyanthes trifoliata*, *Comarum palustre*. Кустарничковый ярус топи сформирован такими видами как *Oxycoccus palustris* (35% проективного покрытия), также присутствует *Chamaedaphne calyculata* (8%).

Исследования «Николаевского ряма» проводились в рамках международной программы «The Global Sphagnum Production Project» («Глобальная продукция сфагновых мхов»). За летний сезон 2015 года (с мая по сентябрь), сотрудниками лаборатории биогеоценологии ИПА СО РАН, были сделаны геоботанические описания и проведен отбор проб надземной

фитомассы один раз в месяц в течение всего теплого периода года в основных болотных экосистемах Николаевского рья (займище, рям, мезотрофная топь). Надземную фитомассу на учетных площадках, размером 40×40 см, срезали на уровне мха, разбирали по видам. Далее живая фитомасса каждого вида была разделена на фракции. У кустарничков выделялись следующие фракции: побеги и листья текущего года, прошлого года и многолетние побеги. Травы делились на зеленые листья и ветошь текущего года. Мортмасса включает следующие фракции: опад, подстилку, сухостой и ветошь прошлого года. Все фракции сушили до постоянного веса и взвешивали. В результате статистической обработки были получены данные по запасам фитомассы в пересчете на г/м^2 .

В Западной Сибири за последние несколько десятков лет болотоведами Н.И. Базилевич [1967], Н.И. Пьявченко [1967, 1985], В.И. Валуцким [1977], Ф.З. Глебовым [1988] было проведено исследование по определению запасов растительного вещества и продуктивности болотных экосистем.

Результаты нашего исследования показали, что живая фитомасса экосистем болотного комплекса распределяется очень неравномерно и формируется различными растительными сообществами (рис. 1).

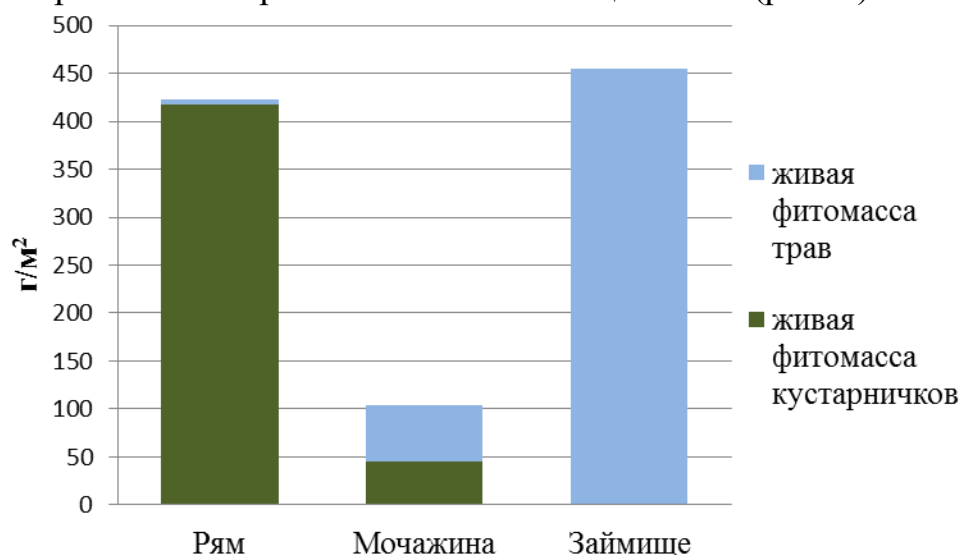


Рис. 1. Соотношение живой фитомассы кустарничков и трав в разных болотных экосистемах, 2015 год

На графике очень хорошо видно, что в ряме запас живой фитомассы образуют кустарнички (418 г/м^2), фракция трав имеет незначительный вклад. Запасы фитомассы многолетних вечнозеленых кустарничков формируются двумя видами. В зависимости от вида происходит распределением по фракциям следующим образом: общий запас фитомассы вида *Ledum palustre* составляет $199,3 \text{ г/м}^2$ массы, из которой 20% - прирост текущего года, 32% - прирост прошлого года, 48% - масса многолетних побегов. Вид *Chamaedaphne calyculata* не превышает $156,2 \text{ г/м}^2$ (12% - прирост т.г., 29% - прирост пр.г., 59% - многолетние побеги). Вклад остальных видов кустарничков составляют лишь

15% от общего запаса фитомассы рьяма, из которых *Andromeda polifolia* - 33,6 г/м², *Vaccinium vitis-idaea* – 23,6 г/м², *Oxycoccus microcarpus* – 4,96 г/м².

В экосистеме займища, в отличие от рьяма, кустарнички отсутствуют, а в общий запас фитомассы (497 г/м²) основной вклад вносят злаки (234 г/м²) и осоки (253 г/м²), на разнотравье приходится 10,1 г/м².

Мезотрофная мочажина представляет собой переходную зону, где примерно в равных количествах встречаются и кустарнички (45,4 г/м²) и травы (58,9 г/м²). Мочажина является менее продуктивной экосистемой данного болотного комплекса, максимальные запасы фитомассы наблюдаются в экосистеме займища.

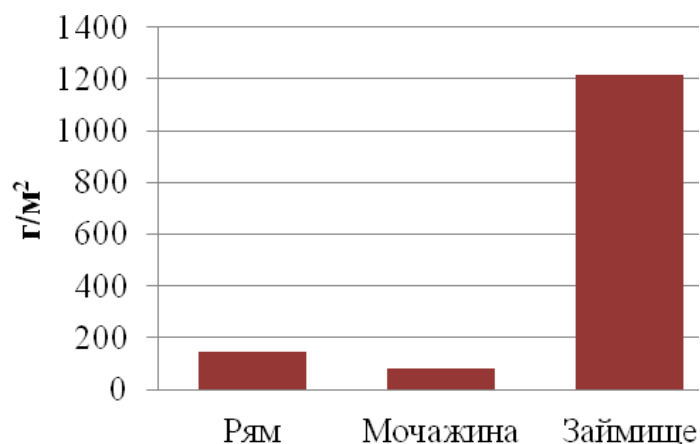


Рис. 2. Запасы мертвой фитомассы (мортмассы) в разных болотных экосистемах, 2015 г.

Следует отметить, что максимальный запас мортмассы достигается на займище (1215 г/м²), т.к. его формируют высокопродуктивные виды осок и злаков (рис. 2). Запас мортмассы рьяма более чем в 6 раз меньше и составляет всего 147 г/м². В мочажине мортмасса почти полностью разлагается, поэтому ее запас составляет всего 80 г/м². Соотношение живой фитомассы и мортмассы в мезотрофной мочажине 104,3 г/м² и 80 г/м² соответственно. Среди кустарничков здесь доминирует *Oxycoccus palustris*, осоки (*Carex rostrata*, *Carex lasiocarpa*), пушица *Eriophorum vaginatum*, у кромки водоема *Menyanthes trifoliata*

и *Comarum palustre*. В условиях переувлажнения и бедного питания растения не дают большого прироста, а отмершие части растений быстро разлагаются. В экосистеме рьяма запасы живой фитомассы (422,7 г/м²) превышают в 3 раза запасы мортмассы (147,2 г/м²).

Выводы:

Таким образом, все рассмотренные экосистемы данного болотного комплекса сильно отличаются по видовому разнообразию, по составу растительности и по распределению надземной фитомассы на единицу площади. В экосистеме рьяма запасы надземного растительного вещества составляют

569,9 г/м²,

в мезотрофной топи уменьшаются до минимальной величины - 184,3 г/м², а в экосистеме займища достигают максимума – 1670 г/м². В экосистеме ряма запасы живой фитомассы превышают в 3 раза запасы мортмассы, т.к. здесь доминируют кустарнички, которые являются многолетними вечнозелеными растениями. Соотношение живой фитомассы и мортмассы в мочажине составляет 104,3 г/м² и 80 г/м² соответственно. Займище является наиболее продуктивной экосистемой комплекса, запасы надземного растительного вещества составляют 455,4 г/м² живой фитомассы и 1214,6 г/м² мортмассы, благодаря высокопродуктивным видам осок и злаков.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Валуцкий В.И. Сосново-кустарничково-сфагновые и сфагново (или бриево)-кустарничковые сообщества островных болотных массивов (рямов) в восточной части Барабы // Зеленая книга Сибири. Редкие и нуждающиеся в охране растительные сообщества. – Новосибирск: Наука, 1996. – С. 254-258.
2. Кац Н.Я. Болота земного шара. – М.: Наука, 1971. – 294 с.
3. Базилевич Н.И. Продуктивность и биологический круговорот в моховых болотах Васюганья // Растительные ресурсы. – 1967. – Т.3. – Вып.4. – С. 567-588.
4. Пьявченко Н.И. Некоторые итоги стационарного изучения взаимодействий леса и болота Западной Сибири // Взаимоотношения леса и болота. – М.: Наука, 1967. – С. 7-42.
5. Пьявченко Н.И. Торфяные болота, их природное и хозяйственное значение. – М.: Наука, 1985. – 152 с.
6. Храмов А.А., Валуцкий В.И. Лесные и болотные фитоценозы восточного Васюганья. – М.: Наука, 1977. – 220 с.
7. Глебов Ф.З. Взаимоотношения леса и болота в таежной зоне. – М.: Наука, 1988 г. – 184 с.

© Е. А. Сайб, 2016

ВЛИЯНИЕ ЗЕЛЕННЫХ НАСАЖДЕНИЙ НА ЗАПЫЛЕННОСТЬ АТМОСФЕРЫ ГОРОДОВ

Полина Ильинична Муллаярова

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, аспирант 1-го курса специальности «Геоэкология», тел. (383)361-08-86, e-mail: lina181991@mail.ru

В статье описаны основные аспекты, которые следует учитывать при посадке зеленых насаждений и поддержании их фильтрационных свойств. Кроме того, освещено использование функциональности различных видов деревьев на практике. Охарактеризован опыт германских исследователей в области использования зеленых насаждений для снижения запыленности воздуха городов.

Ключевые слова: зеленые насаждения, фильтрационные свойства, озеленение, твердые частицы, загрязнение воздуха, источники выбросов, вредные вещества.

THE INFLUENCE OF PLANTATIONS ON THE DUST CONDITIONS OF THE URBAN TERRITORIES

Polina I. Mullaiarova

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., Post-graduate student of the Department of Ecology and Natural resources management, tel. (383)361-08-86, e-mail: lina181991@mail.ru

The article describes the main aspects to take into account when developing urban green spaces and improving their air-filtering characteristics. The usage of functional properties of different kinds of plants is proposed. The experience practice of German scientists for the reducing of dustiness of urban atmosphere is laid out.

Key words: plantations, air-filtering characteristics, urban greening, suspended particulate matter, air pollution, emission points, pollutants.

Наличие зелени в нашем непосредственном окружении для многих настолько очевидно, что люди вряд ли понимают, какое значение она действительно имеет [1]. При этом зелень - это гораздо больше, чем только декорация: без зелени земля была бы необитаемой. В городском ландшафте, зелень необходима для хорошего качества жизни. Зеленые насаждения выполняют множество функций для улучшения качества жизни городского населения (рисунок) [2].

Растения, особенно деревья, имеют сильное положительное влияние на качество воздуха, который нас окружает. Как растительность все они потребляют углекислый газ и вырабатывают кислород, но кроме того, деревья и кустарники оказывают во многих отношениях положительное влияние на городской климат. Деревья также снижают скорость ветра, фильтруют пыль и даже газообразные загрязняющие вещества из городского воздуха. Наличие

зелени также оказывает положительное влияние на физическое и психическое здоровье людей и создает пространство для отдыха и физических упражнений.



Рис. 1. Функции зеленых насаждений

Благодаря прогрессивной урбанизации уменьшается относительная доля зеленых насаждений в зоне города. При этом сокращается фильтрация воздуха и как следствие увеличивается риск для здоровья людей. В этом случае может помочь увеличение существующих зеленых зон и правильное их содержание. Так как состояние многих общественных зеленых насаждений оставляет желать лучшего. Город - это экстремальное место для деревьев и кустарников, тщательный выбор и квалифицированный уход за общественной зеленью необходим: только здоровые растения могут развивать свое положительное действие в полной мере, и только компетентная планировка озеленения может обеспечить, чтобы нужное растение стояло в нужном месте.

Воздух содержит целую гамму газообразных и твердых компонентов. Некоторые из них являются вредными для нашего здоровья, другие нет. Наиболее вредными компонентами являются твердые частицы.

В России и ряде других стран гигиеническое нормирование и контроль пылевого фактора осуществляется по гравиметрическим показателям, выраженным в миллиграммах на кубический метр ($\text{мг}/\text{м}^3$), характеризующим всю массу витающей в зоне дыхания пыли. В ряде зарубежных стран учитывается только так называемая респираторная или «тонкая» фракция (менее 5 мкм), наряду с кониметрическими данными - числом частиц в определенном объеме воздуха.

Зеленые насаждения могут стать достаточно мощным инструментом по борьбе с запыленностью воздуха городов. Однако при этом важно обеспечивать не только необходимое количество зеленых насаждений, но и их оптимальный качественный состав, поскольку далеко не все виды растений достаточно стойки к интенсивному загрязнению окружающей среды в городах, и не все они

обладают достаточно высокой фильтрующей способностью, важной для очищения воздуха. Современная нормативная документация, принятая в России, определяет только количественные нормативы зеленых насаждений в городах, почти не затрагивая качественную сторону. Поэтому ниже будет рассмотрен опыт зарубежных ученых Германии и Нидерландов накопленный в сфере планирования городских зеленых насаждений [3].

Многолетние исследования в географическом институте университета Кельна рекомендуют два основных способа очистки воздуха от твердых частиц: 1 Прямые эффекты: поверхности листьев могут накапливать пыль в течение вегетационного периода, затем самоочищаются [3]. Кроме того, листья могут связывать газообразные примеси воздуха. 2 Косвенные эффекты: зеленые насаждения изменяют поток воздуха. Это влияет на локальную концентрацию, распределение и разделение пыли и загрязнителей воздуха.

Деревья и живые изгороди сажаются издавна как защита от ветра. Снижение скорости ветра и изменения в турбулентности, в значительной степени влияют на эффективность удаления загрязнений из воздуха. Кроме того, это приводит к изменению местного климата, так как влияет на изменения в концентрации загрязнителей воздуха в зоне посадки. Деревья на краю ветрозащитной полосы более эффективны при поглощении загрязненного воздуха, чем те, которые находятся глубже в посадке. Отдельно стоящие деревья, гораздо более эффективны, чем прикрытые деревья в лесу. Контакт между деревьями и листьями имеет большое значение для эффективной фильтрации воздуха через деревья. В "пористых" зеленых насаждениях, в процессе очистки, участвует гораздо больше листьев, чем в густых аллеях.

Исследования в Весселинге показывают, что в направлении ветра за растительностью с возрастающей пористостью уменьшается концентрация частиц пыли различных фракций [4]. При работе с плотными составами, напротив, накопление частиц пыли оказывается на подветренной стороне, поэтому производительность фильтра низкая. Пористость является широко используемой мерой количества воздуха, протекающего через листву, которую можно оценить.

С пористостью 50-70 % может быть установлен фильтрующий эффект, однако, отклонение потока тогда уменьшается. Исследования, проведенные в Нидерландах показывают, что ветровой эффект преломления лиственных пород деревьев в зимний период составляет лишь около 20 %, это ниже чем в летнее время. Там, где это возможно, кустарники должны быть посажены в дополнение к деревьям для удаления загрязнений с их листьев из воздуха, там, где стволы деревьев с обрезанными сучьями почти не действуют. Для того чтобы избежать так называемого "туннельного эффекта", в такой аллее должны быть зазоры для свободного обмена воздуха. Для твердых частиц с диаметром около 10 мкм (ТЧ10) пористость растений составляет менее 40 %, тогда "эффект тоннеля" может быть сведен к минимуму. "Туннельный эффект" происходит только в пределах от 100 до 150 метров от дороги, где выхлопные

газы автомобиля не полностью смешивается с окружающим воздухом. Для большинства зеленых насаждений в наших городах туннельный эффект не задан, фильтрационный эффект деревьев, как правило, приводит к снижению концентрации загрязняющих веществ. По оценкам, улавливание твердых частиц (ТЧ10) зелеными элементами в средних погодных условиях максимум 15-20 %. Концентрация оксида азота может быть снижена с помощью зеленой структуры с правильной пористостью не более чем на 10 %.

Альтернативные зеленые конструкции используются на узких улицах, которым уже способствуют туннельный эффект, часто не хватает места, чтобы посадить деревья. В таких ситуациях можно предложить озеленение фасада с альпинистскими или вьющимися растениями. Эти плантации оказывают незначительное влияние на скорость ветра, но они фильтруют примеси из воздуха. Интересная альтернатива, которая рассматривается в более старых городах Рурской области с осени 2007 года, это посадка центральных и краевых полос

с задними элементами вьющихся растений [4]. Другой вариант, прежде всего, для высоко-уплотненных центров города, озеленение крыши. Например, плющ, это вечнозеленое растение, так что оно функционирует круглый год как фильтр. Это свойство особенно важно для удаления твердых частиц. К тому же озеленение голых фасадов предлагает, не только сильное увеличение поверхности фильтра, но и значительное улучшение внешнего вида города. В Монако, где плотность населения в три раза выше, чем в больших городах Германии, фасады также используются с 2005 года, чтобы принести больше зелени в город – прежде всего, вдоль улиц [4].

Все деревья, кусты, перелески, ветрозащитные посадки и живые изгороди улучшают качество воздуха их фильтрующее действие доказано. Однако не у всех видов есть то же самое действие и, конечно, не для каждого компонента вредного вещества. Чтобы охватить весь коктейль вредных веществ загрязняющих воздух, необходимо хорошее сочетание различных деревьев и кустарников. Для правильного выбора пород деревьев следует обращать внимание конечно и на другие свойства. Дополнительным рассмотрением может быть, то, что ольха и береза могут вызвать у людей аллергию. Также фрукты или падающие листья могут вызвать в некоторых ситуациях столько раздражения

и усилий, что это сыграет важную роль при выборе видов. Другим важным аспектом является чувствительность самих деревьев к загрязнению воздуха. В нем есть большие различия, в зависимости от типа загрязнения воздуха. Важным условием эффективности деревьев в городе является то, что мест для выбранных видов деревьев достаточно, чтобы в течение длительного периода деревья развивались здоровыми. Поэтому окончательное оформление зеленого плана - это всегда работа на заказ, для этого требуются специальные знания о деревьях, их характеристиках роста и наилучшему для них расположению. Множество правил и рекомендаций по квалифицированной посадке и уходу за

деревьями будут изданы обществом исследования развития ландшафтного озеленения.

Фильтрации газообразных загрязнителей и твердых частиц осуществляется главным образом через листья. Различия в анатомии листьев и в листовой массе, определяют в значительной степени различия в эффективности фильтрации отдельных видов растений. Однако эти свойства не изучены до конца. Что касается твердых частиц, эффективность различных видов растений была оценена на основе следующих принципов [3,4]:

1. Хвойные деревья являются более эффективными в фильтрации частиц, чем лиственные породы деревьев.

2. В категории лиственных пород деревьев с грубыми и волосатыми листьями являются более эффективными, чем, с гладкими и плоскими листьями.

3. Вечнозеленые виды удаляют больше твердых частиц, чем лиственные породы.

4. Виды с большой листовой поверхностью улавливают больше пыли, чем виды с небольшой листовой поверхностью. В этом смысле деревья, эффективнее, чем кустарники.

Изложенный опыт целесообразно учитывать при планировании городских зеленых насаждений и в России, с неизбежными поправками, учитывающими местные климатические условия, которые более суровы, чем в Западной Европе. С целью улучшения качества воздуха в наших городах настоятельно рекомендуется подходящий видовой выбор. При правильном подборе растений вносится существенный вклад в сокращение загрязнения окружающей среды и, следовательно, улучшение здоровья и качества жизни. Дополнительным преимуществом комплексного городского планирования является сохранение и развитие большого биоразнообразия в непосредственной среде обитания людей.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Некоторые подходы к геоинформационному картографированию зеленых насаждений / Л. К. Трубина, П. И. Муллаярова, Е. И. Баранова, О. Н. Николаева // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2014. X Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Дистанционные методы зондирования Земли и фотограмметрия, мониторинг окружающей среды, геоэкология» : сб. материалов в 2 т. (Новосибирск, 8–18 апреля 2014 г.). – Новосибирск : СГГА, 2014. Т. 2. – С. 68–74.

2. Трубина Л. К., Баранова Е. И., Чагина Г. С. Геоинформационное картографирование и инвентаризация зеленых насаждений // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2013. IX Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Дистанционные методы зондирования Земли и фотограмметрия, мониторинг окружающей среды, геоэкология» : сб. материалов в 2 т. (Новосибирск, 15–26 апреля 2013 г.). – Новосибирск : СГГА, 2013. Т. 2. – С. 82–86.

3. Bäume und Pflanzen [Электронный ресурс] / <http://www.die-gruene-stadt.de/baeume-in-der-stadt.pdf>.

4. Gartenschauen nachhaltig gestalten [Электронный ресурс] / <http://www.die-gruene-stadt.de/gartenschauen-nachhaltig-gestalten.pdf>.

ПРОБЛЕМА ОБРАЩЕНИЯ ТКО В НОВОСИБИРСКОЙ ОБЛАСТИ

Дарья Александровна Матвеева

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плеханова, 10, студент

В статье рассматривается современное состояние системы обращения с твердыми коммунальными отходами в Новосибирской области, выявлены основные проблемы.

Ключевые слова: твердые коммунальные отходы, размещение отходов.

THE PROBLEM OF HANDLING MSW IN THE NOVOSIBIRSK REGION

Daria A. Matveeva

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo, student

In the article the current state of art of solid waste control in the Novosibirsk region is considered, the main problems are found out.

Key words: solid utilities wastes, waste disposal.

Накопление отходов - острая экономическая, экологическая и ресурсная проблема. Количество образующихся и перерабатываемых отходов характеризует экономический потенциал и уровень развития общества.

В Новосибирской области, как и в Российской Федерации, в целом, захоронение твердых коммунальных отходов (ТКО) традиционно осуществляют на полигонах, которые занимают огромные площади ценных земель. Темпы образования ТКО постоянно возрастают, что связано с увеличением численности населения, большим потреблением упаковочных и оберточных материалов. Рост ТКО приводит к перегрузке полигонов, наблюдаются сложности с достаточным количеством объектов размещения отходов, их расположением.

В настоящее время размещение отходов, разрешено только на объектах, внесенных в государственный реестр объектов размещения отходов. На территории Новосибирской области зарегистрировано 1070 объектов размещения ТКО, в том числе: 9 разрешенных полигонов ТКО, сосредоточенных возле г.Новосибирска, 727 санкционированных мест размещения отходов, 325 несанкционированных мест размещения отходов, число которых в процессе контрольной работы природоохранных органов постоянно увеличивается. Разрешенные полигоны практически исчерпали свою вместимость или близки к завершению своей деятельности по захоронению отходов на имеющихся площадях. Большинство муниципальных образований области не обеспечены легитимными полигонами. На их территориях образуются несанкционированные крупные свалки мусора, эксплуатация которых коммунальными службами на протяжении нескольких лет не

соответствует экологическим требованиям: превышение предельной ёмкости объектов размещения над установленной проектной вместимостью, функционируют без лицензии на право захоронения отходов или с нарушением условий лицензирования, отсутствуют лимит на захоронение отходов, разрешения на сбросы и выбросы вредных веществ в окружающую среду. Это приводит к тому, что отходы, находясь длительное время под открытым небом, отравляют окружающую среду, негативно влияют на санитарную обстановку городов и поселков.

Насущная проблема в области обращения с отходами в Новосибирской области - отсутствие организованной мусоросортировки и мусоропереработки твердых коммунальных отходов. Морфологический состав ТКО содержит такие утильные компоненты, как картон, бумага, полимерные материалы, стекло, металлы. При захоронении на полигонах эти ценные вещества безвозвратно теряются. Отделение вторсырья от остального мусора является основным методом минимизации количества поступающего на полигоны. Для раздельного сбора вторичного сырья в г.Новосибирск организованы стационарные и передвижных пунктов приема. Однако во многих населенных пунктах Новосибирской области вторичные ресурсы не собираются и не перерабатываются. Предприятия по глубокой переработке твердых бытовых отходов на территории Новосибирской области отсутствуют, что не позволяет уменьшать объемы захоронения отходов и вовлекать в оборот вторичное сырье.

Принятая Государственная программа Новосибирской области «Охрана окружающей среды» на 2015-2020 годы должна снизить негативные последствия, вызванные загрязнением окружающей среды биологическими и другими видами опасных отходов, а также несанкционированным размещением отходов [3]. Под опасными отходами, образующимися у населения, подразумеваются, в первую очередь, ртутьсодержащие и биологические отходы, отходы электронного оборудования и отработанных автошин.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Быков Д.Е., Рюмина Н.В., Стрельникова Т.Г., Седогин М.П. Пути совершенствования городской системы обращения ТБО // Экология и промышленность России. Сер. Анализ. Методики. Прогнозы. 2005. Октябрь. С. 28-31.
2. Гарин В.М. Обращение с опасными отходами: учеб. пособие / под ред. В.М. Гарина и Г.Н. Соколовой. М. и др.: ТК Велби, Изд-во Проспект, 2005. 224 с
3. Государственная программа Новосибирской области «Охрана окружающей среды» 2015-2020: постановлением Правительства Новосибирской области от 28.01.2015 г. № 28-п [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.dproos.nso.ru/page/1370>

© Д. А. Матвеева, 2016

ЗАКОН ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВ – ОСНОВА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

Юрий Степанович Ларионов

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры экологии и природопользования, тел. (383)361-08-86, e-mail: larionov42@mail.ru

Ольга Александровна Ларионова

Российский экономический университет, Омский институт (филиал), 644009, Россия, г. Омск, ул. 10 лет Октября, 195, кор.18, кандидат сельскохозяйственных наук, преподаватель, тел. (383)361-08-86, e-mail: larionov42@mail.ru

Негативные последствия химизации на плодородие и биоту почв, продуктивность сельскохозяйственных растений в конце XX века стали очевидными. Предложена новая парадигма земледелия, учитывающая принципы управления плодородием почв, продуктивностью растений и устойчивостью агроценозов на основе закона плодородия почв и биоземледелия. Сформулирован закон плодородия почвы: плодородие почвы в процессе ее формирования

и использования пропорционально балансу органического вещества в ней. Он отражает эволюционно-и эколого-генетические принципы формирования почвы и её плодородия.

Ключевые слова: почва, плодородие, биоземледелие, агроценоз, парадигма.

THE LAW OF SOIL FERTILITY – THE BASIS OF ORGANIC AGRICULTURE

Yuri S. Larionov

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., doctor of agricultural Sciences, Professor of chair of ecology and nature management, tel. (383)361-08-86, e-mail: larionov42@mail.ru

Olga A. Larionova

Russian economic University, Omsk Institute (branch), 644009, Russia, Omsk, ul 10 let Oktyabrya, d. 195, cor.18, candidate of agricultural Sciences, Professor, tel. (383)361-08-86, e-mail: larionov42@mail.ru

The negative effects of chemicals on the biota and fertility of soils, productivity of agricultural plants in the late twentieth century became apparent. Proposed new paradigm for agriculture, taking into account the principles of management of soil fertility, plant productivity and sustainability of agroecosystems on the basis of the law of soil fertility and organic farming. Formulated the law of soil fertility: soil fertility in the process of its formation and use in proportion to the balance of organic matter in it. It reflects the evolutionary and ecological-genetic principles of soil and its fertility.

Key words: soil, fertility, organic farming, agrocenosis, paradigm.

Сегодня в сельскохозяйственном производстве необходимо делать ставку на принципиально новые инновационные решения, обеспечивающие обязательное повышение плодородия почв. Такие подходы являются прямым

следствием научно-технического прогресса интенсификации производства и служат решению существующих проблем развития, повышения качества продукции, экономической эффективности сельскохозяйственного производства и повышения здоровья, уровня жизни населения и продовольственной безопасности России [2,3,9,10,13,14,29].

Микроморфологические исследования показали, что даже небольшие дозы минеральных удобрений (30-45кг/га) оказывают отрицательное влияние на микроструктуру почвы, которое сохраняется на протяжении 1-2 лет после их внесения. Возрастает плотность упаковки микроагрегатов, снижается порозность, водоудерживающая способность почв и урожайность возделываемых культур [23]. Изменения, происходящие в почве под влиянием отдельных приемов современных технологий, связанные с потерей гумуса, усилением подвижности минеральных элементов, водно-физических свойств и мн. др. ведут к деградации почв, отрицательно влияют на активность биоты и абиотических систем: водоудерживающей способности, фиксации азота в почве, так как их функционирование зависит от физико-химических свойств и органического вещества, содержащегося в самой почве [6,9-11,23].

Усиливающаяся неустойчивость продуктивности полей, падение плодородия почв на планете при возрастающем требовании экологизации сельскохозяйственной отрасли в соответствии с новыми подходами к природопользованию диктуют необходимость смены парадигмы в целом в земледелии. Успешное решение поставленной проблемы в земледелии, по нашему мнению, как основополагающей науки о землепользовании, возможно только на основе смены старой парадигмы – интенсификации сельскохозяйственного производства на основе широкой химизации, на новую – биоземледелие без химизации. Новая парадигма, выдвигает в основу земледелия корнеоборот (чередование в пределах поля растений с различными типами корневых систем), биологическую защиту растений от вредителей, болезней и сорняков взамен минеральным удобрениям и пестицидам, т.е. загрязнению окружающей среды, снижению плодородия, принципу искусственного отбора - ограниченному набору культурных растений в севооборотах (плодосмен), связанному с хозяйственной целесообразностью одновидовых посевов, борьбе с сорными растениями, болезнями и вредителями химическими методами и другими приемами, перехода к биоземледелию. Оно основывается на эволюционно-генетическом и эколого-генетическом принципах взаимодействия косной и живой материи (различные виды растений, животных, микроорганизмов), которые обусловили формирование различных видов почв и их плодородие на нашей планете. Не соблюдение этих принципов в процессе сельскохозяйственного производства, т.е. использование почв под посев чистых культур без значительного расширения генетического разнообразия агроценозов на основе межвидового и внутривидового взаимодействия растений, животных, микроорганизмов в конкретной агроэкосистеме и функционирование их на принципе

искусственного, а не естественного отбора, лежащего в основе существования экосистем и биосферы в целом, ведет к деградации и падению их плодородия.

Становится совершенно очевидным то, что основными регуляторами биохимического круговорота в биосфере являются экосистемы, в которых значительная часть элементов совершает многократные внутренние обращения (малые циклы: биота – биоценотическая среда). При этом в любой биологической системе электромагнитные излучения (ЭМИ) и электромагнитные поля (ЭМП) формируют морфологию, поскольку сам геном представляет ничто иное как ЭМ систему. (гены, хромосомы находятся под контролем или функционируют на основе взаимодействий ЭМИ и ЭМП) . Особенно это касается сельскохозяйственного возделывания растений, где нарушение круговорота воды, углерода, кислорода, азота фосфора, серы, железа, магния и других элементов, участвующих в процессах метаболизма, приводит к снижению урожайности, плодородия почвы и её деградации. Этот эволюционный и экологический процесс круговорота веществ и энергии, сложившийся в биосфере, может быть целенаправленно использован человеком в сельскохозяйственном производстве на основе взаимодействия живых организмов различных уровней организации, как между собой, так и с минеральной частью планеты для производства продукции растениеводства, защиты её с помощью биометодов [26] от болезней, вредителей, сорных растений, повышения плодородия почв и урожайности возделываемых культур без привлечения средств химизации. Естественно его следует назвать Биоземледелием[18-21,28].

Биоземледелие – это управляемый процесс возделывания культурных растений и повышения плодородия почвы в конкретных агроэкологических условиях, основанный на сложном взаимодействии между собой, почвы с различными видами растений, животных и микроорганизмов, обеспечивающих их защиту от болезней, вредителей и сорных растений биологическим путем, где основой является синтез органического вещества и трансформация его в различные органо-минеральные формы.

Почва - это совокупность живой и косной материи, обеспечивающая устойчивую взаимосвязь их в биосфере планеты на основе круговорота вещества и энергии.

Как же формируется само плодородие почв связанное в первую очередь с разложением органического вещества(минерализацией) и гумификацией (накоплением сложного органо-минерального комплекса)?

Органическое вещество, консервирующее энергию солнца в химически связанной форме, является главным источником энергии для развития различных живых форм – растений и животных, а также почвы и формирование ее плодородия. Основным источником первичного органического вещества, поступающего в почву под естественным фитоценозом, являются остатки растений. Количество их зависит от вида растительных сообществ (естественных экосистем и искусственных агроценозов), увеличиваясь от зоны тундры к зоне широколиственных лесов в 5-6 раз. Максимальное ежегодное

количество растительного материала поступает в почвы умеренно засушливой степи (примерно в 2 раза больше, чем под лесами и колками). В сухой степи и, особенно в пустыне поступление в почву органического вещества резко уменьшается; в субтропической и тропической зонах значительно повышается. Фактически, органическое вещество почвы - это отмершие остатки растений, микроорганизмов, почвенных животных и продуктов их жизнедеятельности. Первичное органическое вещество, поступившее в почву, подвергается сложным превращениям, включающим процессы разложения, вторичного синтеза в форме микробной плазмы и гумификации. Сочетание названных процессов приводит в биологически активных почвах к образованию сложной смеси органических веществ, включающей: малоразложившиеся растительные остатки с сохранившейся структурой, промежуточные продукты разложения органических остатков (например, лигнин), коллоидные комплексы собственно гумусовых веществ, или остаточного происхождения, растворимые органические соединения, которые более или менее быстро минерализируются (или полимеризуются).

Взаимодействие такого сложного конгломерата органических веществ с минеральной частью почвы представляет собой существеннейшую черту почвообразовательного процесса.

Растительные остатки зерновых культур содержат питательных веществ меньше, чем растительные остатки бобовых. Озимая пшеница, ячмень, овес содержат в корнях 0,9-1,3% азота, 0,2-0,3% фосфора, в пожнивных остатках - 0,4-0,9% азота и 0,1-0,2% фосфора. В корневых остатках гороха, фасоли содержится 1,2-2% азота, 0,2-0,8% фосфора, 0,3-1,9% калия, а в пожнивных остатках, соответственно, 0,7-1,7%, 0,3-0,5% и 0,5-1,2%.

Корни и стерневые остатки растений после отмирания разлагаются в результате деятельности микроорганизмов и фауны почвы. Микрофлора использует органический материал в качестве источника пищи и энергии. На ход

и скорость разложения влияют, во-первых, внешние условия среды, зависящие от типа почвы и климата, влажности, температуры, pH почвы, содержание в ней кислорода и питательных веществ и, во-вторых, химический состав растительных остатков.

Особое значение имеет отношение C:N в органическом веществе. Свежее зеленое органическое вещество растительных остатков с узким отношением C:N стимулирует развитие микрофлоры почвы, которая за 7-15 дней разлагает её полностью, так как является для микрофлоры доступным источником питания с высоким содержанием азота. При низком содержании азота в органическом веществе микроорганизмы в большей степени используют минеральный азот почвы и разлагают его медленно, пример, солому пшеницы и др. зерновых. То же самое наблюдается для фосфора и калия, хотя гораздо реже. Таким образом, органическое вещество почв содержит все химические элементы, которые использовались, выращенными на этой почве растениями, а

состав их будет меняться в зависимости от вида растения и глубины проникновения корневой системы и др.

Наиболее подходящими для корнеоборота и использования в качестве поукосных, пожнивных и сидеральных культур для Центральных районов страны и Западной Сибири следует отнести в первую очередь такие культуры как: люцерна, люпин, горох, вика, клевер, рапс, сурепица, редька масличная, донник и др.

Таким образом, формируя на основе корнеоборота набор культур, обеспечивающий оптимальный баланс органического вещества почвы с учетом его количества и качества в любой почвенно-климатической зоне страны мы создаем надежную базу плодородию почвы и гарантию стабильному и высокому урожаю возделываемых культур, фактически без внесения минеральных удобрений, не создавая агроэкосистемных проблем.

Биоземледелие моделирует эволюционные и экологические процессы, которые представляют собой, ни что иное как, целенаправленные межвидовые и внутривидовые взаимодействия живых организмов (биологических объектов) между собой и косной материей (неживой материнской породой) в агроценозе. Они практически отражают эволюционно - и эколого-генетические принципы формирования почвы как геологического объекта на основе кругооборота веществ и энергии, а также принципов естественного и искусственного отборов при формировании почвы, агробиоценозов и агроэкосистем в конкретных экологических условиях (биоты, растительных и др. сообществ агроэкосистем). Только такой подход может обеспечить повышение плодородия почв в сельскохозяйственном производстве. При этом моделируемые межвидовые и внутривидовые взаимодействия живых организмов предусматривают, также обязательное целенаправленное применение биологических методов защиты растений и почвы, запускающих процессы гумификации и разложения органического вещества в почве, обеспечивающих круговорот химических элементов в ней, регулирующие механизмы экологической и биологической безопасности возделываемых культурных растений (с экологической точки зрения: деструкторов органических остатков, регуляторов численности энтомофагов, фитофагов, возбудителей болезней, численность сорных растений и др.).

Фактически, суть биоземледелия, которое мы предлагаем в замен существующим принципам и методам сельскохозяйственного производства, достаточно обоснованна (к тому же все его элементы уже разработаны физикой, биологией, экологией, почвоведением, земледелием, агрохимией, растениеводством, микробиологией и другими науками, их остается только теоретически осмыслить и объединить на основе сформулированных нами [18-21] принципов создания и существования живого на Земле), взяв за основу сложное взаимодействие биологических и минеральных систем почвы в биосфере. Теоретическое осмысливание выше названных наук с позиций эволюционно- и эколого-генетических механизмов формирования биосферы и почвы, на основе круговоротов, всех важнейших элементов сложнейшей

системы, которую представляет собой биосфера, позволяет нам сформулировать Закон плодородия почвы: Плодородие почвы в процессе ее формирования и использования пропорционально балансу органического вещества, формируемого под воздействием электромагнитных систем.

Закон плодородия почвы, обеспечивает понимание сути образования и существования почвы как планетарного объекта и основного средства производства в сельскохозяйственной отрасли. Оно, это средство производства, существует на основе принципов биземледелия, а именно: «Создание, сохранение

и повышение плодородия почв в любых агроэкологических условиях осуществляется путём поддержания корнеоборота растений в тесном взаимодействии с другими компонентами биоты (бактерии, грибы, водоросли, почвенные животные), воздуха и водообмена (водооборота) между живой и косной материей экосистемы».

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Абрамов Н.В., Семизоров С.А., Шерстобитов С.В. Прецизионное земледелие в Северном Зауралье: элементы внедрения. // Тез. Докл. III Международн. Конф. Окружающая среда и менеджмент природных ресурсов. Тюмень, 6-8.11-2012. - С. 13.
2. Баталова Т. С., Бегляров Г. А, Башенова А. В. и др. Системы защиты растений. – Л.: Агропромиздат, 1988. 367с.
3. Галль Л. Н. В мире сверхслабых. Нелинейная квантовая биоэнергетика: новый взгляд на природу жизни. /Лидия Галь, Дефис, СПб, 2009. -317с.
4. Добровольский Г. В., Никитин Е. Д. Функции почв в биосфере и экосистемах. - М.: Наука, 1990. 261 с.
5. Жуков А. И., Попов П.Д. Регулирование баланса гумуса в почве. — М.: Росагропромиздат, 1988. 40 с.
6. Жученко А. А. Адаптивное растениеводство (эколого-генетические основы) / А. А. Жученко. - Кишинев: Штиинца, 1990. – 432 с.
7. Зенин С. В., Полануер Б. М., Тяглов Б. В. Экспериментальное доказательство наличия фракций воды// Журн. «Гомеопатическая медицина и акупунктура». - 1998.-№ 2. – С. 41.
8. Карпик А. П., Осипов А. Г., Мурзицев П. П. Управление территорией в геоинформационном дискурсе: монография. – Новосибирск: СГГА, 2010. – 279 с.
9. Каштанов А.Н Сохраним и приумножим плодородие земли //Земледелие. -1999,№3. – С.7-8.
10. Кирюшин В.И. Теория адаптивно-ландшафтного земледелия и проектирование агроландшафтов. /В. И. Кирюшин, М. «КолосС» 2011.- 443с.
11. Ковда В. А. Как помочь нашим черноземам // Наш современник. 1986. № 7. С. 117—128.
12. Конев А.А. Система биологизации земледелия. Новосибирский ГАУ, Новосибирск, 2004.- 51с.
13. Красницкий В. М. Плодородие почв Сибирского Федерального округа в аспекте сегодняшнего дня. Сб. материалов межд. народн. н.-практ. конф. Посвящ. 75-лет. Ю. И. Ермохина /В.М. Красницкий, Ю. И. Ермохин/, Омск, Омский ГАУ, 2010. – С.128-138.
14. Курдюков В. В. Последствие пестицидов на растительные и животные организмы. — М.: Колос, 1982. 128 с.

15. Курдюмов Н. И. Мастерство плодородия /Н.И. Курдюмов. – Ростов на Дону: Изд. Дом «Владис», 2007. – 512с.
16. Ларионов Ю. С. Управление адаптивностью сорта / Ю.С. Ларионов, Л. М. Ларионова, Е. П. Новокрешинов – Челябинск: Челябинский ГАУ, 2004. - 301 с.
17. Ларионов Ю. С. Пути повышения продуктивности и стабильности функционирования агроэкосистем /Ю. С. Ларионов, Н. А. Ярославцев, А. А. Косов, О. А. Ларионова – Сб. материал. II межд. науч.-практ. конф. «Эколого-экономическая эффективность природопользов. На современ. этапе развития Западно-Сибирского региона» Омск, ОмГПУ, 2008 – С.100-104.
18. Ларионов Ю.С. Основы общей экологии и устойчивости биосферы / Ю.С. Ларионов, Л.М. Ларионова, Ю.П. Логинов – Тюмень: Тюменская ГСХА. Омск: Омский ГАУ, 2009. - 441 с.
19. Ларионов Ю.С. Закон плодородия почвы биологического земледелия. Сб. материалов межд. народн. Практ конф. Посвящ. 75-лет. Ю.И. Ермохина /Ю.С. Ларионов/, Омск, Омский ГАУ, 2010. – С.138-147.
20. Ларионов Ю.С. Основы эволюционной теории (концепции естествознания и аксиомы современной биологии в свете эволюции материи)/Ю.С. Ларионов, РГТЭУ, Омский институт (филиал), Омск, 2012 – 233с.
21. Ларионов Ю.С. Биоземледелие и закон плодородия почв. Сибирская гос. геодез. академ., Омский ГАУ, Омск, 2012.- 207с.
22. Милащенко Н.З. Плодородие почв – центральный вопрос земледелия //Земледелие. – 1999, №5. – С. 15-16.
23. Овсянников Ю.А. Теоретические основы эколого-биосферного земледелия./Ю.А. Овсянников, - Екатеринбург, изд. Уральского ГУ, 2000. – 263с.
24. Панов Н.П. Повышение плодородия почв - важнейшие условия получения высоких и устойчивых урожаев // Вести, с.-х. науки. 1983. № 10. С. 68-75.
25. Чулкина В.А. Фитосанитарная оптимизация растениеводства в Сибири. 3-х томник: зерновые культуры (I), крупяные, зернобобовые и кормовые культуры (II), технические культуры (III). / В.А. Чулкина, В.М. Медведчиков, Е.Ю. Торопова, Г.Я. Стецов, Ю.И. Чулкин, В. И. Воробьев, под ред. П.Л. Гончарова – Новосибирск, 2001.
26. Штерншис М.В. Биологическая защита растений./М.В. Штерншис. М.: «КолосС» 2004.- 264с.
27. Экологическая доктрина Российской Федерации. М., 2002.
28. Яшутин Н. В. Биоземледелие (научные основы, инновационные технологии и машины)/ Н. В. Яшутин, А.П. Дробышев, А. И. Хоменко – Барнаул, изд. АГАУ, 2008. – 191с.
29. Постановление правительства Российской Федерации от 14 июля 2012г. № 717 «О Государственной программе развития сельского хозяйства и регулировании рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2013-2020 годы» Москва, 2012.

© Ю. С. Ларионов, О. А. Ларионова, 2016

ИССЛЕДОВАНИЕ И ПРОГНОЗ ТЕНДЕНЦИЙ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА СИБИРСКОГО РЕГИОНА

Татьяна Олеговна Перемитина

Институт химии нефти СО РАН, 634021, Россия, г. Томск, пр. Академический, 4, кандидат технических наук, научный сотрудник лаборатории «Научно-исследовательский информационный центр с музеем нефтей», тел. (3822)-49-22-27, e-mail: pto@ipc.tsc.ru

Ирина Германовна Яценко

Институт химии нефти СО РАН, 634021, Россия, г. Томск, пр. Академический, 4, кандидат геолого-минералогических наук, зав. лабораторией «Научно-исследовательский информационный центр с музеем нефтей», тел. (3822)-49-18-11, e-mail: sric@ipc.tsc.ru

Виктория Петровна Днепровская

Институт химии нефти СО РАН, 634021, Россия, г. Томск, пр. Академический, 4, младший научный сотрудник лаборатории «Научно-исследовательский информационный центр с музеем нефтей», тел. (3822)-49-22-27, e-mail: vpi@ipc.tsc.ru

Тенденция изменения климата остается одной из самых сложных проблем в науках о Земле. Вопросы о глобальном потеплении все шире рассматриваются во всех сферах жизни, однако вопрос о причинах его проявления по-прежнему спорен, так как проявляется как значительное потепление, так и похолодание в отдельных районах Земли. Поэтому рассмотрение климатических изменений в отдельных районах особо важно для России из-за широкого спектра пространственных природно-обусловленных различий.

Ключевые слова: климатические данные, Западная и Восточная Сибирь, методы факторного анализа, прогноз, тенденции.

STUDY AND FORECAST TRENDS OF CLIMATE CHANGE OF THE SIBERIAN REGION

Tatiana O. Peremitina

Institute of Petroleum Chemistry, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, 634021, Russia, Tomsk, 4 Akademicheskoy Avenue, Ph. D. in Technical Science, research associate, tel. (3822)49-18-11, e-mail: pto@ipc.tsc.ru

Irina G. Yashchenko

Institute of Petroleum Chemistry, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, 634021, Russia, Tomsk, 4 Akademicheskoy Avenue, Ph. D. in Technical Science, research associate, tel. (3822)49-18-11, e-mail: pto@ipc.tsc.ru

Viktoriya P. Dneprovskaya

Institute of Petroleum Chemistry, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, 634021, Russia, Tomsk, 4 Akademicheskoy Avenue, junior research associate, tel. (3822)49-18-11, e-mail: vpi@ipc.tsc.ru

The trend of climate change remains one of the most complex problems in Earth Sciences. Questions about global warming is increasingly considered in all spheres of life, however, the question about the reasons for its existence is still controversial, as is manifested as a significant

warming and cooling in certain areas of the Earth. Therefore, the consideration of climate change in some areas is especially important for Russia because of the wide range of Natural spatial positional differences.

Key words: climate data, Western and Eastern Siberia, methods of factor analysis, forecast, trends.

Тенденции изменения климата остаются одними из самых сложных проблем на Земле. Противоречивость данных об изменении климата, которая проявляется как в значительном потеплении, так и в похолодании в отдельных регионах, вызывает споры и дискуссии. Анализ и прогноз тенденций изменений метеоданных особо важен для России по причине ее масштабной широтно-долготной протяженности и разнообразия природно-ландшафтных комплексов, характеризующиеся широким спектром пространственных климатически-обусловленных различий [1].

В работе рассмотрена территория Сибири в виду ее важной роли в климатообразующих процессах. Территория Сибири лежит в трех климатических поясах, таких как арктический, субарктический и умеренный, и делится на две основные части: Западная и Восточная Сибирь, климат которых существенно отличается [2]. Цель нашей работы - на основе разновременных данных изменения атмосферной температуры показать особенности динамики ее изменений и прогностические тенденции для исследуемых территорий.

Ввиду многомерности многолетних данных об изменении климата Западной и Восточной Сибири для проведения анализа появляется потребность представления информации в более компактном описании, а именно - в сжатии информации до более важных и существенных характеристик и исключение избыточных данных. Для решения этих задач в работе использованы методы факторного анализа [3, 4], например, разложение Холецкого [5] и LU-разложение [6]. Для более детального анализа изменений метеоданных помимо методов факторного анализа использованы методы классификации и методы наглядного отображения результатов численных расчетов [7].

К Западной Сибири относят Омскую, Новосибирскую, Кемеровскую, Тюменскую и Томскую области, Ханты-Мансийский и Ямало-Ненецкий автономные округа, республику Алтай и Алтайский край, территории которых располагаются на Западно-Сибирской равнине и охватывают три климатических пояса - арктический, субарктический и умеренный. При этом относительно температурного режима атмосферы в Западной Сибири преобладает континентальный климат, распространение которого увеличивается с запада на восток. Однако, протяженные Васюганские болота оказывают влияние на уровень влажности территории, в следствие чего, в среднем снижается температура воздуха за летний период.

К Восточной Сибири относят Иркутскую область, Республики Тыва, Хакасия, Якутия и Бурятия, Забайкальский и Красноярский края. Восточная Сибирь является одним из самых холодных мест на нашей планете, при этом климатические пояса такие же, как в Западной Сибири (арктический,

субарктический и умеренный), но субарктический климатический пояс протянулся дальше, чем в Западной части и климат умеренных широт сменяется с континентального на резко-континентальный, который является преобладающим климатом в Восточной Сибири. Суровый резко-континентальный климат характеризуется холодной зимой (до -50°C) и очень солнечным засушливым летом.

В данной работе использованы средние значения измерений температуры воздуха с 9 метеостанций Западной и Восточной Сибири за 1955-1998 гг., местоположение которых представлено в таблице.

Таблица

География расположения метеостанций Сибири

№	Название	Обозначение	Координаты
1	Колпашево	ЗС-К1	$58^{\circ}19'00'' / 82^{\circ}55'00''$
2	Томск	ЗС-Т1	$56^{\circ}29'19'' / 84^{\circ}57'08''$
3	Барабинск	ЗС-Б1	$55^{\circ}21'00'' / 78^{\circ}21'00''$
4	Барнаул	ЗС-Б2	$53^{\circ}20'49'' / 83^{\circ}46'37''$
5	Красноярск	ВС-К1	$56^{\circ}00'00'' / 92^{\circ}50'00''$
6	Енисейск	ВС-Е1	$58^{\circ}28'00'' / 92^{\circ}08'00''$
7	Богучаны	ВС-Б1	$58^{\circ}22'43'' / 97^{\circ}26'08''$
8	Нижнеудинск	ВС-Н1	$54^{\circ}54'00'' / 99^{\circ}01'00''$
9	Минусинск	ВС-М1	$53^{\circ}42'00'' / 91^{\circ}41'00''$

Сложность и трудоемкость анализа данных с метеорологических станций заключается в том, что в них сконцентрирован целый комплекс неявной, скрытой информации, так как любое природное явление описывается множеством внешних и внутренних факторов. Например, в нашем случае для каждой метеостанции массив данных состоял из обработанных 12 среднемесячных значений температуры за 44 года исследований (528 записей).

Анализ массива данных с применением описанных выше методов показал, что согласно корреляционным связям между среднемесячными температурами выделяется 3 класса территорий, объединяющих соответствующие метеостанции, распределение которых, согласно географической привязки, представлено на рис. 1.

Как видно из рис. 1а, с помощью математической обработки данных объединение в классы получилось следующим - в первый класс вошли метеостанции городов Колпашево, Томск, Барабинск и Барнаул; во второй класс - метеостанции Енисейска, Богучан, Красноярска и Нижнеудинска; третий класс состоит из одной метеостанции города Минусинска. Состав классов объясняется следующими фактами: во-первых, разделение территорий по температурному режиму и длительности холодных и теплых периодов в течение года (отличие между Западной и Восточной Сибири в характеристиках температурного режима), во-вторых, особенности географического расположения (вершинами ветвей графа на рис. 1а являются метеостанции, расположенные в районах Крайнего Севера - Колпашево и Енисейск, а

остальные члены класса расположены по мере их географической удаленности, за исключением класса с минусинской метеостанции). Следует отметить, что хотя Минусинск и относится к Восточной Сибири, метеостанция Минусинска выделяется в отдельный класс из-за географических отличий территории, а именно, Минусинск расположен в центре обширной лесостепной Минусинской котловины, окруженной со всех сторон горными хребтами, а так же влияние Саяно-Шушенского водохранилища на климат всего региона.



Рис. 1. Граф взаимозависимости 3 классов территорий (а) и их расположение (б)

Тренд изменения средней температуры за исследуемый период (рис. 2) демонстрирует, что существует тенденция потепления климатических условий в среднем на $0,46^{\circ}\text{C}$ по всем метеостанциям, однако в Минусинске и Нижнеудинске потепление максимальное - на 1°C , а в Томске оно практически не наблюдается.

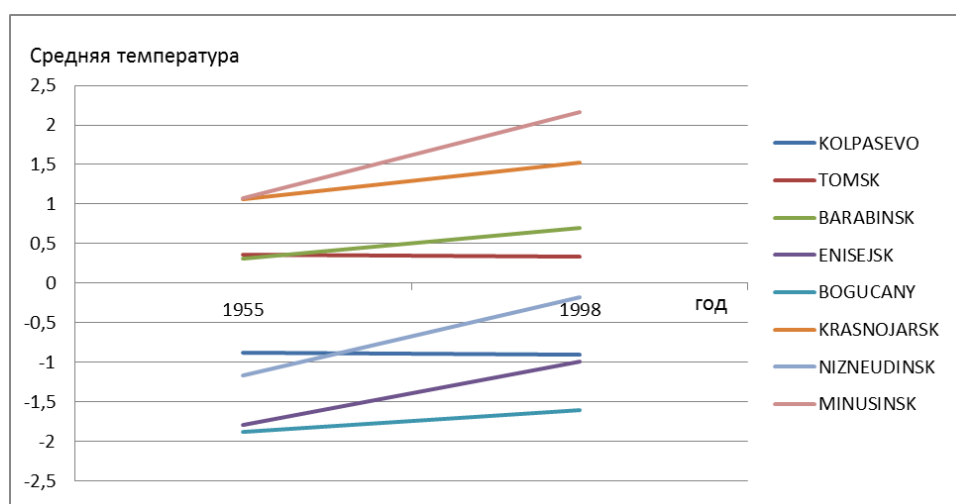


Рис. 2. Линейные тренды изменения среднегодовой температуры на метеостанциях Сибири за период с 1955-1998 гг.

Рассматривая среднемесячную температуру исследуемого периода с разделением на западную и восточную группу метеостанций (рис. 3), можно

заклучить, что по нашим данным подтверждена тенденция изменения атмосферной температуры - в Западной Сибири средняя температура выше как для холодного, так и для теплого периодов года, однако, для Восточной Сибири смена сезонов весна-лето и лето-осень проходит более сглажено и без скачков, что объясняется отсутствием в целом сильных ветров и малым объемом осадков в летний период.

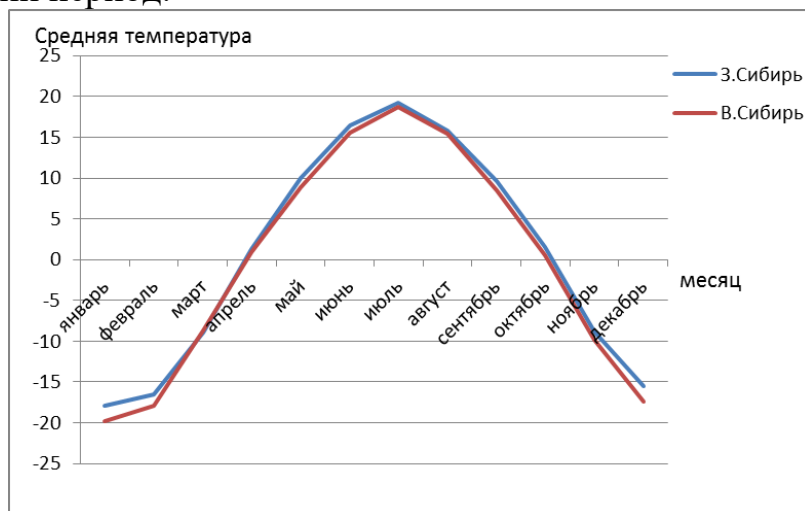


Рис. 3. Графики изменения месячной температуры Западной и Восточной Сибири

Таким образом, анализ корреляционных связей между средними значениями температурных изменений исследуемых территорий показал схожесть и отличия температурных режимов и климатических условий. Выявленные характеристики позволяют выбрать синусоидальную модель прогнозирования погодных условий, которую можно рассматривать в комплексе с моделью осадков данных районов, что позволит ориентироваться в таких направлениях, как прогностическое определение начала холодных и теплых периодов, что имеет большое хозяйственное значение.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Волкова М.А., Чередыко Н.Н., Кусков А.И. Температурные риски и оценка вероятности их возникновения на территории Алтайского края и Республики Алтай // Вестник ТГУ. 2012. № 355. С. 148-153.
2. Кобышева Н.В. Климат России. - СПб: Гидрометеиздат. 2001. 655 с.
3. Белонин М.Д., Голубева В.А., Скублов Г.Т. Факторный анализ в геологии. - М.: Недра, 1982. 269 с.
4. Ким Дж., Мюллер Ч.У. Факторный, дискриминантный и кластерный анализ. - М.: Финансы и статистика, 1989. 215 с.
5. Разложение Холецкого [Электронный ресурс]. - Режим доступа: http://en.wikipedia.org/wiki/Cholesky_decomposition, свободный (дата обращения 14.09.2015).
6. LU - decomposton [Электронный ресурс]. - Режим доступа: http://en.wikipedia.org/wiki/LU_decomposition, свободный (дата обращения 14.09.2015).
7. Лучкова С.В., Перемитина Т.О., Яценко И.Г. Применение программного комплекса анализа многомерных данных на основе нечеткого и статистического моделирования // Информационные технологии. 2014. № 1. С. 24-30.

несмотря на устойчивый интерес к постпирогенным трансформациям экосистем, до сих пор остается слабо изученным вопрос о влиянии пожаров на изменения биомассы почвенных микроорганизмов – важнейшего агента восстановления таежной экосистемы. Целью данной работы было установление особенностей состояния микробиологического компонента деструкционного звена биологического круговорота в почве таежной экосистемы в северной тайге Западной Сибири на ранней стадии восстановительной сукцессии после сильного пожара.

В таежной зоне, занимающей большую часть бореального пояса, наиболее распространены почвы подзолистого ряда, образующиеся в результате развития подзолообразовательного процесса. Специфические почвенно-климатические условия и характер растительного опада накладывают свой отпечаток на характер биоты подзолистых почв и на особенности деструкционных процессов. Практически вся биота этих почв сосредоточена в подстилке и в верхнем 30–35 сантиметровом слое, а подавляющее большинство микроорганизмов и панцирных клещей обитают в подстилке и в верхнем горизонте почвы [7, 8].

Исследование было проведено в 1999–2001 гг. в подзоне северной тайги Западной Сибири, в центральной части Сибирских Увалов. В качестве объектов исследования в окрестностях города Ноябрьска Тюменской области были выбраны две экосистемы на подзолах иллювиально-железисто-гумусовых: сосново-лиственничный лес через 7 лет после сильного пожара (Л 1) и климаксовый негорелый сосновый лес с примесью кедра и осины, с хорошо развитым лишайниково-зеленомошно-кустарничковым ярусом (Л 2), выбранный в качестве контроля. Ко времени проведения исследования в экосистеме ЛГ отсутствовал подрост, но сохранился мертвый сухой древостой. Мохово-кустарничковый покров восстановился только фрагментарно.

Образцы для почвенно-микробиологического анализа отбирались по общепринятой методике [9] в третьей декаде июля 1999 г., во второй декаде июля 2000 г. и в первой декаде сентября 2001 г. из горизонтов A_1 и B_h . В почвенных образцах определялось содержание $C_{орг}$ мокрым сжиганием по Тюрину [10]. Углерод в биомассе почвенных микроорганизмов (C -биомассы) определялся методом фумигации-инкубации [11] с модификациями [12].

Измерение скорости выделения CO_2 является самым простым методом оценки общей метаболической активности почвенного микробного сообщества [13]. Дыхательная активность оценивалась по количеству CO_2 , выделившемуся из почвы (навеска 2 г), инкубированных 2 суток в темноте в плотно закрытом пенициллиновом флаконе при температуре $28^{\circ}C$ и влажности равной 60% полной влагоемкости [14].

Статистическая обработка результатов проводилась методами вариационного и дисперсионного анализов [15, 16].

Анализ концентрации $C_{орг}$ и микробиологических характеристик изученных почв был проведен по средним (за три года) значениям изученных показателей. Уровень $C_{орг}$ в горизонте A_1 в послепожарном лесу оказался в 6 раз ниже, чем в аналогичном почвенном горизонте в контрольной экосистеме

(рис. 1), что может быть связано со значительным ускорением процесса минерализации гумусовых веществ в первые годы после пожара. Показано, что после сильного пожара происходит увеличение нестабильности гумусовых веществ почвы [17]. В горизонтах Bh существенных различий между исследованными экосистемами по данному показателю установлено не было.

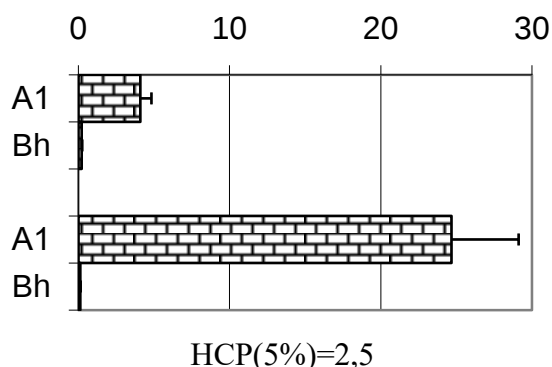


Рис. 1. $C_{орг}$ (%) в верхних горизонтах исследованных почв (Л 1 – вверху, Л 2 – внизу)

Содержание С-микробιοбиомассы в горизонте А1 в почве послепожарного леса (Л 1) оказалось в 3,5 раза ниже, чем в почве контрольной экосистемы (Л 2). В горизонте Bh различия между экосистемами по данному показателю были несущественными (рис. 2). В работе по исследованию пирогенной сукцессии в северотаежных почвах Финноскандии также делаются выводы о значительном снижении биомассы микроорганизмов (в первую очередь за счет снижения биомассы микромицетов) в послепожарных сосняках по сравнению с сосняками, длительное время не подвергавшимся катастрофическим воздействиям [6].

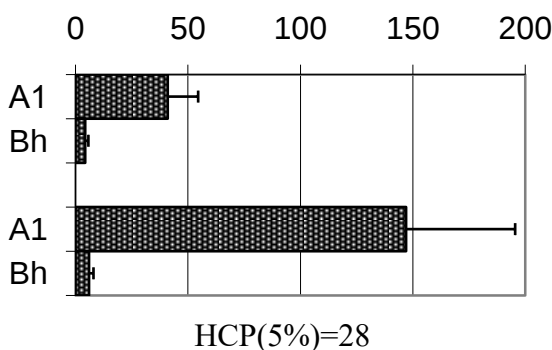


Рис. 2. С-биомассы микроорганизмов (мг С / 100 г почвы) в верхних горизонтах исследованных почв. Обозначение как на рис. 1

Дыхательная активность в горизонте А1 послепожарного леса (Л 1) оказалась почти в 7 раз ниже, чем горизонте А1 негорелого леса (Л 2) (рис. 3). Различия между экосистемами по данному показателю в горизонтах Bh оказались незначимыми.

Таким образом, биомасса и метаболическая активность почвенных микроорганизмов через 7-9 лет после сильного пожара в северной тайге характеризуется значениями, в общем, в 4,5 раз меньшими, чем в почве контрольной экосистемы. Содержание $C_{орг}$ в экосистеме через 7-9 лет после пожара оказалось в 6 раз меньше, чем в контрольной экосистеме. При этом трансформацией оказался затронут только верхний горизонт A1. В горизонте Bh изученные показатели в контрольной и послепожарной экосистемах достоверно не различались.

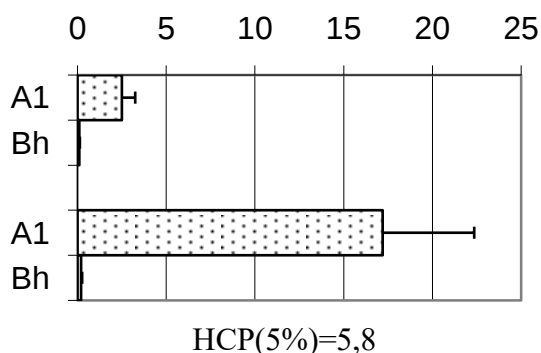


Рис. 3. Дыхательная активность микроорганизмов (мкг С-СО₂ / г почвы в час) в верхних горизонтах исследованных почв. Обозначение как на рис. 1

В освоение таежных экосистем предприятиями нефтегазодобывающей и лесной отрасли приводит к резкому увеличению частоты возникновения лесных пожаров [18]. Поэтому интерес к послепожарным экосистемам остается устойчиво высоким [19, 20, 21]

В проведенных ранее исследованиях показано, что пожары низкой интенсивности в хвойных лесах приводят к активизации микробиологических процессов, и уже через год после пожара разница в биомассе почвенных микроорганизмов и показателях метаболической активности между горелыми и контрольными участками отсутствовала [5, 19]. В тоже время в ряд авторов делает вывод, что при пожарах средней интенсивности численность основных групп микроорганизмов уменьшается незначительно, и происходит изменение соотношения в качественном составе доминантных и содоминантных видов [20], но уже через 4 года в почвах гарей наблюдается увеличение содержания всех групп микроорганизмов в 1,5-3 раза по сравнению с почвами контрольных участков [21].

Действие пожара высокой интенсивности в зонах с сильным прогоранием приводит к снижению в 2 раза $C_{орг}$ и биомассы микроорганизмов в верхнем почвенном горизонте. Поскольку определяющую роль в функционировании лесной почвы хвойного леса играет лесная подстилка, становится очевидной сложность первых этапов восстановительной послепожарной сукцессии на подзоле [19, 22]. Показано, что даже после 20-лет восстановления сосняков в таежной зоне, слой подстилки может вообще отсутствовать [23]. Это объясняет

длительные сроки восстановления почвенно-биологических показателей в ходе первичных и вторичных сукцессий в северной части таежной зоны.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Санников С. Н. Лесные пожары как фактор преобразования структуры, возобновления и эволюции биогеоценозов // Экология. – 1981. – № 6. – С. 24–33.
2. Фуряев В. В. Роль пожаров в процессе лесообразования. Новосибирск: Наука, 1996. – 253 с.
3. Fire effect on bellowground sustainability: review and synthesis / D. G. Nearly, C. C. Klopatek, L. F. De Bano, P. F. Folliott // Forest ecology and management. – 1999. – V. 122. – P. 51–71.
4. Видовой состав и структура живого напочвенного покрова в сосняках после контролируемого выжигания / В. Д. Перевозчикова, Г. А. Иванова, В. А. Иванов и др. // Сибирский экологический журнал. – 2005. – № 1. – С. 135–141.
5. Пирогенная трансформация почв сосняков средней тайги Красноярского края / И. Н. Безкоровайная, Г. А. Иванова, П. А. Тарасов и др. // Сибирский экологический журнал. – 2005. – № 1. – С. 143–152.
6. Численность и биомасса почвенных микроорганизмов северо-таежных сосновых лесов при пирогенной сукцессии / В. В. Никонов, Н. В. Лукина, Л. М. Полянская и др. // Почвоведение. – 2006. – № 4. С. – 484–494.
7. Fritze H., Pietikainen J., Pennanen T. Distribution of microbial biomass and phospholipid fatty acids in Podzol profiles under coniferous forest // European Journal of Soil Science. – 2000. – V. 51. – P. 565–573.
8. Сорокина О. А., Сорокин Н. Д. Влияние сосняков разного возраста на биологическую активность залежных почв Среднего Приангарья // Почвоведение. – 2007. – № 5. – С. 627–634.
9. Звягинцев Д. Г. Методы почвенной микробиологии и биохимии. – М.: Изд-во МГУ, 1991. – 304 с.
10. Аринушкина Е. В. Руководство по химическому анализу почв. – М.: Изд-во МГУ, 1970. – 487 с.
11. Jenkinson D. S., Powlson D. S. The effect of biocidal treatments on metabolism in soil. V. A method for measuring soil biomass // Soil Biology and Biochemistry. – 1976. – V. 8. – P. 209–213.
12. Ross D. J., Tate K. R. Microbial C and N litter and soil of a Southern beech (*Nothofagus*) forest: comparison of measurement procedures // Soil Biology and Biochemistry. – 1993. – V. 25. – P. 467–475.
13. Tate R. L. III Soil organic matter: Biological and ecological effects. New York: Willey, 1987. – 291 p.
14. Склоновые процессы техногенных экосистем как фактор почвообразования / И. Л. Клевенская, С. А. Таранов, С. С. Трофимов, Ф. А. Фаткулин // Техногенные экосистемы. Организация и функционирование. – Новосибирск: Наука, Сиб. отд-ние, 1985. – С. 23–38.
15. Плохинский Н. А. Биометрия. – М.: Изд-во МГУ, 1970. – 367 с.
16. Сорокин О. Д. Прикладная статистика на компьютере. – Краснообск: ГУП РПО СО РАСХН, 2004. – 162 с.
17. Knicker H. How does fire affect the nature and stability of soil organic nitrogen and carbon? A review // Biogeochemistry. – 2007. – V. 85. – P. 91–118.
18. Шарикалов А. Г., Якутин М. В. Геоэкологический анализ состояния антропогенных экосистем // Вестник СГГА. – 2011. – Вып. 16. – С. 95–100.

19. Богородская А. В., Иванова Г. А., Тарасов П. А. Послепожарная трансформация микробных комплексов почв лиственничников нижнего Приангарья // Почвоведение. – 2011. – № 1. – С. 56–63.
20. Сорокин Н. Д. Микробиологический мониторинг нарушенных наземных экосистем Сибири // Известия РАН. Серия биологическая. – 2009. – № 6. – С. 728–733.
21. Сорокин Н. Д., Евграфова С. Ю., Гродницкая И. Д. Влияние низовых пожаров на биологическую активность криогенных почв севера Сибири // Почвоведение. – 2000. – № 3. – С. 315–319.
22. Post-fire soil microbial biomass and nutrient content of a pine forest soil from a dunal Mediterranean environment / S. Dumontet, H. Dinel, A. Scopa et al. // Soil Biology and Biochemistry. – 1996. – V. 28. – P. 1467–1475.
23. Моделирование динамики органического вещества в лесных экосистемах [отв. ред. В.Н.Кудеяров]. – М.: Наука, 2007. – 380 с.

© М. В. Якутин, 2016

УДК 504.064.36

ПОСТРОЕНИЕ МОДЕЛЕЙ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА ГОРОДСКИХ ТЕРРИТОРИЙ В СРЕДЕ ГИС

Екатерина Игоревна Зыкова

АО «Швабе – Оборона и Защита», 630082, Россия, г. Новосибирск, ул. Дуси Ковальчук, 179/2; Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плеханова, 10, студент, тел. (961)847-33-96, e-mail: katya3396@mail.ru

Разработан алгоритм совместного использования унифицированной программы расчета загрязнения атмосферы и геоинформационной системы «Panorama».

Ключевые слова: выбросы загрязняющих веществ, приземные концентрации загрязняющих веществ, источник выбросов, модель загрязнения атмосферного воздуха.

CONSTRUCTION OF MODELS OF AIR POLLUTION OF URBAN AREAS IN A GIS ENVIRONMENT

Ekaterina I. Zyкова

JSC «Shvabe – defense and Protection», 630082, Russia, Novosibirsk, 179/2 Dusi Koval'chuk St.; Siberian State University of Geosystems and Technologies, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., a student, tel. (961)847-33-96, e-mail: katya3396@mail.ru

Developed an algorithm of sharing a unified program for calculating air pollution and geoinformation system «Panorama».

Key words: emissions of pollutants, ground-level concentrations of pollutants, the source of emissions, air pollution model.

Современный город представляет собой плотно застроенную территорию. Исторически сложилось так, что промышленные предприятия, предназначенные для обеспечения потребностей населения в продукции и рабочих местах, расположились в черте населённого пункта. Функционирование объектов промышленности, как известно, связано с негативным воздействием на окружающую среду, а соответственно и на

человека. Оценка загрязнённости территории города химическими веществами необходима для определения благоприятных для проживания районов, принятия мер по снижению негативного воздействия. Также необходимо выявить насколько соответствует качество атмосферного воздуха гигиеническим нормативам.

Расчёт приземных концентраций и массы загрязняющих веществ, поступающих в атмосферный воздух от конкретного источника выбросов, рассчитывается с помощью специализированных программ. Любая, из существующих отечественных УПРЗА (унифицированная программа расчёта загрязнения атмосферы) основана на методике ОНД-86. Расчет согласно этой методике выполняется на основе данных о типе и мощности производства.

Программное обеспечение ЭРА-Воздух, ориентировано на расчёт мощности выбросов и приземных концентраций загрязняющих веществ. Работа с пространственной информацией практически сводится к визуализации проведённых расчётов. Полученные в графическом блоке программы данные, можно использовать только в качестве иллюстраций.

Алгоритм учёта фоновых концентраций и совместного действия различных источников сложный в использовании. Кроме того, реализуется отдельными коммерческими модулями.

Для наглядного представления данных о мощности выбросов загрязняющих веществ, полученных в результате расчёта, а также для дальнейшего анализа произошедших изменений с помощью средств ГИС был разработан алгоритм. В его основу положено использование программных продуктов ЭРА-Воздух и Карта 2008.

Этапы работы:

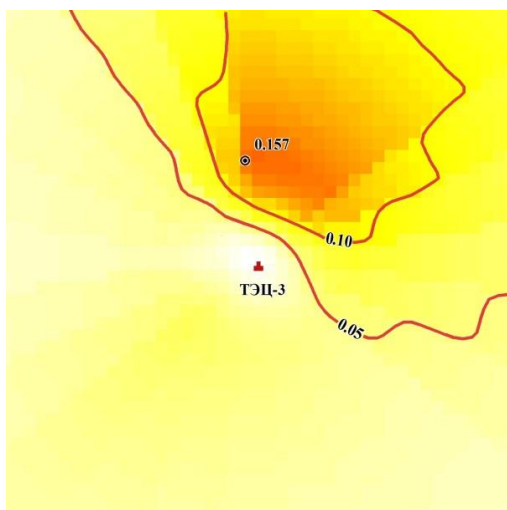
1. Расчёт в УПРЗА Эра массы выбросов загрязняющих веществ ежегодно поступающих в атмосферный воздух от ТЭЦ-3. Основой для проведения расчётов послужили данные о количестве ежегодно сжигаемого топлива, его качественных характеристиках (низшая теплота сгорания, сернистость, зольность, влажность), технических характеристиках топливо сжигающих установок (котлов) и режимах их работы.

2. Построение для каждого загрязняющего вещества матрицы со значениями его концентрации в каждой расчётной точке приземного слоя атмосферного воздуха в расчётном блоке, в программной среде УПРЗА Эра.

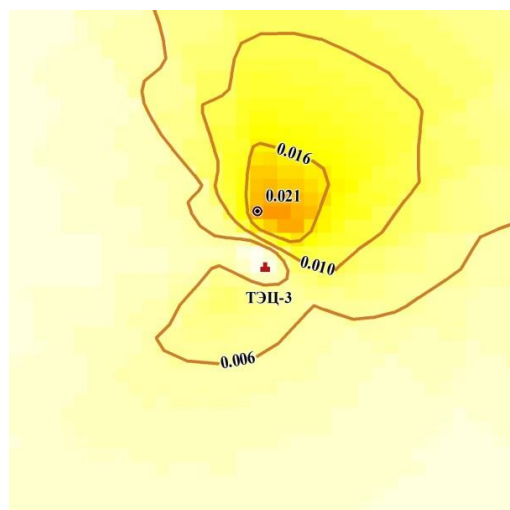
3. Экспорт данных о распределении концентраций загрязняющих веществ в пространстве в текстовые файлы, преобразование файлов в формат, воспринимаемый ГИС Панорама, импорт данных и построение «матриц качества» в ГИС Панорама.

4. Автоматизированное построение в среде ГИС изолиний с соответствующими значениями концентраций в долях ПДК для каждого из рассматриваемых загрязняющих веществ.

На рис. 1 наибольшим значениям концентрация загрязняющих веществ соответствуют тёмные области матрицы.



а)

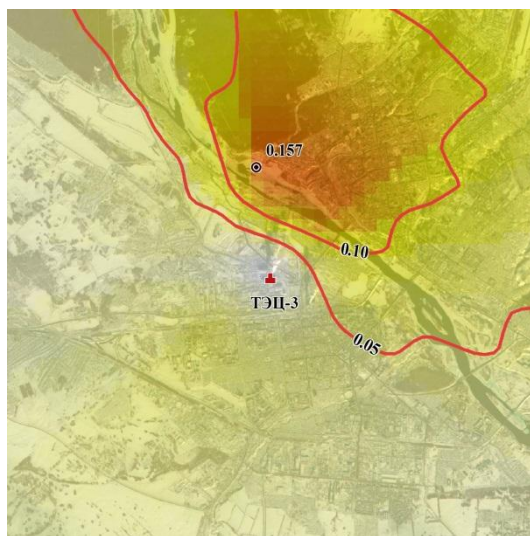


б)

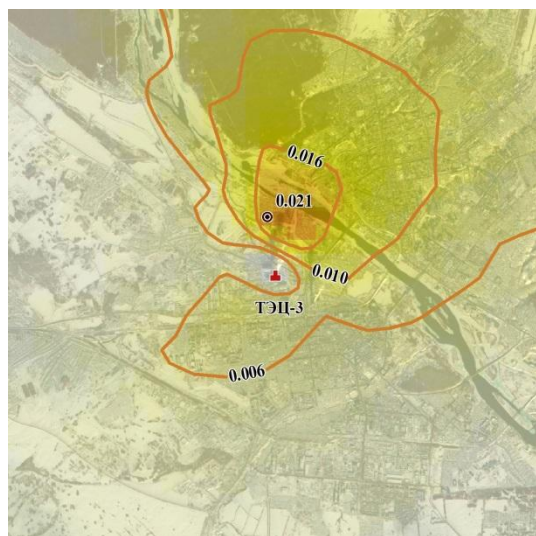
Рис. 1. Матрицы рассеивания загрязняющих веществ:

а) диоксида серы, б) твёрдых частиц

Работа в среде ГИС позволяет совместно анализировать различную пространственную информацию. На фоне построенных изолиний представлен снимок Landsat 8 за январь 2015 года в комбинации каналов 543 (рис. 2). Наглядно видно текущее влияние ТЭЦ-3 и дальность распространения загрязнения без учёта фоновых концентраций и влияния других предприятий города.



а)



б)

Рис. 2 Матрицы рассеивания загрязняющих веществ на фоне снимка Landsat 8 за январь 2015 года:

а) диоксида серы, б) твёрдых частиц

Совместное использование ГИС с УПРЗА Эра позволит строить модели загрязнения атмосферного воздуха как отдельно взятым ЗВ или группами веществ, обладающими эффектом суммации, так и по интегральному показателю ИЗА (индекс загрязнения атмосферы) с учётом и без учёта фоновых концентраций. Чтобы учесть значение фоновых концентраций необходимо

получить информацию со стационарных пунктов наблюдения за загрязнением атмосферы (ПНЗА).

Разработанный на примере оценки воздействия ТЭЦ-3 на воздушную среду города Новосибирска алгоритм можно использовать как для оценки влияния конкретного объекта, являющегося источником негативного воздействия на атмосферный воздух, так и для сводной оценки загрязнения воздушной среды городских территорий, оценки эффективности планируемых мероприятий промышленных предприятий по снижению объёмов выброса ЗВ в атмосферный воздух.

Таким образом, совместное использование УПРЗА и ГИС позволит оценивать воздействие объектов НВОС на воздушную среду города (на конкретные его районы) и на основе этого рационально планировать развитие территории.

© Е. И. Зыкова, 2016

К ВОПРОСУ О РТУТНОМ ЗАГРЯЗНЕНИИ ТЕРРИТОРИИ ПАВЛОДАРСКОГО ХИМЗАВОДА

Аида Ахметбековна Калиева

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плеханова, 10, кандидат геолого-минералогических наук, доцент кафедры экологии и природопользования, тел. (913)453-07-80, e-mail: Kalieva_aida@mail.ru

Алена Викторовна Ермиенко

Липецкий институт кооперации, филиал Белгородского университета кооперации, экономики и права, 398002, Россия, г. Липецк, ул. Зегеля, 25а, старший преподаватель кафедры товароведно-технологических дисциплин, тел. 8(474)233-45-91, e-mail: Alena18er@bk.ru

Приводятся основные потери металлической ртути производства ПО «Химпром», показано, что накапливаемая ртуть находится, в основном, в неорганической форме, но под воздействием естественных химических и биологических реакций может переходить в легко растворимые в воде органические соединения, обладающие сверхвысокой токсичностью.

Ключевые слова: ртутное загрязнение, метаболические превращения ртути.

ON THE ISSUE OF MERCURY CONTAMINATION OF PAVLODAR CHEMICAL PLANT

Aida A. Kaliyeva

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., candidate of geological-mineralogical sciences, assistant professor of ecology and nature, tel. (913)453-07-80, e-mail: Kalieva_aida@mail.ru

Alena V. Ermienko

Lipetsk Institute of Cooperatives (branch) Belgorod University of Cooperation, Economics and Law, 398002, Lipetsk, Russia, st. Sögel, 25a, Art. Lecturer, Department of tovarovednyh technological disciplines, tel. 8(474)233-45-91, e-mail: Alena18er@bk.ru

The basic metallic mercury production loss «Khimprom» shows that accumulated mercury, remain mostly in an inorganic form, but under the influence of natural, chemical and biological reactions can proceed in a readily water-soluble organic compound having ultrahigh toxicity.

Key words: mercury pollution, metabolic transformation of mercury.

Город Павлодар и его окрестности относятся к числу наиболее экологически неблагоприятных районов Казахстана. Здесь, под воздействием широко развитой промышленности и сельского хозяйства, действующих на протяжении нескольких десятилетий, сформировались обширные по площади очаги техногенного загрязнения с очень высокой степенью концентрации различных химических элементов. Однако среди них наибольшую опасность для окружающей среды и ее обитателей представляет интенсивное ртутное

ОАО «Павлодарский химический завод», в составе которого с 1975 по 1993 гг. действовало производство хлора и каустической соды ртутным методом, расположено в северной части г. Павлодара и входит в состав предприятий Северного промышленного узла города.

В цехе электролиза было установлено 80 электролизеров типа СДМ-150/7.3, в каждый из них загружалось 2400–2750 кг ртути. По проекту, количество ртути в одном электролизере должно было находиться – 2400 кг, по регламенту – 2750 кг. Фактическая закладка, контролировалась 1 раз в квартал методом радиоизотопного разбавления [1-5].

Номинальная токовая нагрузка составляла 150 кА, рабочая температура растворов 75–100⁰С. Проектная мощность производства – 112,7 тыс. тонн 100% каустической соды и 100,0 тыс. тонн хлора. Источники сырья: поваренная соль – привозная Баскунчакского солепромысла, вода – из р. Иртыш. Отличительной особенностью принятой технологии производства каустической соды являлось то, что в качестве катода в электролизерах применялась металлическая ртуть, которая циркулировала с помощью насоса в замкнутой системе электролизер–разлагатель. Электролизу подвергался водный раствор поваренной соли в горизонтальных электролизерах с ртутным катодом и вертикальных разлагателях амальгамы. При этом из электролизера в разлагатель выводилась амальгама натрия где, взаимодействуя с водой, образовывался 46% раствор каустической соды с образованием водорода и щелочи.

В процессе эксплуатации электролизеров наблюдались потери металлической ртути, которые происходили:

- с продуктами электролиза (водородом, хлором, каустической содой, отработанным рассолом–анолитом);
- во входном и выходном карманах электролизера (с амальгамным маслом, графитовым шламом, абгазами, промывной водой);
- во время ремонта – промывка и отбивка ртути с деталей электролизеров, испарение ее с открытых поверхностей, удаление зартученных деталей (прокладки, аноды, насадки, карманы, рамы, насосы, днища, крышки, разлагатели и т.д.);
- за счет течей из электролизеров.

Ртуть, выводящаяся из электролизеров, частично снова возвращалась в ванны (сбор ртути из ловушек и пролитой ртути с пола, переработка амальгамного масла, шлама). Однако имели место и безвозвратные потери ртути

с бедными шламами, выбросами ртути через вентиляционные фонари и сточными водами. По экспертным оценкам, выполненным КНИФ ГОСНИИХЛОПРОЕКТа (г. Киев) и Павлодарской гидрогеологической экспедицией НТЦ «Технолог», за время эксплуатации производства хлора и

каустической

соды

в окружающую среду поступило 1089 тонн ртути, сосредоточившейся, главным образом, в основании электролизного цеха и накопителе сточных вод (оз. Былкылдак) [2].

Прямое поступление ртути в почву происходило непосредственно на территории производства, на промплощадке, при экстремальных ситуациях значительные объемы ртути проникали в бетонное основание и в нижние горизонты, где объемы ртути оцениваются в 850-910 т. Общая площадь прямого загрязнения составила более 520 тысяч квадратных метров. Для предотвращения перераспределения загрязнителя с потоками воды и дефляционными процессами и попадания вредных составляющих в окружающие грунтовые воды предпринято строительство противодиффузионной завесы «стена в грунте» [1-5].

Источником прямого поступления ртути в почву служил шлам, который поступал в одну из секций пруда – испарителя. При высыхании воды в прудах испарителях, неорганические соединения ртути были подвержены дефляционным процессам и служили источником вторичного загрязнения территории, прилегающей к озеру Былкылдак, так и вод самого озера. Очаг ртутного загрязнения почвы в этом районе образован за счет ветрового переноса дисперсных твердых ртутьсодержащих отходов и имеет поверхностный характер.

Существует следующая классификация соединений ртути, содержащихся в объектах окружающей среды: Y: Hg^0 – элементарная ртуть, $(CH_3)_2Hg$ – диметилртуть, R: Hg^{2+} , HgX_2 , HgX_3 , HgX_4 где $X = OH^-, Cl^-, Br^-$; HgO на аэрозольных частицах. Комплексы Hg^{2+} с органическими кислотами.

NR: CH_3Hg^+ , CH_3HgCl , CH_3HgOH и другие ртутьорганические соединения, $Hg(CN)_2$, HgS и Hg^{2+} связаны с серой в гуминовом веществе.

Здесь Y означает летучие формы, R – водорастворимые или содержащие в частицах реакционноспособные формы, а NR- нерекционноспособные формы.

Основной летучей формой в воздухе является элементарная ртуть, но она может быть представлена и диметилртутью.

Накапливаемая ртуть, находится в основном, в неорганической форме, но под воздействием естественных химических и биологических реакций может переходить в легко растворимые в воде органические соединения (метилртуть – CH_3HgCl , деметилртуть – CH_3HgCl и др.), обладающих сверхвысокой токсичностью. Именно она и создает серьезную угрозу для населения, определяя различные токсические свойства ртути.

Метаболические превращения ртути в организме включают (согласно (WHO (1991) Environmental Health Criteria 118):

- окисление металлической ртути в дивалентную ртуть;
- восстановление дивалентной ртути в металлическую ртуть;
- метилирование неорганической ртути;

-превращение метилртути в дивалентную неорганическую ртуть.

Таблица, представленная ниже, представляет собой расчетные данные характеризующие поступление ртути в организм человека с учетом его химических форм.

Таблица

Расчетное среднее ежедневного поступления и задержки (мкг/день) общей ртути и соединений ртути в общей популяции без профессиональной экспозиции

Экспозиция	Пары металлической ртути	Неорганические соединения ртути	Метилртуть
Воздух	0.030 (0.024)	0.002 (0.001)	0.008 (0.0064)
Пищевые продукты			
Рыбные	0	0.600 (0.042)	2.4 (2.3)
Нерыбные	0	3.6 (0.25)	0
Питьевая вода	0	0.050 (0.0035)	0
Зубные амальгамы	3.8-21 (3-17)	0	0
Всего	3.9-21 (3.1-17)	4.3 (0.3)	2.41 (2.31)

Неорганические ртутьсодержащие соединения (НРС) долгое время оставались вне нормирования. Только в последнее десятилетие были проведены экспериментальные исследования, позволившие научно обосновать ПДК_{а.в.} и ПДК_{р.з.} этой группы веществ. Нормативы НРС и паров ртути в атмосферном воздухе численно совпадают, в то время как в воздухе рабочей зоны значительно разнятся. НРС отнесены к веществам 1 класса опасности (чрезвычайно опасные), при работе с ними необходима защита кожи. ПДК_{а.в.} органических соединений ртути (ОРС) не установлена. НРС в объектах санитарно-бытового водопользования в течение длительного времени были нормированы на уровне 0,005 мг/л. Пересмотр ПДК_{в.в.} (в настоящее время действует норматив 0,0005 мг/л, 1 класс опасности) был проведен в начале восьмидесятых годов и основывался на том, что ртуть неорганических соединений избирательно влияет на гонады и потомство, а также оказывает атерогенный эффект. Когда ПДК НРС в воде рыбохозяйственных водоемов была установлена на уровне 0,001 мг/л, в отдельных случаях соблюдение этой величины, тем не менее, приводило к накоплению ртути в рыбе в содержаниях, превышающих ДОК. Поэтому в настоящее время наличие ртути в воде считается недопустимым (ПДК – отсутствие). ПДК ртути в почве (2,1мг/кг) установлено безотносительно химической формы, в которой она находится. Ртуть относится к числу контролируемых элементов в пищевых продуктах. Временные гигиенические нормативы содержания ртути находятся на следующих уровнях, мг/кг: соки, молочные продукты – 0,005; фрукты, зерно, хлеб – 0,01; овощи – 0,02; мясные

продукты – 0,03, рыбные продукты – 0,05. Величина допустимого содержания ртути в рыбных продуктах обусловлена наблюдающимся в естественных условиях накоплением металла преимущественно в органической форме. В продуктах “суши” наличие органических форм ртути не допускается, ввиду большой токсичности последних.

После поступления различными способами элементарная ртуть в организме человека может переходить в неорганические и органические соединения, неорганическая ртуть – в элементарную и органическую, а органические соединения – в неорганическую и элементарную ртуть. Распределение химических форм ртути в организме человека весьма различно. Изменения тем более значительные, чем больший срок прошел с момента ее поступления.

Следовательно, анализ содержания в организме химических форм ртути является недостаточным основанием, чтобы делать выводы о химической природе поступлений. Выводы можно делать лишь на сопоставлении данных химического исследования форм ртути в биологических средах организма, данных о распределении ртути по органам и данных исследования воздуха, воды и продуктов питания.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Э.Н.Лушин, Т.Э.Крахаева, А.Ф.Крахалев. Отчет о результатах работ по определению загрязнения ртутью промплощадки производства хлора и каустической соды Павлодарского химического завода (заключительный). Научно-технический центр «Технолог», Павлодар, 1990, 194 с.
2. В.А.Скрипник, А.А.Узбеков, А.Ю.Ноэль, М.И.Коршун. Отчет «Результаты обследования уровней загрязнения ртутью строительных конструкций производственных зданий, расчет класса токсичности надземных частей зданий. Разработка рекомендаций по захоронению ртутьсодержащих отходов строительных конструкций и демеркуризации корпусов». КНИФ ГосНИИХЛОПРОЕКТ, Киев, 1989, 39 с.
3. Калиева А. А., Ермиенко А. В. К вопросу о биоиндикации загрязнений водных объектов на примере карася Серебрянного *Carassius Auratus Gibelio* // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2014. X Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Дистанционные методы зондирования Земли и фотограмметрия, мониторинг окружающей среды, геоэкология» : сб. материалов в 2 т. (Новосибирск, 8–18 апреля 2014 г.). – Новосибирск : СГГА, 2014. Т. 2. – С. 93–99.
4. Калиева А. А., Ермиенко А. В. К вопросу об опасности ртутного загрязнения подземными водами реки Иртыш // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2015. XI Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Дистанционные методы зондирования Земли и фотограмметрия, мониторинг окружающей среды, геоэкология» : сб. материалов в 2 т. (Новосибирск, 13–25 апреля 2015 г.). – Новосибирск : СГУГиТ, 2015. Т. 2. – С. 216–222.
5. Рапута В. Ф. Анализ полей радиоактивного загрязнения территорий аварийными выбросами Сибирского химического комбината // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2013. IX Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Дистанционные методы зондирования Земли и фотограмметрия, мониторинг окружающей среды, геоэкология» : сб. материалов в 2 т. (Новосибирск, 15–26 апреля 2013 г.). – Новосибирск : СГГА, 2013. Т. 2. – С. 30–36.

© А. А. Калиева, А. В. Ермиенко, 2016

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ЧИСЛЕННЫМИ МЕТОДАМИ ВЛИЯНИЯ МОЩНОСТИ АНИЗОТРОПНЫХ ЛИНЕЙНО-ДЕФОРМИРУЕМЫХ СЛОЕВ НА ИХ ОСАДКИ

Ольга Александровна Коробова

Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет, 630008, Россия, г. Новосибирск ул. Ленинградская, 113, доктор технических наук, профессор кафедры ИГОФ, e-mail: oakorobova@mail.ru

Любовь Александровна Максименко

Сибирский государственный университет геосистем и технологий», 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плеханова, 10, кандидат технических наук, доцент кафедры геоматики и инфраструктуры недвижимости, e-mail: maksimenko_la@mail.ru

В статье приводятся результаты расчета влияния мощности анизотропных линейно-деформируемых слоев на их осадки. Расчеты выполнены методом конечных элементов с применением методики математического планирования эксперимента. Установлено, что изменение величины осадок поверхности слоя конечной мощности зависит от показателя анизотропии α , что подтверждает необходимость учета деформационной анизотропии в расчете осадок любым из существующих методов.

Ключевые слова: осадки, линейно-деформируемые слои различной мощности, численные методы.

THE RESULTS OF THE STUDY BY NUMERICAL METHODS THE INFLUENCE OF THE POWER ANISOTROPIC LINEARLY DEFORMABLE LAYERS ON THEIR DEPOSITS

Olga A. Korobova

Federal State budgetary educational institution «the Novosibirsk state architecture and construction University», , 630008, Russia, Novosibirsk, Leningradskaya, 113, doctor of technical Sciences, Professor, Department at-ry IHOP, e-mail: oakorobova@mail.ru

Lyubov A. Maksimenko

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., candidate of technical Sciences, associate Professor of Geomatics and infrastructures real estate Shuvit, e-mail: maksimenko_la@mail.ru

The article presents the results of calculation of influence of anisotropic power linearly-deformable layers on their deposits. The calculations are performed by finite element method with application of methods of mathematical planning of the experiment. It is established that the change in the sediment surface layer of the final output depends on the index of anisotropy, α , which confirms the need to consider the strain anisotropy in the calculation of the precipitate by any of existing methods.

Key words: precipitation, linearly deformable layer of varying thickness, num-numerical methods.

Совершенствование методов проектирования оснований и фундаментов, стоимость устройства которых может достигать до 20—30% стоимости зданий и сооружений, является важным аспектом повышения эффективности строительства. Сложность инженерно-геологических условий площадки строительства, уникальность и масштабность современных сооружений, повышение технологических нагрузок и этажности зданий требуют возможно полного учета свойств грунтов оснований, что можно обеспечить только при использовании новейших достижений в области механики грунтов, горных пород и численных методов расчета. Проведены экспериментальные и теоретические исследования по выявлению и оценке напряженно-деформированного состояния анизотропных грунтовых оснований, целью которых явилось создание практического метода расчета деформаций грунтовых оснований, позволяющего учесть их деформационную анизотропию в расчетах.

При различной мощности линейно-деформируемых слоев из изотропного материала при прочих равных условиях характер распределения в них напряжений различен и для этих случаев получены соответствующие аналитические решения [1]. Большой практический интерес представляет анализ напряженно-деформированного состояния слоев из анизотропного материала. При проведении численного эксперимента авторами получены данные о напряженно-деформированном состоянии слоев различной мощности – от $h = 1,25b$ до $6,6b$ при их одинаковой ширине $l = 9,2b$ и прочих равных условиях (b – ширина загруженного участка поверхности слоя). Модуль сдвига G_{zx} принят осредненным из его значений, соответствующих изотропным средам с модулями деформации E_z и E_x , а коэффициенты Пуассона $\nu_{zx} = \nu_{yx} = 0,3$.

Предполагается, что начальная (природная) деформационная анизотропия грунтов в основании зданий и сооружений сохраняется в любой точке массива при действующем в настоящее время ограничении [2]:

$$p \leq R \quad (1)$$

где p – среднее давление на грунт под подошвой фундамента;

R – расчетное сопротивление грунта.

В расчетах использована модель сплошной, линейно-деформируемой, однородной, анизотропной среды (полуплоскость); характер анизотропии – трансверсально-изотропный (в горизонтальной плоскости среда ведет себя как изотропная). Главные оси анизотропии имеют вертикальное и горизонтальное направления; в плоскости изотропии модуль деформации и коэффициенты Пуассона по любому направлению одни и те же. Принятая в расчетах трансверсально-изотропная модель грунтового основания описывается пятью независимыми параметрами (E_x , E_z , ν_{zx} , ν_{yx} , G_{xz}) [3]. Закон Гука для анизотропной среды, находящейся в условиях плоской деформации записывается в виде:

$$\begin{aligned}
\varepsilon_z &= \frac{\sigma_z}{E_z} \cdot \left(1 - \frac{E_z}{E_x} \nu_{zx}^2 \right) - \frac{\nu_{xz} \sigma_x}{E_x} \cdot (1 + \nu_{xy}); \\
\varepsilon_x &= \frac{\sigma_x}{E_x} \cdot (1 - \nu_{yx}^2) - \frac{\nu_{zx} \sigma_z}{E_z} \cdot (1 + \nu_{yx}); \\
\gamma_{xz} &= \frac{1}{G_{xz}} \cdot \tau_{xz},
\end{aligned} \tag{2}$$

где E_x, E_z – модули деформации среды по направлениям, совпадающим с плоскостью изотропии и перпендикулярном к ней соответственно;

ν_{zx} – коэффициент Пуассона, характеризующий линейные деформации в плоскости изотропии при действии напряжений по оси z ;

ν_{xz} – то же, в направлении оси z при действии напряжений в плоскости изотропии;

γ_{xz} – угол сдвига;

G_{xz} – модуль сдвига в вертикальной плоскости;

ν_{yx} – коэффициент Пуассона в плоскости изотропии.

Область применения модели – как для изотропной однородной линейно-деформируемой среды, то есть при ограниченных размерах зон сдвигов в грунтовом основании.

При составлении расчетной схемы использованы свойства геометрической симметрии и симметричность нагружения поверхности полуплоскости. Условия закрепления расчетной полуплоскости: вертикальные перемещения ее точек не ограничивались (за исключением точек, принадлежащих нижней границе полуплоскости, где вертикальные перемещения принимались равными нулю); горизонтальные перемещения принимали нулевыми на вертикальных границах расчетного массива; в некоторых случаях они принимались нулевыми и на нижней границе массива.

Применение методов математического планирования эксперимента позволяет получить значительно больший объем информации, чем при обычном эксперименте. Выбор факторов и уровней варьирования определялся целями исследования. Варьируемыми факторами являлись: E_x, E_z, ν_{zx} и ν_{yx} . Влияние изменения параметров деформационной анизотропии среды ($E_x, E_z, \nu_{zx}, \nu_{yx}$) на напряженное состояние выбранных мощностей слоев и полуплоскости (от 0.13b до 6.6b) изучалось при помощи методики математического планирования эксперимента.

Планирование эксперимента предполагает наличие модели и критериев оптимальности. Выбор модели почти всегда основан на анализе априорной информации. Экспериментальные исследования различных авторов свидетельствует о том, что напряжения с изменением показателя деформационной анизотропии связаны нелинейно. Ограничений и рекомендаций по типу зависимости установлено не было, поэтому была

принята полиномиальная регрессионная модель 2-го порядка. Аналитическое выражение ее представлено уравнением:

$$\hat{y} = a_o + \sum_{i=1}^k a_i x_i + \sum_{i>j}^k a_{ij} \cdot x_{ij} \cdot y_i + \sum_{i=1}^k a_{ii} \cdot x_i^2 \quad (3)$$

Пользуясь уравнением (3), можно определить значение функции отклика в любой точке факторного пространства, а также оценить степень влияния каждого фактора на выход $\hat{y}$. Для теоретических исследований был применен план, близкий к D – оптимальному, составленный на основе полного факторного плана 2^4 . Следует отметить универсальность матриц планирования, то есть возможность получения по одной матрице различных функций отклика при использовании одних и тех же методов обработки.

Преобразование размерных управляемых факторов x_i в безразмерные нормированные выполнено по формуле перехода:

$$z_i = (x_i - x_{io}) / \Delta x_i \quad (4)$$

где z_i – безразмерное значение фактора;

x_i – натуральное значение фактора;

x_{io} – натуральное значение фактора на нулевом уровне;

Δx_i – интервал варьирования факторов.

В качестве факторов варьирования принимались параметры деформационной анизотропии среды, каждый из которых варьировался на трех уровнях. Уровни и интервал варьирования приведены в табл. 1. Матрица планирования эксперимента в безразмерных и натуральных значениях факторов приведена в табл. 2.

Таблица 1

Факторы варьирования	x_i	Уровни варьирования			Интервал варьирования
		нижний	нулевой	верхний	
		-1	0	1	
E_z , МПа	x_1	5	22,5	40	17,5
E_x , МПа	x_2	5	22,5	40	17,5
v_{zx}	x_3	0,25	0,30	0,35	0,05
v_{yx}	x_4	0,25	0,30	0,35	0,05

Анализ напряженно-деформированного состояния линейно-деформируемых слоев показал, что их мощность при прочих равных условиях оказывает заметное влияние как на распределение нормальных напряжений σ_x и σ_z по вертикальным и горизонтальным площадкам соответственно, так и на деформации центральной точки загруженного участка поверхности различной мощности. С увеличением мощности слоя значения напряжений σ_x увеличиваются. Так, при одинаковом шаге конечных элементов на центральной вертикали значения σ_x при $h = 3,75b$ могут превосходить соответствующие значения напряжений σ_x при $h = 1,25b$ для $\alpha = 8$ в 2,1 раза; для $\alpha = 1$ – в 1,7 раза;

для

$\alpha = 0,13$ – в 1,2 раза. Степень деформационной анизотропии можно оценить не только соотношением деформаций грунтовых образцов по ортогональным направлениям, но и по отношению $\alpha = E_z/E_x$ с учетом различных значений коэффициентов Пуассона (коэффициентов бокового расширения грунта); E_z и E_x – модули деформации в вертикальном и горизонтальном направлениях. При фиксированном модуле деформации E_z и показателе $\alpha > 1$ вертикальные перемещения слоя любой мощности больше, а при показателе $\alpha < 1$ – меньше, чем при изотропном варианте ($\alpha = 1$). В случае $\alpha > 1$ влияние анизотропии на напряженное состояние существенно меньше, чем при $\alpha < 1$.

Таблица 2

Информационная матрица планирования эксперимента
в безразмерных и натуральных значениях факторов

№ опыта	План эксперимента				Натуральные значения факторов			
	x_1	x_2	x_3	x_4	E_z , МПа	E_x , МПа	ν_{zx}	ν_{yx}
1	-1	-1	-1	-1	5,0	5,0	0,25	0,25
2	+1	-1	-1	-1	40,0	5,0	0,25	0,25
3	-1	+1	-1	-1	5,0	40,0	0,25	0,25
4	1	1	-1	-1	40,0	40,0	0,25	0,25
5	-1	-1	+1	-1	5,0	5,0	0,35	0,25
6	+1	-1	+1	-1	40,0	5,0	0,35	0,25
7	-1	+1	+1	-1	5,0	40,0	0,35	0,25
8	+1	+1	+1	-1	40,0	40,0	0,35	0,25
9	-1	-1	-1	+1	5,0	5,0	0,25	0,35
10	+1	-1	-1	+1	40,0	5,0	0,25	0,35
11	-1	+1	-1	+1	5,0	40,0	0,25	0,35
12	+1	+1	-1	+1	40,0	40,0	0,25	0,35
13	-1	-1	+1	+1	5,0	5,0	0,35	0,35
14	+1	-1	+1	+1	40,0	5,0	0,35	0,35
15	-1	+1	+1	+1	5,0	40,0	0,35	0,35
16	+1	+1	+1	+1	40,0	40,0	0,35	0,35
17	-1	0	0	0	5,0	22,5	0,30	0,30
18	+1	0	0	0	40,0	22,5	0,30	0,30
19	0	-1	0	0	22,5	5,0	0,30	0,30
20	0	+1	0	0	22,5	40,0	0,30	0,30
21	0	0	-1	0	22,5	22,5	0,25	0,30
22	0	0	+1	0	22,5	22,5	0,35	0,30
23	0	0	0	-1	22,5	22,5	0,30	0,25
24	0	0	0	+1	22,5	22,5	0,30	0,35

На рисунке приведен график изменения осадки S_{ah} центральной точки загруженного участка поверхности анизотропного слоя ограниченной мощности h по сравнению с осадкой $S_{a\infty}$ этой же точки, принадлежащей анизотропной полуплоскости. Значение $S_{a\infty}$ принято примерно равным значению S_{ah} при $h = 6,6b$. Как видно, осадка S_{ah} при прочих равных условиях в

изотропном слое мощностью $h = 1,25b$ составляет около $0,45 S_{a\infty}$ (при $\alpha = 8 - 0,40 S_{a\infty}$, при $\alpha = 0,13 - 0,75 S_{a\infty}$). Таким образом, при значениях $\alpha < 1$ учет анизотропии грунтов основания в виде слоя конечной мощности может дать существенные коррективы величин прогнозируемых осадок фундаментов (не в запас надежности).

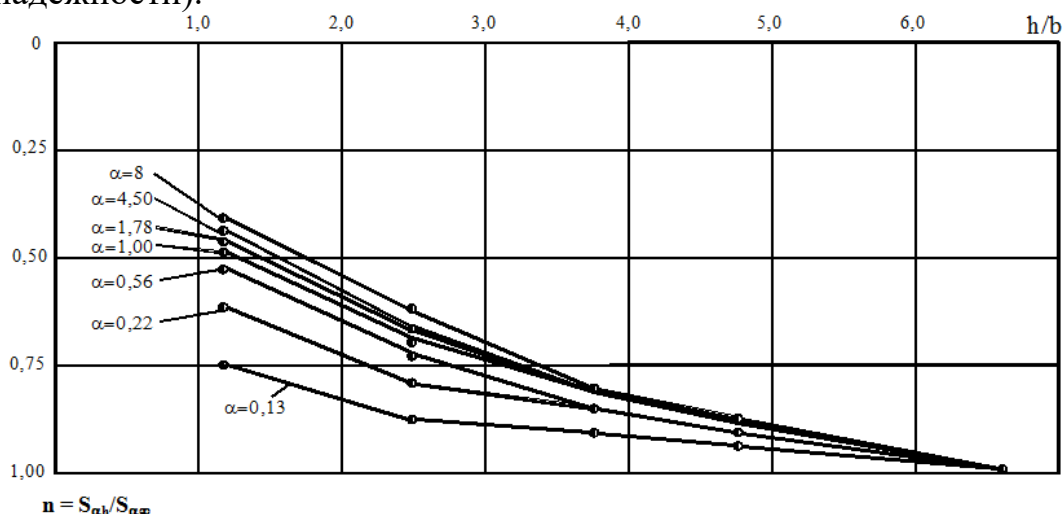


Рис. График нарастания осадок центральной точки загруженного участка $S_{ah}/S_{a\infty}$ в зависимости от увеличения мощности слоя анизотропного грунта h/b

В результате проведенной работы были сделаны следующие выводы:

– Интенсивность уменьшения осадок поверхности слоя конечной мощности при уменьшении отношения h/b и прочих равных условиях зависит от показателя анизотропии α ; это влияние наиболее существенно при малой мощности слоя и увеличенных значениях показателя α (например, при прочих равных условиях осадка S_{ah} при $\alpha = 8$ составляет $0,37 S_{a\infty}$).

– Влияние деформационной анизотропии среды на величину прогнозируемых осадок фундаментов заметно (до 10%) даже при сравнительно слабом ее выражении у обычных природных грунтов. Это влияние достаточно велико для специфических видов грунтов, имеющих слоистую или столбчатую текстуру при значениях α , далеких от единицы.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Егоров К.Е. Вопросы теории и практики расчета оснований конечной толщины: Доклад, составленный по опубликованным работам на соиск. науч. степени доктора техн. наук. – М., 1961. – 34 с
2. Свод правил СП 22.1333.2011. Основания зданий и сооружений. Актуализированная редакция СНиП 2.02.01-83*. - М.: Министерство регионального развития, 2011. - 160с.
3. Швецов Г.И., Коробова О.А. Прогнозирование осадок анизотропных грунтовых оснований //Ползуновский вестник, 2002.-№1. – С. 78-82.
4. Korobova O.A., Maksimenko L.A On the question of calculation Models formation in research of anisotropy foundations - Proceedings of the Kazakhstan-Japan Joint geotechnical Seminar (2-3 August), Astana, 2001. – P. 174-176.
5. Коробова О. А, Максименко Л. А. Методы усовершенствования расчета осадок грунтовых оснований // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2015. XI Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Экономическое развитие Сибири и Дальнего Востока. Экономика природопользования, землеустройство, лесоустройство, управление недвижимостью»: сб.

материалов в 4 т. (Новосибирск, 13–25 апреля 2015 г.). – Новосибирск : СГУГиТ, 2015. Т. 4. – С. 198–203.

6. Максименко Л. А. Оптимизация экспериментальных исследований на основе методики математического планирования эксперимента (статья) // /ГЕО-Сибирь-2010. VI Междунар. науч. конгр. : сб. материалов в 6 т. (Новосибирск, 19–29 апреля 2010 г.). – Новосибирск : СГГА, 2010. Т. 3, ч. 1. – С. 42–45.

© О. А. Коробова, Л. А. Максименко, 2016

УДК 631.427:591.9

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОЧВЕННО-БИОЛОГИЧЕСКИХ МЕТОДОВ В МОНИТОРИНГЕ ЭКОСИСТЕМ ПРИЧАНОВСКОЙ ТЕРРИТОРИИ БАРАБЫ

Михаил Владимирович Якутин

Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, 630090, Новосибирск, пр. Академика Лаврентьева, 8/2, доктор биологических наук, доцент, старший научный сотрудник лаборатории биогеоценологии; Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, профессор кафедры экологии и природопользования, тел. (383)363-90-25, e-mail: yakutin@issa.nsc.ru

Владислав Семенович Андриевский

Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, 630090, Новосибирск, пр. Академика Лаврентьева, 8/2, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории биогеоценологии, тел. (383)363-90-25, e-mail: VS@issa.nsc.ru

Людмила Юрьевна Анопоченко

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, кандидат биологических наук, доцент кафедры экологии и природопользования, тел. (383)361-08-86, e-mail: milaa2006@ngs.ru

Проведен анализ биомассы микроорганизмов и панцирных клещей в разновозрастных засоленных почвах Барабинской равнины в окрестностях озера Чаны. Продемонстрированы резкие изменения изученных параметров в почвах, находящихся на различных стадиях развития. Показано влияние засоления на изученные показатели. Делается вывод о возможности применения использованных методов в практике экологического мониторинга.

Ключевые слова: Новосибирская область, Барабинская равнина, озеро Чаны, почвы, засоление, биомасса микроорганизмов, панцирные клещи, экологический мониторинг.

THE USE OF SOIL-BIOLOGICAL METHODS IN MONITORING OF ECOSYSTEMS IN NEAR CHANY LAKE TERRITORY OF BARABA

Mikhail V. Yakutin

Institute of Soil Science and Agrochemistry SB RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, 8/2 Akademician Lavrentjev Avenue, ScD, assistant professor, senior researcher of laboratory of biogeocenology; Siberian State University of Geosystems and Technologies, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., professor of department of ecology and nature use, tel. (383)363-90-25, e-mail: yakutin@issa.nsc.ru

Vladislav S. Andrievskiy

Institute of Soil Science and Agrochemistry SB RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, 8/2 Akademician Lavrentjev Avenue, Ph. D., senior researcher of laboratory of biogeocenology, tel. (383)363-90-25, e-mail: VS@issa.nsc.ru

Lyudmila Yu. Anopchenko

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., Ph. D., assistant professor of department of ecology and nature use, tel. (383)361-08-86, e-mail: milaa2006@ngs.ru

The analysis of biomass of microorganisms and oribatid mites in different age saline soils of the Baraba plain in the vicinity of lake Chany are carried out. Sharp changes in the studied parameters in soils at different stages of development are demonstrated. The influence of salinity on the studied parameters are shows. The conclusion about possibility of application of the methods used in the practice of environmental monitoring was doing.

Key words: Novosibirsk region, Baraba plain, lake Chany, soils, salinization, microbiomass, oribatid mites, environmental monitoring.

Засоление является одним из наиболее стрессирующих условий окружающей среды для почвенных организмов [1, 2, 3, 4, 5]. В ряде исследований показано, что накопление соды приводит к снижению численности некоторых групп микроорганизмов, участвующих в круговороте азота [6, 7]. Отрицательное воздействие солонцов на биоту определяется щелочной реакцией этих почв, высоким осмотическим давлением, токсическим действием отдельных солей и их сочетаний, а также неблагоприятными водно-физическими свойствами [8]. В ряде исследований показано, что для засоленных почв характерны специфические микробные сообщества. В солонцовом и подсолонцовом горизонтах солонцов разнообразие бактерий резко снижено и выделяются лишь галотолерантные виды родов *Bacillus* и *Streptomyces* [9, 10]. При увеличении уровня засоления почвы происходит снижение С- и N-биомассы микроорганизмов. Также при засолении в микробной биомассе уменьшается С/N-отношение, что может свидетельствовать о доминировании бактерий в общей массе микроорганизмов [2, 5, 11, 12].

Несмотря на значительный интерес к исследованию биоты засоленных почв, до настоящего времени не решен вопрос о возможности использования почвенно-биологических методов в мониторинге экосистем и почв, находящихся на обширных территориях содового и хлоридно-сульфатного засоления. Среди огромного многообразия объектов и методов, применяемых в почвенной биологии, для настоящего исследования были выбраны почвенные микроорганизмы (определялась их биомасса) и панцирные клещи (оценивалась их численность и видовое богатство).

В качестве объекта исследования на Причановской территории Барабинской равнины, на южном берегу озера Чаны (Ярковский плес) была выбрана серия разновозрастных почв, сформировавшихся на обсохших в разное время участках дна озера. Оценка примерного возраста исследованных почв

выполнена на основании картографических материалов 20-х, 40-х и 80-х гг. XX века [13]. По механическому составу все изученные почвы относятся к среднесуглинистым. Основные характеристики исследованных экосистем приведены в таблице.

Образцы почв отбирались по общепринятым методикам в августе из верхнего (0–10 см) слоя почв для определения микробиологических показателей в 4-кратной повторности [14], а для анализа населения орибатид – стандартным цилиндрическим пробоотборником до глубины 5 см в 10-кратной повторности в каждом биотопе [15]. В образцах определялось содержание углерода в биомассе почвенных микроорганизмов (С-биомассы) методом фумигации-инкубации [16]. Выгонка клещей из почвы осуществлялась общепринятым методом термозекции Туллыгрена-Берлезе. Извлеченные из почвы клещи помещались в постоянные препараты, в которых под микроскопом определялась их видовая принадлежность. Численности (обилие) клещей рассчитывались по стандартной методике на 1 м², исходя из площади пробоотборника [15]. Для сравнения сообществ разных почв между собой в качественном отношении был рассчитан коэффициент общности удельного обилия (K_{ns}) [15, 17]. Статистическая обработка результатов проводилась методами вариационного и дисперсионного анализов [18, 19].

Таблица

Основные характеристики исследованных экосистем

Почва	Солончак луговой (Т. 1)	Луговая солончаковая (Т. 2)	Солонец средний (Т. 3)	Черноземно-луговая (Т. 4)
Геоморфологическое положение	100 м от уреза воды. Обсохшая береговая полоса озера	200 м от уреза воды. Бровка уступа террасы озера	1000 м от уреза воды. Пологий юго-восточный склон гривы	1500 м от уреза воды. Вершина гривы
Абсолютная высота, м	106	107	110	112
Растительность	Солеросовый луг	Разнотравно-злаковый луг	Разнотравно-полынно-ковыльный остепненный луг	Разнотравно-злаковый луг
Проективное покрытие, %	20–60	60	80	90
Высота травостоя, см	0–10	10–60	20–70	10–20
Хозяйственное использование	Не используется	Пастбище	Пастбище	Сенокос
Примерный возраст, гг.	10–20	30–40	40–50	80–100

Уровень С-биомассы был минимальным в молодых солончаках (рисунок). При переходе от солончаков к луговым почвам отмечается рост С-биомассы

в 1,8 раза, что объясняется частичным рассолением почвенного профиля. При переходе от луговой почвы к среднему солонцу и далее к черноземно-луговой почве содержание С-биомассы изменяется незначительно. Таким образом, уже на стадии луговых почв содержание С-биомассы практически достигает уровня зональных черноземных почв.

В результате проведения акариологического анализа почв всего было обнаружено 26 видов панцирных клещей. При этом установлены специфические особенности распределения видов панцирных клещей в исследованных почвах. В самых молодых засоленных почвах (Т. 1) орибатида отсутствуют. С увеличением возраста и снижением уровня засоления от луговой почвы (Т. 2) к солонцу среднему (Т. 3) и черноземно-луговой почве (Т. 4) отмечается нарастание видового богатства и численностей панцирных клещей. Видовое богатство в солонце и черноземно-луговой почве увеличивается почти в 2 раза, а численности – в 2–4 раза по сравнению с луговой почвой. Показатели общей численности

в луговом солончаке (Т. 1) близки к максимальным значениям, указанным для сообществ орибатид засоленных почв разных типов Карасукской равнины [20], а в луговой солончаковой почве (Т. 2) обилие панцирных клещей превышает эти показатели примерно в 1,5 раза. Степень сходства между разными биотопами не одинакова и ее хорошо иллюстрируют коэффициенты общности удельного обилия [15].

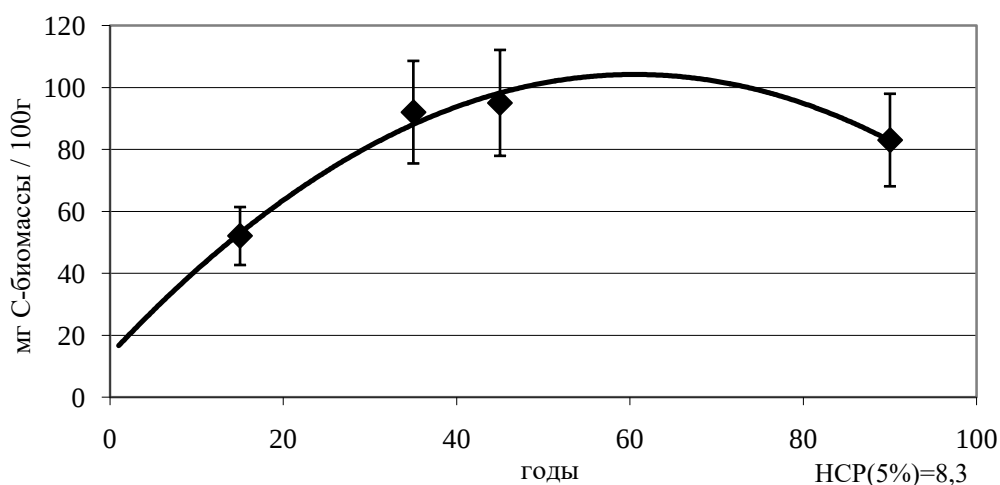


Рис. Динамика накопления С-биомассы (мг С / 100 г) в молодых почвах в пойме обсыхающего соленого озера и аппроксимирующая кривая зависимости С-биомассы от возраста почвы

Таким образом, эволюция молодых почв, развивающихся на месте обсохшего дна соленого озера, связана с уровнем залегания засоленных грунтовых вод. Концентрация солей в профиле молодой почвы и этап рассоления этого профиля определяют характер растительности и скорость накопления запаса микробиомассы. Формирование почв происходит достаточно быстро: через 30–40 лет на месте обсохшего дна соленого озера формируются луговые почвы, а через 80 лет – лугово-черноземные почвы.

Видовой состав сообществ панцирных клещей существенно меняется по позициям катены. Статус видов в составе сообществ меняется по катене от позиции к позиции, и смена численных показателей долевого участия в них видов-доминантов влечет изменение сходства группировок орибатид биотопов качественного характера. Сообщество луговой солончаковой почвы качественно почти вдвое ближе к группировке солонца среднего, чем к таковой черноземно-луговой почвы. Сходство видовых группировок солонца среднего и черноземно-луговой почвы занимает в этом ряду промежуточное положение.

Проведенное исследование продемонстрировало, что выявленные особенности изученных биолого-почвенных показателей (С-биомассы микроорганизмов и численности и видового богатства панцирных клещей) могут быть успешно использованы в практике мониторинга экосистем и почв, находящихся на обширных территориях содового и хлоридно-сульфатного засоления.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Яхонтов В. В. Экология насекомых. – М.: Высшая школа, 1964. – 460 с.
2. Sardinha M., Mulle T., Schmeisky H., Joergen R.G. Microbial performance in soils along a salinity gradient under acidic conditions // *Applied Soil Ecology*. – 2003. – Vol. 23. – P. 237–244.
3. Якутин М. В., Анопченко Л. Ю. Биомасса микроорганизмов в почвах, формирующихся в обсыхающих поймах соленых озер Барабы // *Сибирский экологический журнал*. – 2007. – № 5. – С. 817–822.
4. Boyerahmadi M., Raiesi F., Mohammadi J. Influence of different salinity levels on some microbial indices in the presence and absence of plant's living roots // *Water and soil science*. – 2010. – Vol. 14. – P. 103–115.
5. Mahajan G. R., Manjunath B. L., Latore A. M., Souza R. D., Vishwakarma S., Singh N. P. Spatial and temporal variability in microbial activities of coastal acid saline soils of Goa, India // *Solid Earth Discussions*. – 2015. – Vol. 7. – P. 3087–3115.
6. Сидоренко А. И. Микрофлора целинных и осваиваемых солонцов Барабы // *Вопросы освоения солонцов Кулунды и Барабы*. – Труды биологического института. – Вып. 9. – Новосибирск: Изд-во Сиб. отд-ние АН СССР, 1962. – С. 127–147.
7. Аристовская Т. В. Микробиология процессов почвообразования. – Л.: Наука, Ленингр. отд-ние, 1980. – 187 с.
8. Клевенская И. Л., Наплекова Н. Н., Гантимурова Н. И. Микрофлора почв Западной Сибири. – Новосибирск: Наука, Сиб. отд-ние, 1970. – 222 с.
9. Зенова Г. М., Оборотнов Г. В., Звягинцев Д. Г. Солончаки – местообитание галофильных и алкалотолерантных стрептомицетов // *Почвоведение*. – 2005. – № 11. – С. 1341–1344.
10. Семионова Н. А., Лысак Л. В., Горленко М. В., Звягинцев Д. Г. Структурно-функциональное разнообразие бактериальных комплексов различных типов почв // *Почвоведение*. – 2002. – № 4. – С. 453–464.
11. Якутин М. В. Биомасса микроорганизмов в засоленных почвах Восточной Барабы // *Сибирский экологический журнал*. – 2001. – № 3. – С. 299–304.
12. Yuan B.-C., Li Z.-Z., Liu H., Gao M., Zhang Y.-Y. Microbial biomass and activity in salt affected soils under arid conditions // *Applied Soil Ecology*. – 2007. – V. 35. – P. 319–328.
13. Якутин М.В., Анопченко Л.Ю. Структура запаса растительного вещества в мониторинге экосистем, формирующихся в обсыхающих поймах соленых озер Барабы // *Вестник СГГА*. – 2006. – Вып. 1 (11). – С. 172-177.
14. Методы почвенной микробиологии и биохимии / под ред. Д. Г. Звягинцева. – М.: Изд-во МГУ, 1991. – 303 с.

15. Методы почвенно-зоологических исследований / под ред. М. С. Гилярова. – 1975. – М.: Наука. – 275 с.
16. Schinner F., Ohlinger R., Kandeler E., Margesin R. Methods in soil biology. – Berlin: Springer-Verlag, 1996. – 420 p.
17. Вайнштейн Б. А. О некоторых методах оценки сходства биоценозов // Зоологический журнал. – 1967. – Т. 46, Вып. 7. – С. 981–986.
18. Плохинский Н. А. Биометрия. – М., Изд-во МГУ, 1970. – 367 с.
19. Сорокин О. Д. Прикладная статистика на компьютере. – Краснообск: ГУП РПО СО РАСХН, 2004. – 162 с.
20. Микроартроподы, почвы, растительность в условиях пульсирующего увлажнения: На примере Карасукской равнины / Л. Г. Гришина, С. К. Стебаева, Е. И. Лапшина, В. Г. Мордкович, С. С. Фолитарек. – М.: Наука, 1991. – 165 с.

© М. В. Якутин, В. С. Андриевский, Л. Ю. Анощенко, 2016

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ТРАНСПОРТНО-ПРОМЫШЛЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ НА МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ РАСТЕНИЙ РОДА SPIRAEA

Анна Юрьевна Луговская

Сибирская государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, аспирант кафедры экологии и природопользования, тел. (383)361-08-86, e-mail: aulyg@mail.ru

В статье приведены результаты исследования влияния транспортно-промышленного загрязнения на растения рода *Spiraea*. Установлено, что растения *S. media* и *S. hypericifolia* в ответ на техногенное воздействие проявляют реакцию, заключающуюся в сокращении размеров ассимиляционных органов. Показано, что качество окружающей среды урбанизированной территории по величине флуктуирующей асимметрии листа соответствует высокому уровню загрязнения.

Ключевые слова: морфологические показатели, флуктуирующая асимметрия, транспортно-промышленное загрязнение.

ASSESSMENT OF THE IMPACT OF TRANSPORT AND INDUSTRIAL POLLUTION ON MORPHOLOGICAL PARAMETERS OF PLANTS OF THE GENUS SPIRAEA

Anna Yu. Lugovskaya

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., postgraduate student, Department of ecology and nature management, tel. (383)361-08-86, e-mail: aulyg@mail.ru

Transport and industrial effects on plants *Spiraea* was studied. It has been established that decreasing the size of the leaf, the length of annual shoot of *S. media* and *S. hypericifolia*. It is shown that fluctuating asymmetry value of *S. media* and *S. hypericifolia* terminal lobe a leaf corresponds to a high level of environmental pollution.

Key words: fluctuating asymmetry, morphometric parameters flavonoids, industrial pollution.

Экологическое состояние г. Новосибирска – крупнейшего промышленного города в последние годы остается напряженным. Более того, просматривается тенденция к его ухудшению, в основном, за счет увеличения количества автотранспорта, антропогенного загрязнения почв, повышения акустических, электромагнитных и других факторов. Существующая в Новосибирске система контроля за состоянием окружающей среды относится к категории санитарно-гигиенического мониторинга. Однако необходимо учитывать, что применение только традиционных приборных измерительных методов анализа становится недостаточным, поскольку физико-химические методы указывают лишь на качественный состав загрязнений и содержание определенных загрязнителей в среде и не могут дать прямого ответа на вопрос о воздействии на живые организмы, в том числе человека, и о пригодности среды для их обитания [1].

По мнению многих исследователей, ключевым компонентом в решении данного вопроса является использование методов биологического мониторинга, позволяющих получить интегральную оценку воздействия комплекса ряда внешних факторов на растительные организмы и ответную реакцию растений на них. Одним из направлений биомониторинга является фитоиндикация, представляющая собой обнаружение экологически значимых нагрузок путем определения изменений анатомо-морфологических и физиолого-биохимических показателей на основе реакций растительных организмов, произрастающих в данной среде.

Для оценки стрессового воздействия техногенного характера на растения применяют различные подходы, в том числе определяют количественные изменения анатомо-морфологических показателей. Оценка этих изменений дают достоверную картину условий места произрастания растений и отражают состояние городской среды. При этом в качестве индикатора загрязнения среды может быть использована городская растительность [2].

В качестве объекта исследования выбраны кустарники рода *Spiraea* L. (сем. *Rosaceae* Juss.), которые широко используются в зеленом строительстве и ландшафтном дизайне, благодаря высокой декоративности и экологической пластичности [3,4].

Цель работы заключалась в изучении изменений морфологических показателей листа растений *S. media* и *S. hypericifolia* и оценке состояния городской среды в условиях промышленно-транспортного воздействия в г. Новосибирске.

Для исследования отобраны образцы *S. media* и *S. hypericifolia*, произрастающие в сквере Мемориал по ул. Станиславского в Ленинском районе г. Новосибирска (опыт) и в дендропарке ЦСБС СО РАН (Советский район), принятом за контроль [5].

Образцы листьев растений отбирали в фазе плодоношения. Объем выборки на каждом участке составлял 5-10 особей в возрасте 25-30 лет.

Для измерения метрических параметров листа использован метод компьютерного анализа изображений. Съемка свежесобранного растительного материала цифровой камерой в режиме «макро», с последующей обработкой снимков и интерпретацией результатов средствами геоинформационных технологий и электронных таблиц, используя программное обеспечение MapInfo и Microsoft Excel. Исходное изображение сначала преобразовывается в декартову систему координат, затем проводится векторизация растровых изображений с последующим вычислением морфометрических характеристик листовой пластинки.

В результате анализа морфологических показателей *S. media* установлено, что площадь листовой пластинки сократилась на 59 %, периметр - на 11 %, длина и ширина листовой пластины - на 22 % и 11 % соответственно по сравнению с контрольными образцами (табл. 1). Сравнительный анализ формы листа у *S. media* из городских условий и контроля выявил, что величина

отношения длина листа / ширина листа у растений из уличной посадки снизилась на 11 % по сравнению с контрольными растениями из дендропарка ЦСБС.

Таблица 1

Морфологические показатели *Spiraea media*, произрастающей в городских и фоновых условиях

Морфологические параметры	Уличная посадка (Ленинский район)	Контроль (ЦСБС)
Площадь листа, мм ²	549,08 ± 130,07 ¹	870,86 ± 201,23
Периметр листа, мм	107,27 ± 16,12	119,39 ± 23,12
Длина листа, мм	38,96 ± 12,12 ²	47,59 ± 9,78
Ширина листа, мм	20,57 ± 4,21 ²	22,89 ± 6,32
Длина листа/ширина листа	1,9	2,1

Примечание:

¹ – среднее значение ± стандартное отклонение

² - различия статистически не значимы между выборками из уличной посадки и контроля ($U_{\text{эмп.}} = 1 - 1,5 > U_{\text{крит.}} = 0$ при $p \leq 0,05$)

У *S. hypericifolia* обнаружено уменьшение площади листовой поверхности в уличной посадке на 66 %; периметра – на 8 %; ширины и длины листа на 4 и 54 % по сравнению с контролем (табл. 2). В отличие от *S. media* у растений *S. hypericifolia* изменилась форма листа. Так величина отношения длина / ширина листа у *S. hypericifolia*, напротив, выше у растений из уличной посадки и составляет 4,6, тогда как в контроле она равняется 3,1.

Таблица 2

Морфологические показатели *Spiraea hypericifolia*, произрастающей в городских и фоновых условиях

Морфологические параметры	Уличная посадка	Контроль (ЦСБС)
Площадь листа, мм ²	99,65 ± 83 ^{1,2}	165,87 ± 173
Периметр листа, мм	59,23 ± 31 ²	63,73 ± 66
Длина листа, мм	27,59 ± 4,1 ²	28,57 ± 5,1
Ширина листа, мм	5,98 ± 6,7 ²	9,18 ± 5,2
Длина листа/ширина листа	4,6	3,1

Примечание:

¹ – среднее значение ± стандартное отклонение

² - различия статистически незначимы между выборками уличной посадки и контролем ($U_{\text{эмп.}} = 1,5 - 4 > U_{\text{крит.}} = 0$ при $p \leq 0,05$)

Для оценки флуктуирующей асимметрии, исследованы 5 стандартных билатеральных признаков: 1 - ширина левой и правой половинок листа (от границы центральной жилки до края листа); 2 - длина жилки второго порядка, второй от основания листа; 3- расстояние между основаниями первой и второй жилок второго порядка; 4 - расстояние между концами этих же жилок.

Коэффициент флуктуирующей асимметрии листа у *S. media* из уличной посадки равен 0.176; у *S. hypericifolia* – 0.181, в контроле – 0.07 и 0.08 соответственно (табл. 3). Уровень загрязнения окружающей среды по пятибалльной шкале оценки стабильности развития в уличной посадке соответствует 5 баллам, что оценивается как критическое загрязнение, а в контроле- 1 баллу, что соответствует норме.

Таблица 3

Флуктуирующая асимметрия листьев *Spiraea media*,
Spiraea hypericifolia, 2012 г.

Объект	Уличная посадка (Ленинский район)		Контроль (ЦСБС, Советский район)	
	Коэффициент ФА	Балл	Коэффициент ФА	Балл
<i>S. media</i>	$0,176 \pm 0,02^1$	5	$0,07 \pm 0,08$	1
<i>S. hypericifolia</i>	$0,181 \pm 0,04$	5	$0,08 \pm 0,05$	1

¹ – среднее значение $\pm$ стандартное отклонение

Из полученных результатов видно, что ответная реакция растений, произрастающих в условиях транспортно-промышленного загрязнения, заключается в уменьшении листовой поверхности, периметра и ширины листа, увеличения коэффициента ФА, при этом изменения длины листа статистически незначимы.

Таким образом, можно заключить, в ответ на транспортно-промышленное загрязнение у растений *S. media* и *S. hypericifolia* наблюдаются изменения морфологических показателей, таким образом оба вида проявляют биоиндикаторные свойства.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ильин В.Б., Сысо А.И. Микроэлементы и тяжелые металлы в почвах и растениях Новосибирской области. - Новосибирск, 2001. - 228 с.
2. Захаров В.М. , Чубинишвили А.Т., Дмитриев С.Г., Баранов А.С. Здоровье среды: Практика оценки. М.: Центр экологической политики России. 2000. - 320с.
3. Встовская Т.Н. Древесные растения – интродуценты Сибири. Новосибирск, 1986.- 272 с.
4. Морякина В.А. Использование деревьев и кустарников западно-сибирской флоры для озеленения пунктов подтаежной полосы Западной Сибири // Растительные ресурсы Сибири, Урала и Дальнего Востока. - Новосибирск, 1965. - С. 347-352.

5. Карпова Е.А., Храмова Е.П. Состав и содержание фенольных соединений представителей рода *Spiraea* L. в условиях техногенного загрязнения г. Новосибирска // Сибирский экологический журнал. – 2014. – № 2. – С. 283–293.

© А. Ю. Луговская, 2016

УДК 532.529.5

СКОРОСТИ СЕДИМЕНТАЦИИ ПЫЛЬЦЕВЫХ ЧАСТИЦ (ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ЗЕРЕН ПЫЛЬЦЫ И АГЛОМЕРАТОВ) АНЕМОФИЛЬНЫХ РАСТЕНИЙ

Владимир Викторович Головко

Институт химической кинетики и горения им. В. В. Воеводского, СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, ул. Институтская 3, кандидат биологических наук, ведущий инженер, тел. (383)330-77-43, e-mail: golovko@ns.kinetics.nsc.ru

Вячеслав Лазаревич Истомин

Институт гидродинамики им. М. А. Лаврентьева СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Лаврентьева 15, доктор технических наук, главный научный сотрудник, тел. (383)333-19-38, e-mail: impuls@hydro.nsc.ru

Излагаются результаты определения аэродинамических характеристик 6 видов анемофильных растений. Подсчитана процентная доля индивидуальных зерен пыльцы и их агломератов, образующихся при распылении. Определены скорость седиментации как одиночных пыльцевых зерен, так и их агломератов. Установлена зависимость скорости седиментации агломерата от числа входящих в него пыльцевых зерен.

Ключевые слова: скорость седиментации, пыльцевые зерна, агломераты, анемофильные растения, импульс воздуха.

THE SEDIMENTATION RATES OF POLLEN PARTICLES ANEMOPHILOUS PLANTS (INDIVIDUAL GRAINS AND THEIR AGGLAMERATES)

Vladimir V. Golovko

Institute of Chemical Kinetics and Combustion SB RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, Bldg. 3 Institutskaya st., tel. (383)333-34-99, e-mail: golovko@kinetics.nsc.ru

Vyacheslav L. Istomin

Institute of Hydrodynamics SB RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, Bldg. 15 Lavrent'ev avenue, tel. (383)333-19-38, e-mail: istomin@hydro.nsc.ru

Results of determination of aerodynamic characteristics of 6 anemophilous plants are reported. The percentage of individual grains and their agglomerates resulting from spraying was calculated. The sedimentation rate of agglomerates, consisting of one to six pollen grains, was determined. The sedimentation rate of agglomerates was found to depend on the number of the pollen grains involved.

Key words: sedimentation rate, pollen grains, agglomerates, anemophilic plants, air impact.

Перенос пыльцевой компоненты атмосферного аэрозоля – процесс физический. Его дальность, эффективность оседания пыльцы на опыляемые

растения и поверхности отбирающих устройств обусловлены скоростью седиментации. Сложная форма пыльцевых частиц, их деформация при высыхании, наличие агломератов из нескольких зерен пыльцы затрудняют теоретические расчеты скорости седиментации переносимой по воздуху пыльцы. Ее определяют экспериментально с помощью седиментометров [1]. К настоящему времени скорости седиментации описаны для пыльцы ≈ 140 видов растений [2-3]. Скорости седиментации агломератов пыльцевых зерен практически не изучались. Ранее нами была изучена седиментация пыльцы нескольких видов западносибирских древесных растений и злаков исландских трав. Данная работа представляет собой продолжение цикла исследований посвященных изучению аэродинамических характеристик пыльцевых частиц, переносимых ветром.

Скорость седиментации пыльцевых частиц в неподвижном воздухе определялась по времени, необходимому для их оседания от вершины до дна вертикального цилиндра. Для измерения скорости седиментации пыльцы использовалась установка, разработанная в СО РАН и апробированная при определении скоростей седиментации спор. Схема установки, методика проведения эксперимента и расчета скорости седиментации пыльцевой частицы были подробно изложены ранее [4].

Морфология пыльцевых зерен анемофильных растений способствует их переносу ветром. Их оболочка гладкая, лишена сколько-нибудь выраженных элементов скульптуры. На ней отсутствуют клейкие вещества (трифина). Т.е. они лишены тех морфологических особенностей, которые у насекомоопыляемых растений обуславливают прилипание пыльцы к насекомым-опылителям. Форма пыльцевых зерен большинства анемофильных растений до их высыхания близка к сферической (рис. а). Пыльцевые зерна нескольких родов семейства сосновых имеют воздушные мешки, способствующие их переносу в атмосфере (рис. б).

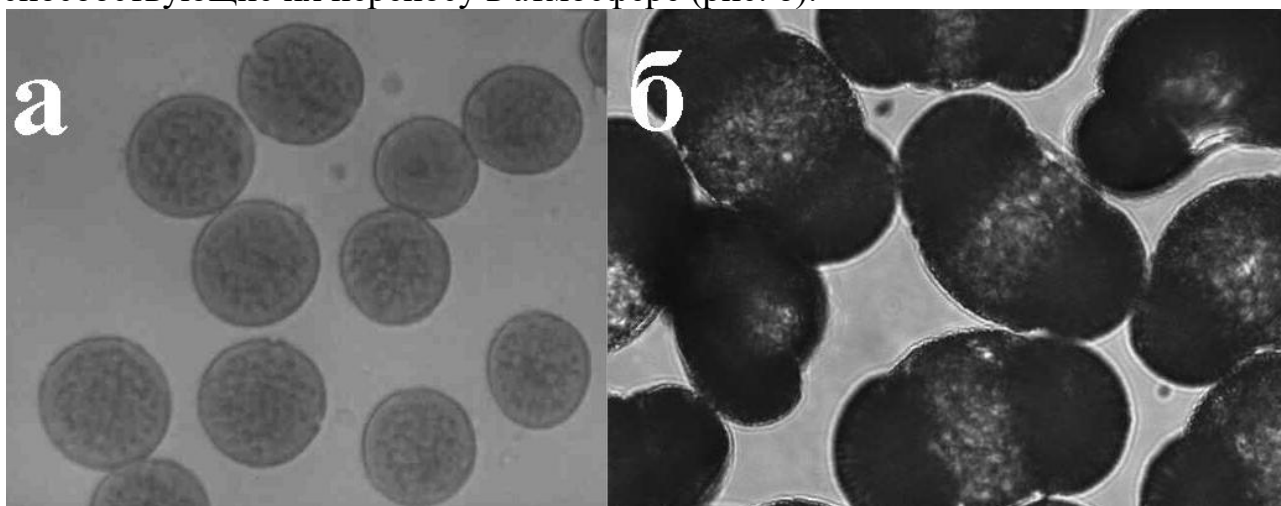


Рис. Пыльцевые зерна подорожника ланцетного (слева)
и сосны крымской (справа)

Были исследованы скорости седиментации частиц пыльцы пяти видов анемофильных растений. Зрелая пыльца кедра сибирского, сосны крымской, сосны лесной представлена зернами, имеющими воздушные мешки. Пыльцевые зерна конопли посевной, подорожника ланцетного – исходно сферические, при высыхании приобретающие неправильную форму.

Несмотря на имеющиеся морфологические особенности, способствующие распространению в атмосфере индивидуальных пыльцевых зерен, при распылении пыльцы данных пяти видов растений наряду с ними образовывались агломераты, в состав которых входило от двух и более зерен пыльцы. Это свидетельствует о том, что данные приспособления не способны полностью предотвратить образование агломератов, но лишь уменьшают долю пыльцевых зерен, входящих в их состав.

При распылении пыльцы в седиментометре пыльцевые агломераты составляют от 29,1 (сосна крымская) до 44,6% (сосна лесная) от общего числа образующихся ПЧ. В их состав входит от 54,9 до 72,4% распыленных пыльцевых зерен.

Таблица 1

Вклад агломератов в количество пыльцевых частиц, осевших на подложку
и доля пыльцевых зерен в их составе

Видовое название	Доля агломератов из двух или более зерен пыльцы от общего количества осевших частиц, %	Доля пыльцевых зерен в составе агломератов от общего количества осевших ПЗ/тетрад, %
Сосна крымская	29,1	54,9
Кедр сибирский	37,4	66,3
Сосна лесная	44,6	72,8
Конопля посевная	42,5	71,1
Подорожник лацетный	36,0	63,1

Для индивидуальных частиц и для агломератов наблюдается заметный разброс скоростей седиментации. Количества подсчитанных агломератов (j – от 1 до 6), среднегеометрические значения и среднегеометрические отклонения их скоростей седиментации шести видов западносибирских растений приведены в таблице 2. С увеличением размера агломератов наблюдается уменьшение числа частиц. При этом именно у них отмечены максимальные стандартные геометрические отклонения скорости седиментации. Видимо, это связано с варьированием размеров индивидуальных ПЗ и наличием некоторого числа абортивных ПЗ, что приводит к разбросу скоростей оседания. С ростом числа ПЗ в агломерате эти факторы, вероятно, взаимно компенсируются, а сам агломерат становится более симметричной фигурой. В результате разброс значений скоростей седиментации при оседании уменьшается.

Скорость оседания агломерата возрастает с увеличением количества составляющих его частиц. Ранее нами было показано, что скорости седиментации агломератов в зависимости от числа частиц в агломерате хорошо

аппроксимируются степенной зависимостью, построенной методом наименьших квадратов. Аппроксимационные зависимости строились из предположения, что:

$$\bar{V}_j = \bar{V}_1 j^\alpha, \text{ для } 1 \leq j \leq 6 \quad (1)$$

где $\bar{V}_j$ – средняя скорость агломерата состоящего из j частиц, $\bar{V}_1$ – средняя скорость единичного зерна.

Для исследуемых нами растений полученные данные можно аппроксимировать эмпирическими зависимостями, предложенные в табл. 3.

Таблица 2

Результаты определения скоростей седиментации ПЗ
и их агломератов шести видов сорных трав

j		Сосна крымская	Кедр сибирский	Сосна лесная	Конопля посевная	Подорожник ланцетный
j=1	Число агломератов	4890	9132	7503	6249	6059
	$\bar{V}_j$, см/с	2,7	2,9	3,0	1,0	1,5
	σ_g	1,4	1,6	1,4	1,4	1,4
j=2	Число агломератов	991	2491	2796	2006	1696
	$\bar{V}_j$, см/с	3,4	3,5	4,0	1,4	2,1
	σ_g	1,4	1,5	1,4	1,4	1,4
j=3	Число агломератов	460	1211	1248	1083	814
	$\bar{V}_j$, см/с	4,0	4,1	5,0	1,7	2,5
	σ_g	1,3	1,4	1,3	1,3	1,3
j=4	Число агломератов	330	730	747	568	426
	$\bar{V}_j$, см/с	4,9	4,5	5,9	1,9	2,9
	σ_g	1,3	1,4	1,3	1,4	1,3
j=5	Число агломератов	142	374	516	407	214
	$\bar{V}_j$, см/с	5,6	5,6	6,5	2,1	3,2
	σ_g	1,2	1,4	1,3	1,3	1,3
j=6	Число агломератов	61	248	317	275	129
	$\bar{V}_j$, см/с	6,0	6,6	7,0	2,3	3,7
	σ_g	1,2	1,3	1,3	1,3	1,3

Таблица 3

Эмпирические зависимости и коэффициенты корреляции

n/n	Видовое название	эмпирическая зависимость $\bar{V}_j$, см/с	коэффициент корреляции r
1	Сосна крымская	$2,7*j^{0,386}$	0,997
2	Кедр сибирский	$2,9*j^{0,456}$	0,996

3	Сосна лесная	$3,0*j^{0,493}$	0,972
4	Конопля посевная	$1,0*j^{0,497}$	0,985
5	Подорожник лацетный	$1,5*j^{0,304}$	0,957

Данные табл. 3 можно подытожить следующим выводом: полученные средние значения скоростей седиментации агломератов ПЗ в зависимости от числа частиц в агломерате аппроксимируются степенной зависимостью вида:

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

где $\overline{V}_j$ - среднее значение скорости седиментации агломерата состоящего из j частиц, размерные коэффициенты a и показатель степени k находятся из экспериментальных данных для каждого вида растений. Коэффициент корреляции r - принимает значения в диапазоне $0,957 \leq r \leq 0,997$, k принимает значения в диапазоне $0,304 \leq k \leq 0,497$.

Зафиксированный диапазон $\overline{V}_j$ от 1,0 см/с для единичного пыльцевго зерна конопли посевной до 7,0 см/с для агломерата из шести зерен сосны лесной, обусловлен различием размеров исследуемых частиц. Полученные данные указывают на то, что само по себе наличие пыльцевых агломератов не может служить препятствием для опыления ветром. Скорости седиментации агломератов конопли посевной сопоставимы со скоростями седиментации одиночных ПЗ клена ясенелистного и облепихи крушиновидной (2,3 см/с), и меньше со скоростями седиментации одиночных ПЗ ореха манчжурского (4,2 см/с) и дуба черешчатого (2,7 см/с), найденных нами ранее [4]. Установленные экспериментальным путем зависимости позволяют оценить скорости седиментации агломератов, состоящих из произвольного числа ПЗ и пыльцевых тетрад, что дает возможность оценить эквивалентные диаметры таких частиц и использовать полученные значения при моделировании распространения пыльцы в атмосфере.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Истомин В.Л., Куценогий К.П. Определение скорости седиментации спор плауна и их агломератов // Теплофизика и Аэродинамика. – 2001. – Вып. 8 (2). – С. 295-300.
2. Jackson S. T., Lypord M. E. Pollen Dispersal Models in Quaternary Plant Ecology: Assumptions, Parameters, and Prescriptions // The botanical review. – 1999. – V. 65 (1). P. 39-74.
3. Головкин А.В., Истомин В.Л., Куценогий К.П. Определение скорости седиментации пыльцевых частиц (как одиночных зерен, так и их агломератов) растений, произрастающих в Западной Сибири. // Оптика атмосферы и океана. – 2013. – Вып. 26 (6). – С. 513-518.
4. Истомин В.Л., Куценогий К.П. Методика определения аэродинамического диаметра аэрозольных частиц сложной геометрической формы в диапазоне чисел Рейнольдса от 0,1 до 6,0 // Теплофизика и аэродинамика. – 2010. – Вып. 17 (1). – С. 77-83.

© В. В. Головкин, В. Л. Истомин, 2016

МНОГОЛЕТНИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ДИНАМИКИ КОНЦЕНТРАЦИИ ЧЁРНОГО (ЭЛЕМЕНТНОГО) УГЛЕРОДА В АТМОСФЕРЕ НОВОСИБИРСКОЙ ОБЛАСТИ

Валерий Иванович Макаров

Институт химической кинетики и горения им. В. В. Воеводского СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, ул. Институтская, 3, кандидат химических наук, ведущий научный сотрудник, тел. (383)333-07-87, e-mail: makarov@kinetics.nsc.ru

Светлана Анатольевна Попова

Институт химической кинетики и горения им. В. В. Воеводского СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, ул. Институтская, 3, младший научный сотрудник, тел. (383)333-07-87, e-mail: popova@kinetics.nsc.ru

В работе приводятся результаты измерения элементного углерода (ЕС) в атмосфере Новосибирской области с 1999 по 2015 г. Обсуждаются межгодовой ход, сезонные и суточные вариации концентраций ЕС, а также влияние удаленных лесных пожаров на содержание ЕС на участках с разной степенью антропогенной нагрузки.

Ключевые слова: углеродсодержащие аэрозоли, черный (элементный) углерод, долгосрочные тренды, горение биомассы.

LONG TERM TRENDS IN BLACK (ELEMENTAL) CARBON CONCENTRATIONS IN THE AMBIENT AIR OF NOVOSIBIRSK REGION

Valerii I. Makarov

Voevodsky Institute of Chemical Kinetics and Combustion SB of the RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, 3 Institutskaya St., Ph. D., leading researcher, tel. (383)333-07-87, e-mail: makarov@kinetics.nsc.ru

Svetlana A. Popova

Voevodsky Institute of Chemical Kinetics and Combustion SB of the RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, 3 Institutskaya St., junior researcher, tel. (383)333-07-87, e-mail: popova@kinetics.nsc.ru

We report the results of the elemental carbon (EC) measurements in the atmosphere of Novosibirsk region from 1999 to 2015. The article shows long-term trends of annual, seasonal and diurnal variations of EC concentrations, and the impact of remote forest fires on the EC concentrations in the sites with different degree of anthropogenic load.

Key words: carbonaceous aerosols, black (elemental) carbon, long-term trends, wood burning.

Чёрный углерод, часто называемый элементным углеродом (ЕС) или сажей, является побочным продуктом неполного горения ископаемых или биотоплив, а также контролируемых или диких пожаров. Частицы чёрного углерода находятся в субмикронной моде, но увеличиваются в размерах при старении

в атмосфере. Среднее время жизни частиц сажи составляет примерно 6 дней, таким образом, они могут переноситься на сотни и тысячи км от источника. В то время как большинство взвешенных частиц в атмосфере отражают

солнечную радиацию, чёрный углерод сильно поглощает свет в видимой и УФ областях. Поэтому, считается, что чёрный углерод является вторым важным компонентом атмосферы, влияющим на глобальное потепление, после парниковых газов. К тому же, углеродсодержащие частицы могут отрицательно влиять на здоровье человека [1].

В 1999 г. в Новосибирской области профессором К.П. Куценогим организована система наблюдений, которая охватывает участки с разной степенью антропогенной нагрузки. Первый пункт (1) располагается в г. Новосибирске и характеризует городскую зону. Основным локальным источником ЕС здесь является автотранспорт и теплоэнергетические станции. Вторая точка отбора (2) находится в п. Ключи, расположенному в 30 км к юго-востоку от города. Эта точка отбора относится к сельской местности и считается, что аэрозоли здесь формируются за счёт естественных процессов с небольшой примесью загрязняющих веществ антропогенного происхождения. Третий пункт (Синеморье) (3) находится в лесной зоне в 15 км от близлежащей деревни и в 90 км от г. Новосибирска. Здесь отсутствуют местные источники антропогенного загрязнения атмосферы и поэтому, этот участок называем фоновым участком. Таким образом, проведение всесезонного отбора аэрозолей позволяет определить их химический состав, механизмы формирования, источники и стоки.

Кампания по отбору образцов проводится ежегодно в зимний (20 января - 19 февраля), весенний (20 апреля - 19 мая), летний (20 июня - 19 июля) и осенний (20 сентября - 19 октября) сезоны года. Для определения ЕС, отбор производится на стекловолокнистые фильтры (Whatman) со скоростью 30 л/мин. Методом реакционной газовой хроматографии были измерены среднесуточные концентрации органического (ОС) и элементного (ЕС) углерода [2]. Для выявления возможного источника загрязнения регионального и глобального масштаба использовалась модель расчёта траекторий движения воздушных масс HYSPLIT (Hybrid Single-Particle Lagrangian Integrated Trajectory Model – гибридная лагранжевая модель интегрированной траектории одиночной частицы). Пути перемещения воздушных масс рассчитывались по архивным метеорологическим данным (архив GDAS) National Oceanic and Atmospheric Administration США. Архив GDAS включает основные метеопараметры на 14 уровнях от поверхности земли до 20 мбар, что позволяет строить траектории с учётом вертикальных перемещений. Детальное описание модели и алгоритм расчёта траекторий движения воздушных масс представлен в [3].

Усреднённые за сезон концентрации ЕС и межгодовой тренд в 1 и 2 точках отбора показаны на рис. 1а. Т.к. в пункте Синеморье отбор осуществлялся только летом, то на рис. 1б представлен межгодовой тренд по летним измерениям. Средние концентрации ЕС за весь период наблюдений в пунктах отбора 1, 2 и 3 составляют 5.8 ± 2.9 , 2.8 ± 1.6 и 1.1 ± 0.6 мкг/м³, соответственно. На основании линии линейной регрессии выявлено, что за весь период измерений наблюдается снижение концентрации ЕС, причём особенно это проявляется на

фоновом участке. Сезонные вариации концентрации ЕС не являются очень сильными и представлены в таблице.

Таким образом, использование временных вариаций ЕС даёт возможность оценить фоновые концентрации на участках с разной степенью антропогенной нагрузки, оценить источники и стоки.

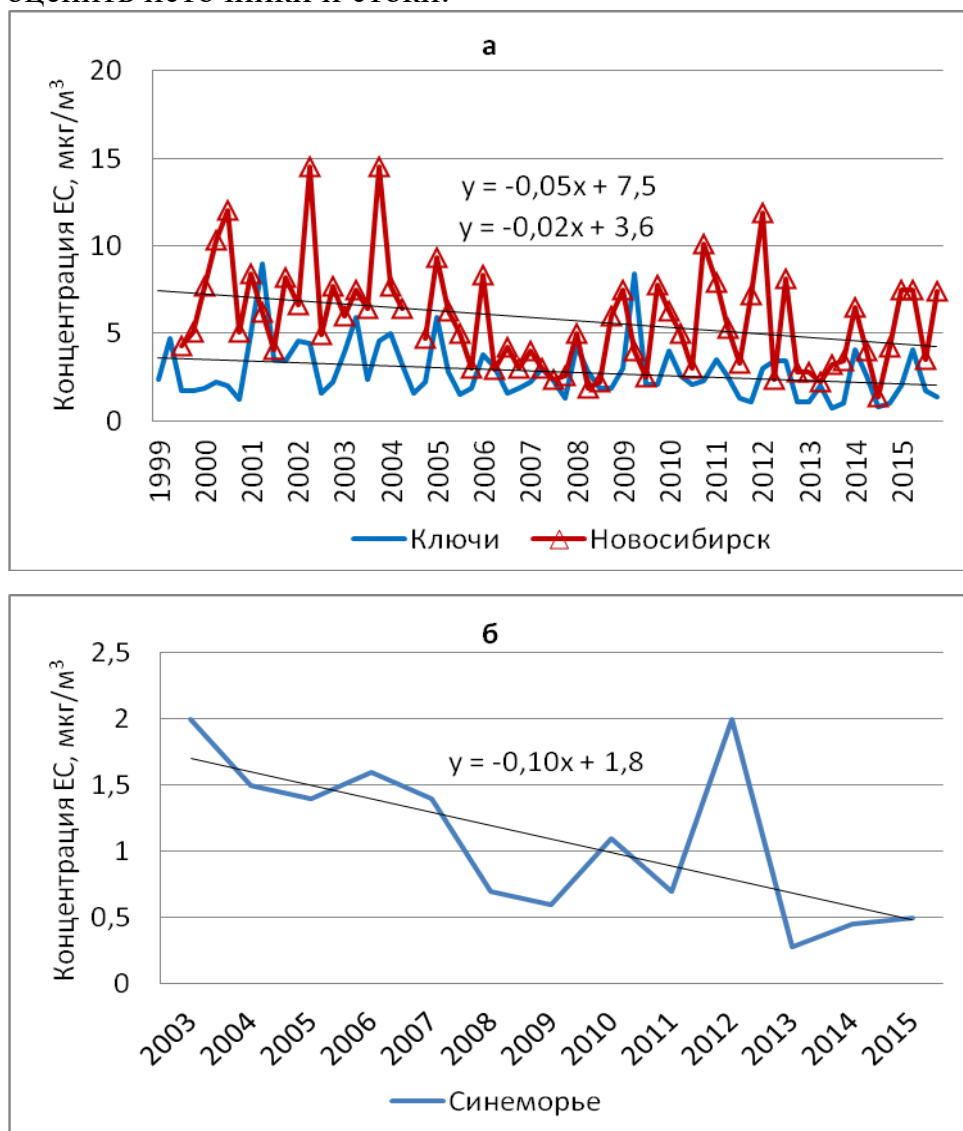


Рис. 1. Сезонные концентрации ЕС за 1999-2015 года, измеренные в пунктах с разной степенью антропогенной нагрузки

Таблица

Сезонные концентрации ЕС за 1999-2015 гг.

	Синеморье	Ключи	Новосибирск
январь - февраль	-	3.5±1.3	7.1±2.1
март - апрель	-	3.9±2.1	5.6±3.3
июнь - июль	1.1±0.6	1.9±0.74	4.4±2.6
сентябрь - октябрь	-	1.9±0.94	6.0±3.1

В июле 2012 г. на территории Новосибирской области наблюдалось задымление и ухудшение видимости атмосферы вследствие горения лесных массивов в Томской области и в Красноярском крае. Был зафиксирован

существенный рост массовой концентрации аэрозоля (См), субмикронной фракции (Ссуб) и органического углерода (ОС). При измерении аэрозольной компоненты дымового шлейфа от лесных пожаров показано, что дымовой аэрозоль в основном представлен частицами субмикронного размера сформированных преимущественно органическим веществом [4].

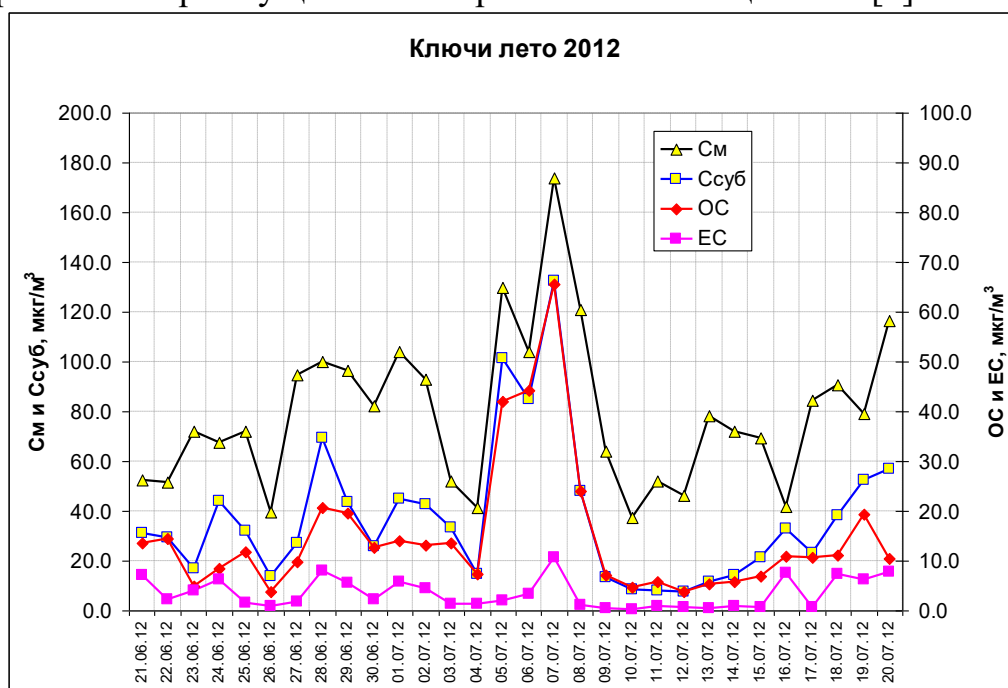


Рис. 2. Среднесуточные значения См, Ссуб, ОС и ЕС в п. Ключи (июнь-июль 2012)

Отметим, что воздействие удалённых пожаров в летний сезон 2012 г. на концентрации элементного углерода в точках наблюдения практически отсутствуют. Это подтверждается и результатами работы [1], где показано, что на больших удалениях от источника (порядка нескольких сотен километров) в результате осаждения на поверхность почвы и растений происходит очищение атмосферы от элементного углерода.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Bond T.C., Doherty S.J., Fahey D.W., Forster P.M., Bernsten T., DeAngelo B.J., Flanner M.G., Ghan S., Kärcher B., Koch D., Kinne S., Kondo Y., Quinn P.K., Sarofim M.C., Schultz M.G., Schulz M., Venkataraman C., Zhang H., Zhang S., Bellouin N., Guttikunda S.K., Hopke P.K., Jacobson M.Z., Kaiser J.W., Klimont Z., Lohmann U., Schwarz J.P., Shindell D., Storelvmo T., Warren S.G. and Zender C.S. Bounding the role of black carbon in the climate system: A scientific assessment // J. Geophys. Res.: Atmos. – 2013. – V. 118. – P. 5380-5552.
2. Makarov V.I., Koutsenogii K.P., Koutsenogii P.K. Daily and seasonal changes of organic and inorganic carbon content in atmospheric aerosol Novosibirsk Region // J. Aer. Sci. – 1999. – V. 30. – P. 659-660.
3. Куценогий К.П., Смирнова А.И. Метод обратных траекторий для идентификации источников атмосферных аэрозолей регионального и глобального масштабов // Оптика атмосферы и океана. 2001. Т. 14. № 6-7. С. 510-514.
4. Бизин М.А., Попова С.А., Чанкина О.В., Макаров В.И., Шинкоренко М.П., Смоляков Б.С., Куценогий К.П. Влияние лесных пожаров на массовую концентрацию, дисперсный и

химический состав атмосферных аэрозолей в региональном масштабе // Оптика атмосферы и океана. 2013. Т. 26. № 6. С. 484-489.

© В. И. Макаров, С. А. Попова, 2016

МЕТОД ЕСТЕСТВЕННОГО ИМПУЛЬСНОГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ ЗЕМЛИ ДЛЯ МОНИТОРИНГА ДИНАМИКИ ГРУНТОВ

Василий Федорович Гордеев

Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, 634055, Россия, г. Томск, пр. Академический, 10/3, кандидат технических наук, старший научный сотрудник, тел. (3822)49-25-91, e-mail: gordeev@imces.ru

Виталий Игорьевич Поливач

Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, 634055, Россия, г. Томск, пр. Академический, 10/3, старший научный сотрудник, тел. (3822)49-25-91, e-mail: Polivach@imces.ru

Сергей Юрьевич Малышков

Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, 634055, Россия, г. Томск, пр. Академический, 10/3, старший научный сотрудник, тел. (3822)49-25-91, e-mail: msergey@imces.ru

Предложены научные и методические подходы к использованию метода регистрации естественного импульсного электромагнитного поля Земли (ЕИМЭПЗ) для мониторинга динамики грунтов. Представлены результаты натурных измерений активности оползневых процессов по параметрам ЕИМЭПЗ. Описана технология мониторинга оползневой активности в режиме реального времени.

Ключевые слова: мониторинг, импульсное электромагнитное поле Земли, опасные геологические процессы.

EARTH NATURAL PULSE ELECTROMAGNETIC FIELD METHOD FOR SOIL DYNAMICS MONITORING

Vasiliy F. Gordeev

Institute of Monitoring of Climatic and Ecological Systems, Siberian Branch of the Russian Academy of Science, 634055, Russia, Tomsk, 10/3 Akademicheskoy Avenue, Ph. D., Senior researcher, tel. (3822)49-25-91, e-mail: gordeev@imces.ru

Vitaliy I. Polivach

Institute of Monitoring of Climatic and Ecological Systems, Siberian Branch of the Russian Academy of Science, 634055, Russia, Tomsk, 10/3 Akademicheskoy Avenue, Research officer, tel. (3822)49-25-91, e-mail: Polivach@imces.ru

Sergey Yu. Malyshev

Institute of Monitoring of Climatic and Ecological Systems, Siberian Branch of the Russian Academy of Science, 634055, Russia, Tomsk, 10/3 Akademicheskoy Avenue, Senior researcher, tel. (3822)49-25-91, e-mail: msergey@imces.ru

The paper suggests scientific and methodical approaches for Earth natural pulse electromagnetic field (ENPEMF) recording application to soil dynamics monitoring. Field measurements of landslide processes activity by ENPEMF parameters are presented. Authors describe landslide activity real-time monitoring technology.

Key words: monitoring, Earth pulse electromagnetic field, geological hazards.

В структуре естественного импульсного электромагнитного поля Земли (ЕИЭМПЗ) присутствуют импульсы от различных источников:

1. Импульсы грозового атмосферного происхождения, как от местных грозовых процессов в летнее время года, так и от мощных грозовых разрядов тропических гроз;

2. Импульсный поток литосферной составляющей, вызванный длиннопериодными деформационными волнами из нижней мантии, связанными с эксцентричным вращением ядра и оболочки Земли [1];

3. Импульсы, связанные с региональными тектоническими процессами, подготовкой, протеканием и релаксацией тектонических напряжений в очаге землетрясения;

4. Местные тектонические процессы, сопровождающиеся изменением тектонической активности грунтов, активизацией оползневых процессов, подвижками грунта.

Для измерения полей использовались разработанные, в ИМКЭС СО РАН, специализированные многоканальные геофизические регистраторы «МГР-01» [2]. В «МГР-01» предусмотрена регистрация импульсных сигналов по электрической и магнитной составляющим поля, причем по магнитной компоненте измерения ведутся на узкой полосе частот в ОНЧ-диапазоне по двум взаимно перпендикулярным направлениям приема сигналов. Одна антенна ориентировалась для преимущественного приема полей в направлении север-юг, другая запад-восток. Регистраторы «МГР-01» сертифицированы (сертификат

№ 24184), зарегистрированы в государственном реестре средств измерений и допущены к применению в Российской Федерации. Подчеркнем, что регистраторы измеряют только импульсные сигналы в указанном диапазоне частот, превысившие по амплитуде некоторый заданный оператором порог срабатывания (порог дискриминации). Регистраторы позволяют измерять магнитные поля напряженностью от 2×10^{-7} А/м до 400 А/м или с магнитной индукцией от $2,5 \times 10^{-4}$ нТл до 5×10^{-4} Тл. Напомним, что средняя напряженность поля у поверхности Земли составляет около 40 А/м. Опыт показывает, что для получения хорошо воспроизводимых результатов нет необходимости производить измерения при очень высокой чувствительности аппаратуры. Большинство представленных ниже измерений ЕИЭМПЗ выполнено по магнитной составляющей поля на резонансной частоте 14,5 кГц при пороге дискриминации по напряженности поля порядка $(0.01 \div 0.02)$ А/м.

Аномалии импульсных электромагнитных полей анализировались по результатам полевых исследований активного оползневого склона. Работы проводились по одним и тем же маршрутам в июне и в сентябре 2015 г. Измерения велись одновременно реперной станцией, которая находилась за пределами оползня и регистрировала фоновые вариации ЕИЭМПЗ и

маршрутными регистраторами, которыми велись измерения на каждом пикете маршрута. Расстояние между пикетами составляло 20-25 м, координаты каждого пикета определялись по GPS навигатору и учитывались при обработке. Результатом обработки полученного массива данных была разница между фоновыми значениями ЕИЭМПЗ и значениями этих полей, полученными на пикетах. Методика измерений и обработки подробно описана в патенте [3].

В случае отрицательных аномалий ЕИЭМПЗ делалось заключение о напряжениях сжатия в массивах горных пород, в случае положительных – о растяжении. На рис. 1 приведены результаты такой обработки по четырем маршрутам. Из рисунка видна высокая корреляция между измерениями в июне и сентябре. Следует отметить, что в районе 50 – 180 метров маршрута №1 НДС грунта напряжения сжатия увеличились почти в два раза. Данные осеннего мониторинга ОГП показали более сложную картину НДС грунтов в районе контролируемого участка по сравнению с данными, полученными в летний период. На маршруте №2 напряжения растяжения в районе от 170 метра и до конца маршрута так же увеличилось почти в два раза. Активизация оползня, по-видимому, обусловлена повышением увлажненности грунтов.

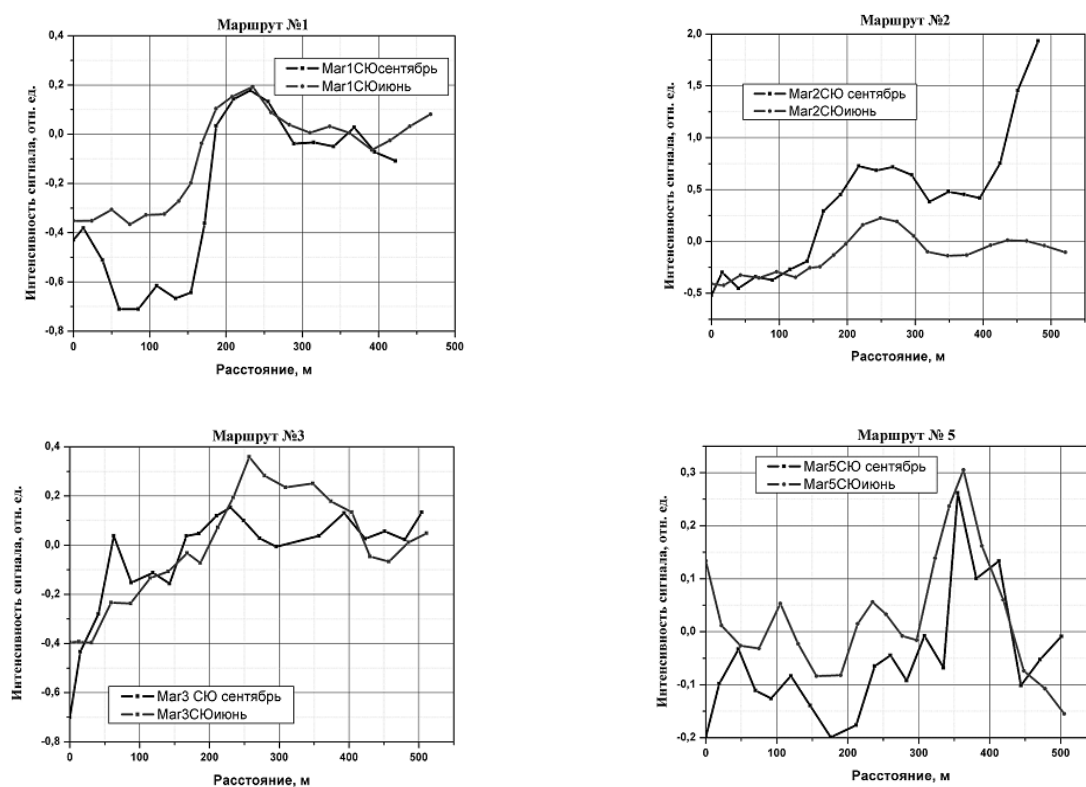


Рис. 1. Зависимость интенсивности радиоволнового сигнала по маршрутам № 1-3, 5

В конце 2007 года была запущена в опытную эксплуатацию первая очередь автоматизированной системы контроля геодинамических процессов (АСК-ГП) оползневого склона на трассе магистрального газопровода Уренгой – Помары -

Ужгород в районе перехода через реку Кама [4]. Комплекс состоит из десяти многоканальных геофизических регистраторов «МГР-01», размещенных в антивандальных бункерах на территории склона и за его пределами. Места размещения бункеров выбраны на основании комплексных геофизических исследований в точках с явно выраженными аномалиями напряженно-деформированного состояния горных пород.

Разработана принципиальная электрическая схема платы сопряжения регистратора «МГР-01» с модемом, зарядного устройства и контроля напряжения питания аккумулятора, с автоматическим отключением при понижении напряжения ниже допустимого. Схема реализована на 32-разрядном ARM-контроллере AT91SAM7X256 с высоким быстродействием, что позволяет использовать коммуникационное программное обеспечение в режиме реального времени.

Разработан алгоритм и программное обеспечение для передачи данных с регистраторов на удаленный сервер по GPRS каналу в бинарном формате. Создана программа конвертирования бинарных данных в ASCII формат, для дальнейшей обработки и визуализации, получаемых данных.

Однако качественные хорошо воспроизводимые результаты могут быть получены только с учетом ряда принципиально важных особенностей естественного импульсного электромагнитного поля Земли (ЕИЭМПЗ). К таким особенностям, прежде всего, следует отнести существование глобальных и региональных процессов, способных изменять интенсивность регистрируемого сигнала ЕИЭМПЗ, а также наличие импульсов, пришедших из-за пределов контролируемой территории.

На основании предварительной апробации системы был сформулирован алгоритм контроля геодинамических процессов по параметрам ЕИЭМПЗ. В качестве критерия предложено использовать превышение интенсивности импульсного потока ЕИЭМПЗ в каждой измеряемой точке (Т1, Т2, Т3, Т5, Т6, Т7, Т8, Т9, Т10) по отношению к реперной станции (Т4 реп.).

В рамках работ по созданию автоматизированной системы контроля геодинамических процессов (АСК-ГП) реализован программный продукт для аккумуляирования, хранения и анализа данных измерений в составе единого интернет портала [5]. На рис. 2 представлена копия экрана оператора.

Использование системы разнесенных в пространстве станций обеспечило высокоточные, хорошо воспроизводимые результаты, отражающие активность геодинамических склоновых процессов с высокой достоверностью.

Применение методов регистрации естественного импульсного электромагнитного поля Земли позволило выявлять в структуре склона зоны повышенной и пониженной активности оползневых процессов, зоны растяжения и относительного сжатия, пространственную ориентацию напряжений.

Важным результатом выполненных работ стали итоги экспериментальной проверки возможностей пространственно-временного мониторинга НДС склона

реки в масштабе реального времени. Удалось показать, что различные участки берега являются динамически развивающимися структурами, причем ситуация на различных участках оползня может изменяться даже в течение одних суток.

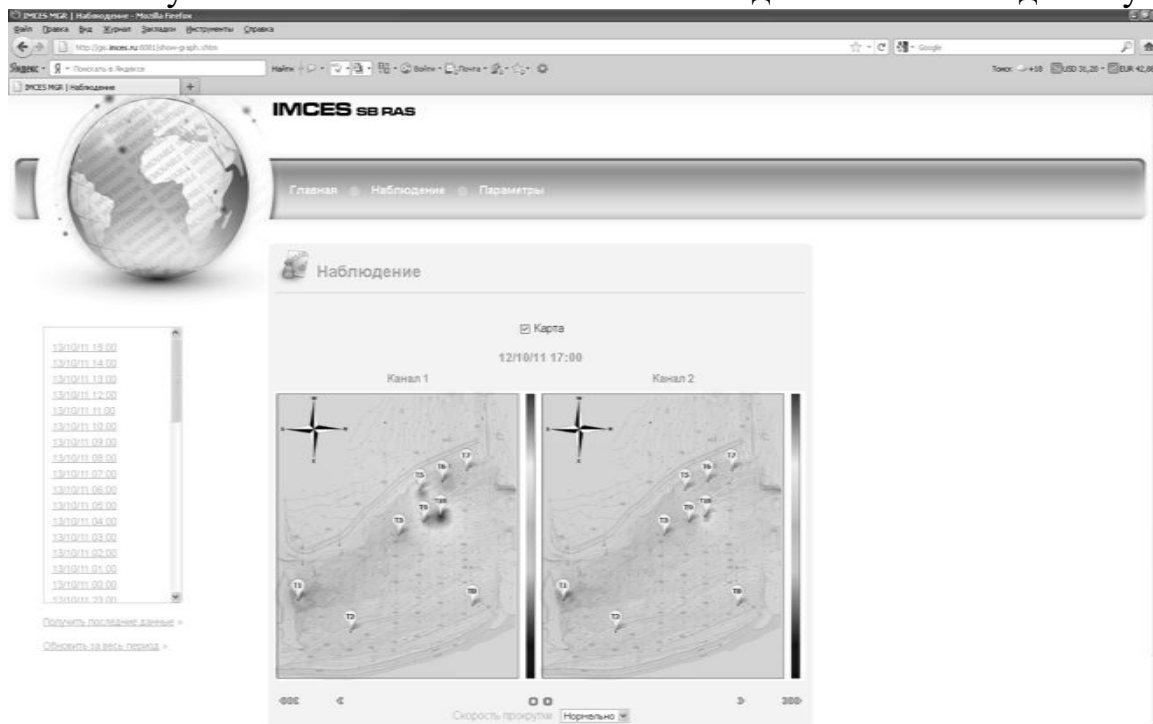


Рис. 2. Локализация оползнеопасного участка системой мониторинга опасных геологических процессов

Таким образом, результаты мониторинга напряженно-деформированного состояния оползневого склона за период 2007 – 2015 г.г. по показаниям сети станций, регистрирующих естественное импульсное электромагнитное поле Земли, включенных в автоматизированную систему контроля геодинамических процессов (АСК-ГП), показали высокую эффективность оценки устойчивости оползневого склона и обеспечили безопасную эксплуатацию магистрального газопровода.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Малышков Ю.П., Малышков С.Ю. Периодические вариации геофизических полей и сейсмичности, их возможная связь с движением ядра земли. // Геология и геофизика 2009, №2, с. 152-172.
2. Шталин С.Г., Гордеев В.Ф., Малышков и др. Регистратор импульсных электромагнитных полей для мониторинга геодинамических процессов и геофизической разведки// Датчики и системы. № 4. 2012г., с. 32-37.
3. Малышков Ю.П., Малышков С.Ю., Шталин С.Г., Гордеев В.Ф., Поливач В.И. Способ геофизической разведки //Патент РФ № 2414726, БИ № 8, 20 марта 2011 г.
4. Мониторинг напряженно-деформированного состояния оползневого склона по параметрам радиошумов системой АСК-ГП / В. Ф. Гордеев, Ю. П. Малышков, С. Г. Шталин, С. Ю. Малышков, В. И. Поливач, М. М. Задериголова // ГЕО-Сибирь-2010. VI Междунар. науч. конгр. : сб. материалов в 6 т. (Новосибирск, 19–29 апреля 2010 г.). – Новосибирск : СГГА, 2010. Т. 1, ч. 2. – С. 8–12.
5. Интернет портал системы контроля геодинамических процессов / М. М. Кабанов, С. Н. Капустин, П. Н. Колтун, П. Б. Милованцев // ГЕО-Сибирь-2011. VII Междунар. науч.

конгр. : сб. материалов в 6 т. (Новосибирск, 19–29 апреля 2011 г.). – Новосибирск : СГГА, 2011. Т. 1, ч. 1. – С. 138–142.

© В. Ф. Гордеев, В. И. Поливач, С. Ю. Малышков, 2016

УДК 528.9: 004.94

ГЕОИНФОРМАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРИРОДНО-РЕСУРСНЫХ ДАННЫХ ДЛЯ ЭФФЕКТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕМ РЕГИОНА

Ольга Николаевна Николаева

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, кандидат технических наук, доцент кафедры экологии и природопользования, тел. (383)361-08-86, e-mail: onixx76@mail.ru

В статье рассмотрена роль геоинформационного моделирования в обеспечении эффективной и обоснованной управленческой деятельности. Обоснована актуальность геоинформационного моделирования для планирования регионального природопользования. Приведено краткое изложение анализа существующей нормативной терминологии геоинформационного картографирования. По результатам проведенного анализа предложено новое понятие природно-ресурсной геоинформационной модели региона. Охарактеризованы ее свойства и основные структурные элементы. Подчеркнуто значение природно-ресурсной геоинформационной модели как инструмента для интеграции разнородных данных о природных ресурсах (данных дистанционного зондирования Земли, государственных кадастров и статистики природных ресурсов).

Ключевые слова: геоинформационное моделирование, природные ресурсы, управление природными ресурсами, геоинформационная модель, природно-ресурсная геоинформационная модель.

GIS MODELLING OF NATURAL RESOURCE DATA FOR EFFECTIVE ENVIRONMENTAL MANAGEMENT OF THE REGION

Olga N. Nikolaeva

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., Ph. D., associate Professor of ecology and environmental Sciences, tel. (383)361-08-86, e-mail: onixx76@mail.ru

The role of geoinformation modeling as the foundation for the effective management of sustainable development is examined in the article. The timeliness of geoinformation modeling for the planning of regional natural resources management is stated. Brief description of analysis of the modern regulatory language of geoinformation mapping is given. Based on the achieved results a new term is proposed: a nature resources' geoinformation model. It's purposes and main structural elements are described. The significance of nature resources' geoinformation model as an instrument for integration of heterogeneous data (e. g. Earth remote sensing data, state cadastral data, government statistics) is emphasized.

Key words: geoinformation modeling, nature resources, natural resources management, geoinformation model, nature resources' geoinformation model.

Развитие и совершенствование ГИС-технологий значительно расширило возможности получения информации, имеющей точную координатную

привязку. Это привело к формированию нового научного направления исследований – геоинформационного моделирования, позволяющего изучать и анализировать состав и взаимосвязи различных объектов и явлений путем создания многослойных цифровых картографических продуктов, которые могут быть реализованы как в двухмерном, так и в трехмерном представлении. Благодаря этому, геоинформационное моделирование выступает как мощный инструмент для решения различных административных задач в сфере планирования различных отраслей хозяйственной деятельности. Внедрение геоинформационного моделирования в повседневную практику управленческой деятельности значительно повышает обоснованность принимаемых решений и планируемых мероприятий за счет возможностей использования более обширных и современных массивов исходных данных и анализа перспективных последствий намечаемых действий.

В современных условиях возрастающего дефицита природных ресурсов одной из наиболее актуальных сфер использования геоинформационного моделирования является планирование природопользования и управление природными ресурсами на территории конкретных регионов, поскольку экономичное и эффективное использование природно-ресурсного потенциала является непременным условием высокой конкурентоспособности региона в условиях рыночной экономики. В этом случае в качестве основного продукта геоинформационного моделирования будет выступать природно-ресурсная геоинформационная модель (ПРГМ) региона, сосредотачивающая в себе пространственно распределенные данные о запасах, использовании и восстановлении водных, земельных, минеральных, растительных и фаунистических ресурсах региона. ПРГМ закладывает информационный базис для анализа и оценки современного состояния природных ресурсов региона и планирования их перспективного использования.

Существующие государственные и отраслевые стандарты, регламентирующие геодезические и картографические работы, не содержат четкое и однозначное определение геоинформационной модели. Сформулировано только понятие «пространственная модель местности: наглядное и измеримое трехмерное изображение земной поверхности на электронных средствах отображения информации, воспроизведенное в соответствии с заданными условиями наблюдения (обзора) на основе электронных топографических карт, цифровой картографической информации (цифровых матриц рельефа), полученной с географических карт, кадастровых планов и космоаэрофотографических материалов, рельефных карт и видеоизображений» [1]. По сути, данное определение отражает не столько сущность модели, сколько форму ее представления пользователю, один из вариантов конечного результата, который может быть получен в ходе анализа и преобразования пространственно распределенных данных.

Однако Карпиком А. П. в ходе детального развития теории и практики преобразования и использования пространственно привязанных данных для обеспечения устойчивого развития территорий было дано следующее

определение геоинформационной модели: это «информационная координированная компьютерная модель геопространства, представляющей совокупность пространственных объектов» [2].

С учетом вышеизложенного можно определить природно-ресурсную геоинформационную модель (ПРГМ) как цифровое представление упорядоченной совокупности пространственно распределенных данных о природно-ресурсных объектах территории, полученных из различных источников, перечень которых достаточен для осуществления рационального управления природными ресурсами региона в настоящем и будущем.

ПРГМ характеризуется следующими свойствами:

- Она представляет собой сложную динамическую систему, постоянно развивающуюся вслед за совершенствованием технологий и оборудования, используемых для сбора природно-ресурсных данных.

- ПРГМ объединяет в себе обширные массивы природно-ресурсных данных и современные методики и технологии компьютерного моделирования пространственно распределенных данных, в целом являясь ключевым элементом инфраструктуры ПРПД региона, обеспечивающим получение нового знания о природно-ресурсном потенциале региона.

- База данных ПРГМ формируется путем интеграции разнородных природно-ресурсных данных, полученных из разных источников и по различным методикам и технологиям, и формирования наборов природно-ресурсных данных, содержащих интегрированные данные.

- Основной задачей ПРГМ является обработка (анализ и моделирование) природно-ресурсных данных для принятия решений в области рационального управления природными ресурсами. Методологический аппарат и технологические последовательности, используемые для решения этой задачи, основываются на современных достижениях тематического и геоинформационного картографирования и пространственного ГИС-анализа.

Для обеспечения современности и достоверности информационной базы ПРГМ необходимо соблюдать следующие требования [3,4]:

- 1) Природно-ресурсные данные, наполняющие информационную базу ПРГМ, должны быть получены только из официальных источников, представлены в унифицированных единицах исчисления и привязаны к определенной календарной дате (в соответствии с особенностями сбора, систематизации и обработки первичных данных кадастровыми и статистическими организациями РФ, это - 1 января истекшего года).

- 2) Информация об общегеографических элементах, служащих для пространственной локализации тематического содержания, должна быть актуализирована с учетом аэрофото- и картографических материалов, созданных государственными организациями по утвержденным методикам и технологиям.

ПРГМ включает в себя следующие основные структурные элементы:

1) Массивы исходных данных. Эта категория охватывает базовые пространственные данные региона и наборы природно-ресурсных данных, содержащих тематическую информацию.

2) Методики и технологии анализа и моделирования данных, согласно которым осуществляется преобразование данных, входящих в наборы природно-ресурсных данных. Они позволяют осуществлять с помощью ПРГМ следующие действия:

а) картографическую визуализацию наборов природно-ресурсных данных во взаимосвязи с базовыми пространственными данными;

б) моделирование и экспертную оценку производных показателей, характеризующих запасы и состояние природных ресурсов региона. При этом целесообразно опираться на следующие исходные параметры:

- для невозобновимых природных ресурсов: константы запасов ресурса, расчетный аппарат оценки расхода невозобновимых ресурсов;

- для возобновимых природных ресурсов: константы запасов ресурса; расчетный аппарат оценки прироста и расхода возобновимых ресурсов.

в) картографическую визуализацию результатов моделирования и экспертной оценки в виде тематических цифровых карт и трехмерных моделей.

Информационными элементами, слагающими массивы исходных данных ПРГМ, являются единицы природно-ресурсной информации, которые хранятся, накапливаются и обрабатываются для картографического моделирования современного и перспективного состояния природных ресурсов региона (рисунок). С точки зрения пространственной локализации каждый конкретный информационный элемент может быть привязан только к одному из классов графических примитивов: к точке, к линии, или к площади (в последнем случае с учетом традиционной картографической терминологии, «площадь» может рассматриваться либо как ареал, либо как вся площадь региона).



Рис. Структура природно-ресурсной геоинформационной модели

Интегрированная визуализация информационных элементов ПРГМ и базовых пространственных данных региона позволяет использовать методы пространственного анализа для моделирования современного и перспективного состояния природных ресурсов региона. Результатом этого процесса являются цифровые картографические произведения, представленные в двухмерной или трехмерной форме и отражающие новое знание о природных ресурсах региона в оптимально адаптированной для визуального и геоинформационного анализа форме. В целом ПРГМ являются информационной основой для решения следующих задач в области управления природными ресурсами региона[5,6]:

2) исследование и оценка современного состояния природного ресурса (картографическое отображение качественных и количественных характеристик ресурса, определенных на текущий момент);

3) прогнозирование возможностей использования природного ресурса при различных сценариях экономического развития региона, а также прогнозирование изменений состояния ресурса в результате его техногенного использования (картографическое моделирование пространственных, качественных и количественных изменений ресурса средствами пространственного анализа и ГИС-анализа);

4) вынесение рекомендаций по эксплуатации, охране или восстановлению природного ресурса (картографическое обеспечение мероприятий по проектированию новых промышленных объектов или проведению рекультивационных мероприятий).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ГОСТ Р 52055-2003 - Геоинформационное картографирование. Пространственные модели местности. Общие требования [Текст]. – М.: Госстандарт России, 2003. – 8 с.
2. Карпик А. П. Методологические и технологические основы геоинформационного обеспечения территорий: монография. – Новосибирск: СГГА, 2004. – 260 с.
3. Научно-методические основы формализации процессов составления тематических карт для реализации в среде ГИС / С. С. Дышлюк, О. Н. Николаева, Л. А. Ромашова, С. А. Сухорукова // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2011. – № 5. – С. 91–93.
4. Разработка инструментальной справочно-аналитической географической информационной системы [Текст]: отчет о НИР (промежуточ.) / науч. рук. Лисицкий Д. В. – Новосибирск. – СГГА. – 2010. – 127 с. – № ГР 01201058189. – Инв. № 02201362050.
5. Николаева О. Н. Об интеграции ДДЗ в ГИС для формализованной инвентаризации природно-ресурсных характеристик региона // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2012. VIII Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Дистанционные методы зондирования Земли

и фотограмметрия, мониторинг окружающей среды, геоэкология» : сб. материалов в 2 т. (Новосибирск, 10–20 апреля 2012 г.). – Новосибирск : СГГА, 2012. Т. 2. – С. 34–39.

6. Николаева О. Н. Использование картографических моделей природных ресурсов на различных этапах ведения рационального природопользования // Вестник СГГА. – 2015. – Вып. 3 (31). – С. 79–86.

© О. Н. Николаева, 2016

КОМПЛЕКСНЫЙ МОНИТОРИНГ ИЗМЕНЕНИЙ КЛИМАТА И СТРУКТУРЫ РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА В ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Виктория Петровна Днепровская

Институт химии нефти СО РАН, 634055, Россия, г. Томск, пр. Академический, 4, младший научный сотрудник лаборатории «Научно-исследовательский информационный центр с музеем нефтей», тел. (3822)-49-22-27, e-mail: vpi@ipc.tsc.ru

Ирина Германовна Яценко

Институт химии нефти СО РАН, 634055, Россия, г. Томск, пр. Академический, 4, кандидат геолого-минералогических наук, зав. лабораторией «Научно-исследовательский информационный центр с музеем нефтей», тел. (3822)-49-18-11, e-mail: sric@ipc.tsc.ru

Татьяна Олеговна Перемитина

Институт химии нефти СО РАН, 634055, Россия, г. Томск, пр. Академический, 4, кандидат технических наук, научный сотрудник лаборатории «Научно-исследовательский информационный центр с музеем нефтей», тел. (3822)-49-22-27, e-mail: pto@ipc.tsc.ru

Изучены взаимосвязи показателей климатического состояния и пространственной структуры растительного покрова территории Западной Сибири. Пространственная структура растительного покрова территории определена на основе дешифрирования космических снимков среднего разрешения. Анализ климатического состояния территории проведен с использованием метеоданных, полученных на 99 метеостанциях в период 1955–1992 гг. на территории Западной Сибири. Показано, что с повышением среднегодовой температуры уменьшаются площади темнохвойных лесов и увеличиваются площади мелколиственных лесов и болот.

Ключевые слова: климатические данные, Западная Сибирь, космические снимки, геоинформационные системы.

THE COMPLEX MONITORING OF CHANGES CLIMATE AND VEGETATIVE COVER STRUCTURE OF TERRITORY IN WESTERN SIBERIA

Viktoriya P. Dneprovskaya

Institute of Petroleum Chemistry, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, 634055, Russia, Tomsk, 4, Akademichesky Avenue, junior research associate, tel. (3822)49-18-11, e-mail: vpi@ipc.tsc.ru

Irina G. Yashchenko

Institute of Petroleum Chemistry, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, 634055, Russia, Tomsk, 4, Akademichesky Avenue, Ph. D. in Geology and Mineralogy, Head of the Laboratory, tel. (3822)-49-18-11, e-mail: sric@ipc.tsc.ru

Tatiana O. Peremitina

Institute of Petroleum Chemistry, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, 634055, Russia, Tomsk, 4, Akademichesky Avenue, Ph. D. in Technical Science, research associate, tel. (3822)49-18-11, e-mail: pto@ipc.tsc.ru

Interrelations of parameters of a climatic state and spatial structure of a vegetative cover of West-Siberian territory are studied. The spatial structure of a vegetative cover of territory is determined on the basis of analysis of middle resolution space pictures. The analysis of a climatic state of the territory is carried out using data received on 99 meteorological stations during 1955-1992 in territory of Western Siberia. It is shown, that increase of mid-annual temperature is accompanied by decrease of dark-coniferous forests areas and by growth of areas of small-leaved forests and bogs.

Key words: climate data, Western Siberia, satellite images, geoinformation systems.

Одной из важных задач современных исследований Северной Евразии является проведение комплексного мониторинга территорий. В данной работе проводятся исследования по выявлению особенностей пространственной структуры растительного покрова в зависимости от климатических изменений. В решении этой задачи возникает необходимость учитывать пространственные свойства объектов исследований. Включение пространственных свойств в анализ хотя и усложняет процедуры анализа, но позволяет использовать дополнительную информацию, которая может быть актуализирована в рамках геoinформационного подхода к анализу многомерных данных [1, 2]. Реализация этого подхода требует использования геoinформационных систем (ГИС), позволяющих манипулировать и управлять пространственными данными, хранящимися в виде тематических слоев, географически определенных относительно цифровой карты-основы.

Для исследования климатических изменений территории Западной Сибири были использованы метеорологические данные за период 1955-1992 гг., полученные на 99 метеостанциях исследуемой территории: временные ряды среднегодовых значений температуры воздуха и количества атмосферных осадков,

а также максимальные годовые величины показателей снежного покрова (его высота, плотность и запасы воды). Анализ изменений климатического состояния территории Западной Сибири проводился отдельно для центральной части (в границах ХМАО) и южной части территории Западной Сибири (в границах Томской, Новосибирской и Омской областей), с использованием временных рядов среднегодовых значений температуры воздуха, количества атмосферных осадков и запаса воды в снежном покрове (ЗВСП) в период 1955-1992 гг..

Для южной части территории получили, что среднегодовая температура воздуха во втором периоде (1975-1992 гг.) по сравнению с первым периодом (1955-1970 гг.) увеличилась на 0,9 °C. Количество среднегодовых атмосферных осадков во втором периоде в среднем увеличилось на 0,7 мм по сравнению с первым периодом, т.е. приблизительно на 2 %. А изменение величины запаса воды в снежном покрове для южной территории Западной Сибири во втором периоде составляет 12,8 мм., т.е. увеличение по сравнению с первым периодом около 12,4 %. Следовательно, с повышением температуры значительно возрастает величина водозапаса в снежном покрове, хотя уровень атмосферных

осадков увеличивается незначительно. В центральной части территории во втором периоде среднегодовая температура воздуха увеличилась на 0,8 °С; уровень среднегодовых атмосферных осадков увеличился незначительно (приблизительно 1,2 %).

Для определения характеристик пространственной структуры растительного покрова территории использовались многозональные снимки со спутника «Ресурс-О1-3» (сканер МСУ-СК). Для определения состава и преобладающей растительности, наличия открытых водных поверхностей были взяты летние снимки. Хвойные и лиственные леса отчетливо выделяются на космоснимке благодаря различиям спектральной яркости. Разделение светлохвойных (сосновых) и темнохвойных лесов проводилось путем классификационного анализа снимка с привлечением «учителей», полученных на основе лесотаксационных планов. Обработка космических снимков проводилась средствами программного обеспечения системы Erdas Imagine, ГИС ArcView 3.x [3].

Исследования структуры лесорастительного покрова проведены с использованием космических снимков юго-восточной (Томская область) и центральной (Ханты-Мансийский автономный округ) частей Западной Сибири. В процессе анализа результатов обработки космического снимка были определены

4 типа ландшафтных выделов, характерных для таёжной зоны территории Западной Сибири: темнохвойные (ель, кедр), мелколиственные (береза, осина) и сосновые леса и болота. Данные о пространственной структуре различных ландшафтных провинций на территории центральной и юго-восточной частей

Западной Сибири получены в виде относительных площадей ландшафтных выделов.

Для иллюстрации на рисунке приведена зависимость относительной площади темнохвойных лесов (у) от температуры воздуха (х). На графике (рисунок) показана линия тренда, описываемая уравнением $y = ax + b$, где а и b – коэффициенты линейного уравнения.

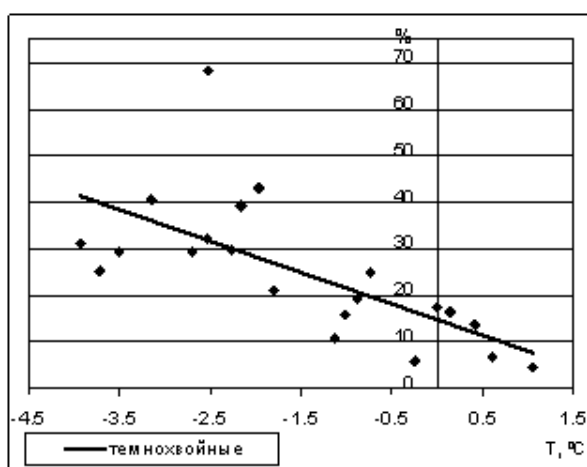


Рис. График зависимости относительного содержания
темнохвойных лесов от температуры воздуха

Как видно из рисунка, повышение среднегодовой температуры на территории Западной Сибири сопровождается снижением доли темнохвойных лесов

в структуре земного покрова.

Для изучения взаимосвязи климатических характеристик и структуры лесорастительного покрова были построены графики зависимости относительных площадей ландшафтных выделов разных типов от рассматриваемых климатических показателей [4]. Получили, что по мере повышения среднегодовой температуры воздуха, т.е. по мере смены ландшафтных зон от севера к югу структура лесоболотных территорий существенно изменяется. Площади темнохвойных и сосновых лесов сокращаются (от ~ 35 % - 40 % на севере территории, до ~ 10 % - 15 % на юге территории), преобладающими становятся автоморфные березовые леса. Площадь болот в среднем увеличивается, что отражает общую тенденцию увеличения заболачивания территорий к югу таёжной зоны Западной Сибири. С увеличением ЗВСП (т.е. в направлении с юга к северу) площади темнохвойных и сосновых лесов увеличиваются (от ~ 5 % - 12 % на юге территории, до ~ 35 % - 40 % на севере территории). Площадь мелколиственных лесов и болот уменьшается. С увеличением среднегодовой суммы атмосферных осадков отмечается повышение площадей сосновых и темнохвойных лесов, заболоченных территорий; площади мелколиственных лесов уменьшаются.

Таким образом, в результате проведённого комплексного мониторинга изменений показателей климатического состояния и пространственной структуры растительного покрова на обширной территории Западной Сибири установлена взаимосвязь этих показателей. В частности, показано, что повышение среднегодовой температуры воздуха сопровождается сокращением относительной площади темнохвойных лесов и ростом площади мелколиственных лесов и болот. С ростом среднего значения водозапаса в снежном покрове, наоборот, увеличивается относительная площадь темнохвойных лесов и сокращаются площади мелколиственных лесов и болот. Полученные результаты могут быть использованы при прогнозе изменений геоботанической структуры растительности Западной Сибири в условиях ожидаемого глобального потепления.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Полищук Ю.М., Перемитина Т.О. Геоинформационный подход к анализу многомерных данных о пространственно-распределённых объектах // Геоинформатика. – 2003. – № 1. – С. 18 – 21.
2. Полищук Ю.М., Иродова В.П., Перемитина Т.О. Геоинформационный анализ климатических особенностей юго-востока Западной Сибири на основе метода главных компонент // География и природные ресурсы. – 2003. – № 4. – С. 139 - 143.

3. Булгакова И.В., Полищук Ю.М. Исследование пространственной структуры лесоболотных комплексов нефтедобывающих регионов с использованием космоснимков среднего разрешения // Матер. 2-й Междун. научно-практич. конф. «Эколого-географические проблемы природопользования нефтегазовых регионов» (Нижевартовск, 20 - 22 октября 2003 г.) – Нижевартовск: Изд-е НГПИ, 2003. – С. 48 - 50.

4. Dneprovskaya V.P. Interrelation of spatial changes of climatic characteristics and vegetative cover structure in Western Siberia based on space images // V.P. Dneprovskaya, Y.M. Polishchuk // BioClimLand. – 2013. – №. 2. – С. 35–41.

© В. П. Днепроvская, И. Г. Яценко, Т. О. Перемитина, 2016

УДК 001.92;550.9;502.5;113

ВЛИЯНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ФОРМ ЖИЛЫХ ПОМЕЩЕНИЙ НА ЧЕЛОВЕКА

Юрий Степанович Ларионов

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плеханова, 10, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры экологии и природопользования, тел. (383)361-08-86, e-mail: larionov42@mail.ru

Ольга Александровна Ларионова

Российский экономический университет, Омский институт (филиал), 644009, Россия, г. Омск, ул. 10 лет Октября, 195, кор. 18, кандидат сельскохозяйственных наук, преподаватель, тел. (383)361-08-86, e-mail: larionov42@mail.ru

Николай Александрович Ярославцев

ООО «ЭкоПроба», 644120, Россия, г. Омск, п.г.т. Дальний, 20, научный консультант, тел. (381)234-83-69, e-mail: yaroslavcev_na@mail.ru

Анатолий Александрович Косов

ООО ЦИПК «Экватор», 644080, Россия, г. Омск, пр. Мира, 3, кандидат медицинских наук, генеральный директор, тел. (3812)59-66-66, e-mail: info@iswater.ru

Дмитрий Юрьевич Ларионов

Омский институт (филиал) Российского экономического университета им. Г. В. Плеханова, 644009, Россия, г. Омск, ул. 10 лет Октября, 195, кор.18, преподаватель, тел. (383)361-08-86, e-mail: denlarik@mail.ru

Целесообразно в экологическом отношении, зная, что все пространство электромагнитно, использовать термин «поля формы» (излучение «полей формы») понимаемое как изменение состояния геофизического рельефа. Поля формы – это свойства материальных систем, имеющих форму или сочетание форм и, благодаря этому, обладающих возможностью различным образом изменять динамическое состояние комплексов физических полей и излучений естественного и искусственного происхождения. Такие изменения происходят путём формирования вокруг них локальных аномалий, в первую очередь магнитных и электромагнитных, с проявлением краевых эффектов, изменяющих благоприятным или неблагоприятным образом характер воздействия на различные объекты, в том числе на организм человека, в зависимости от его генетических особенностей, что необходимо учитывать в практической жизни.

Ключевые слова: экология, фоновые электромагнитные поля и излучения, геометрические формы, поля-формы.

THE INFLUENCE OF GEOMETRICAL SHAPES OF DWELLINGS PER PERSON

Yuri S. Larionov

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., doctor of agricultural Sciences, Professor of chair of ecology and nature management, tel. (383)361-08-86, e-mail: larionov42@mail.ru

Olga A. Larionova

Russian economic University, Omsk Institute (branch), 644009, Russia, Omsk, ul 10 let Oktyabrya, d. 195, cor. 18, candidate of agricultural Sciences, Professor, tel. (383)361-08-86, e-mail: larionov42@mail.ru

Nikolai F. Yaroslavtsev

LLC «Ecoprobe», 644120, Russia, Omsk, p. G. T. long, 20, of. 19, scientific consultant, tel. (381)234-83-69, e-mail: yaroslavcev_na@mail.ru

Anatoly F. Kosov

LLC «Equator», the Russian Federation, 644080, Omsk, Mira Ave., 3, K. m. D., General Director, tel. (3812)59-66-66, e-mail: info@iswater.ru

Dmitriy Y. Larionov

Omsk Institute (branch) Russian economic University. G. V. Plekhanov, 644009, Russia, Omsk, ul 10 let Oktyabrya, d. 195, cor. 18, teacher, tel. (383)361-08-86, e-mail: denlarik@mail.ru

Appropriate environmental, knowing that the entire space of the electromagnetic, the use of the term «form fields» (the radiation «fields of form») is understood as changing the state of the geophysical terrain. The form fields are properties of material systems having the form or combination of forms and, because of this, with various ways to change the dynamic state of the physical fields and radiations of natural and artificial origin. Such changes occur through the formation around them of local anomalies, primarily magnetic and electromagnetic, with the manifestation of edge effects of changing favorable or unfavorable, the nature of the impact on various objects, including the human body, depending on its genetic characteristics that must be considered in practical life.

Key words: ecology, background electromagnetic fields and radiation, geometric shape field-shape.

При взаимодействии человека с окружающей средой могут возникать различные отклонения от нормального функционирования органов и систем, которые, в свою очередь, зависят от индивидуальных характеристик человека. Следовательно, при рассмотрении какой-либо проблемы со здоровьем на ментальном, психическом или физическом уровнях следует учитывать индивидуальные характеристики человека и условия окружающей среды. Такой комплексный и, в то же время, индивидуальный подход повышает эффективность решения выявляемых проблем. А проблема связана с тем, что в одном и том же месте (помещении) и при идентичных условиях окружающей

среды разные люди чувствуют себя по-разному. Например, это может быть связано с индивидуальными характеристиками высшей нервной деятельности или половозрастными отличиями. Получается, что для поддержания оптимального самочувствия необходимо учитывать не только правила здорового образа жизни, но и условия окружающей среды, в которой мы проводим большую часть нашего времени. Мы находимся в постоянном взаимодействии с окружающей средой и стараемся подстроиться к ней для выполнения необходимых функций.

Чаще всего человек автоматически реагирует на изменения в окружающей среде. Например, все мы реагируем на магнитные бури. Более здоровые люди успевают подстроиться под изменяющийся магнитный фон, а менее - нет, и они ощущают болезненное состояние и или невозможность выполнения какой-то работы. Таким образом, неосознанно мы постоянно подстраиваемся под окружающую среду и чувствуем её. С другой стороны, с использованием определенных подходов мы можем изменять среду под себя. Но для этого необходимо изучить особенности влияния тех или иных условий на состояние человека[1-10].

Считают, что комплекс электромагнитных полей и излучений различной интенсивности и генеза формируют факторы различного влияния на организм человека, которые могут существенно влиять не его здоровье, особенно в местах его длительного пребывания, таких как жильё и рабочее место[1-10 и др.].

В целом, такие электромагнитные комплексы можно охарактеризовать как локальные электромагнитные аномалии, изменяющие геофизический рельеф с приобретением новых характеристик, как правило, негативно влияющих на человека и вызывающих различные патологии. Термин "поля формы" распространённый в среде архитекторов[1], подразумевает существенное влияние геометрических форм жилых зданий и сооружений на психоэмоциональное и физическое состояние человека. Менее исследованным остаётся вопрос влияния "полей формы" на состояние геофизического рельефа и формирование локальных электромагнитных аномалий низкой (на пределе возможностей измерительной техники) и сверхнизкой (за пределами таких возможностей) интенсивности, на организма человека. Это продолжает оставаться актуальной задачей в экологических исследованиях.

Целью данной работы является выявление регулирующей роли комплекса фоновых электромагнитных излучений, связанных с геометрической формой жилых помещений и индивидуальными особенностями организма человека как биологической системы, обладающей диссимметрией в строении его клеток, органов и, в целом организма, с проявлением различной реакции на такие воздействия, т.е. влияние геометрических форм жилых помещений на организм человека.

Материалы и методы.

Модели геометрических форм жилых помещений в виде "египетской" пирамиды, куба, тетраэдра, которые соизмеримы с размерами человека, и выполненных в виде деревянных каркасов, обтянутых плотной тканью для исключения визуальных контактов испытуемого вне внутреннего пространства модели.

1. Камера газоразрядной визуализации (ГРВ камера по А.К. Короткову).

2. Методика оценки психоэмоционального и физического состояния испытуемых по уровню (площади) светимости объекта до и после их экспозиции

в геометрических моделях.

3. Тонометр медицинский, для определения давления у испытуемых до и после их экспозиции в геометрических моделях.

4. Индикатор геофизических аномалий "ИГА-1" (автор – Ю.П. Кравченко).

5. Биогеофизический метод (биолокация). Для определения присутствия локальных геофизических аномалий.

Ход и результаты исследований. Эксперимент проводился на территории Свердловской области в два этапа. Летом, в полевых условиях, на горизонтальной площадке в отсутствии искусственных источников электромагнитных излучений; зимой, в помещении загородного спортивного зала. В роли испытуемых были аспиранты и студенты Уральской государственной академии архитектуры (УралГАХА) под руководством профессора Барабанова А.А. [1] Приборы были предоставлены ООО ЦИПК "Экватор" ([7,8].

Перед экспозицией испытуемого в геометрической форме у него снималась ГРВ-грамма и измерялось артериальное давление. Процедуру повторяли после его экспозиции в "форме" в течение 10 минут, в положении сидя. Измерения проводились при отсутствии геофизических возмущений магнитного фона, при ясной погоде. Всего на двух этапах эксперимента участвовало 43 человека.

Рабочая гипотеза - форма модели может оказывать влияние на психоэмоциональное и физическое состояние человека и другие биологические объекты [7,8,10,13-15,17,20]. С помощью ИГА-1 и биогеофизического метода [13] были выбраны ограниченные участки на поверхности земли для установки моделей, на которых отсутствовали локальные электромагнитные аномалии в виде пятен, полос и их сочетаний, которые часто оцениваются как сети

Хартмана,

Кюри

и т.п. Следует отметить, что термин "сетка" достаточно условен и часто понимается как проекция на землю, хотя такая проекция вверх представляет собой своеобразные "стены", с той особенностью, что в приповерхностном слое Земли существуют обширные горизонтальные составляющие аномалии. Фактически локальная аномалия представляет собой трёхмерные ячейки, которые формируют ячеистые структуры и, в целом, ячеистое пространство биосферы, как её часть в виде системорегулирующей и системообразующей компоненты, что было показано в работе [17,18]. Положение сидя у

испытуемых было выбрано для обеспечения минимальных контактов, как с горизонтальными, так и с вертикальными составляющими аномалий, в том числе на уровне головы и ног. То есть, они находились в своеобразном "коконе", вне действия локальных аномалий.

Изменения состояния испытуемых проявлялось индивидуально. Так, в "египетской" пирамиде, в группе из 19-ти человек показатель уровня психоэмоционального состояния повысился у 13-ти человек (68 %) и снизился у 6-ти человек (32 %). Из них показатель уровня физического состояния увеличился

у 10-ти человек (53%) и ухудшился у 9-ти человек (47%). В субъективных ощущениях такие изменения проявлялись в виде лёгкой эйфории либо в ощущениях дискомфорта. По данной модели амплитуда колебаний показателей психоэмоционального состояния (в отклонении от нормы) составила 31%, а по физическому состоянию 24%.

В целом, это показало разнонаправленную реакцию организма испытуемых по уровню психоэмоционального и физического состояния, как по средним показателям, так и по состоянию отдельных органов (появление головной боли, вялости, ощущения покалывания в конечностях, в учащённом сердцебиении), то есть проявлялось в отклонении от нормы.

Влияние модели в форме тетраэдра на состояние испытуемых показало близкую разнонаправленную тенденцию в его изменениях аналогично изменениям, возникаемым в "египетской" пирамиде, но с существенным отличием по психоэмоциональной составляющей. Амплитуда колебаний по этому показателю составила почти 45% от нормы.

Влияние на испытуемых модели в форме "куб" проявилось в том, что амплитуда колебаний (в отклонении от нормы) по показателям психоэмоционального состояния была минимальна, относительно показателей по другим моделям и составила 23%, а по физическому состоянию 18%.

Показатели изменения состояния испытуемых во втором этапе эксперимента (зимой) в целом были близки к данным, полученным на первом этапе эксперимента.

Обсуждение результатов. Сравнение полученных данных по влиянию полей формы на организм человека позволяет подтвердить их воздействие, вероятно, путём изменения его физических полей по электромагнитной компоненте. В пользу этого говорит изменение показателя "площадь светимости" ГРВ-грамм у испытуемых. Важно отметить разнонаправленную реакцию организма человека в колебаниях его психоэмоционального и физического состояния

в широком диапазоне. Это согласуется с известными данными, полученными в биологии и медицине, как присутствие в клетках и организме биологической дисимметрии [5, 14].

Присутствие у биологических объектов дисимметрии, остаётся достаточно неопределённым понятием с теоретической точки зрения, и носит, в основном, описательный характер. Некоторая ясность может появиться, если опираться на

электромагнитные взаимодействия, как основу энергоинформационных взаимодействий в природе, где информация выступает как атрибут материи [10-12, 16-20]. Схематично, электромагнитная волна состоит из двух диполей – электрического (рецептор) и магнитного (память), а также гармоник различных порядков, образующих в целом квадруполь. Все колебательные процессы в квадруполе связаны и протекают на основе дисимметрии, в циклическом (ритмическом) функционировании биологических систем. Под влиянием различных внешних условий квадруполь может "деформироваться" в целом, или

в какой либо его части. В итоге возникает преобладание лево или правовращения в диполях или в системе диполей, оставаясь при этом системной триадой с общей точкой бифуркации.

При наличии постоянного внешнего источника магнитного или электромагнитного поля, например по уровню напряжённости квазипостоянного (пульсирующего) магнитного поля Земли, а фактически электромагнитной компоненты низкой частоты, биологический объект приобретает свойства той среды, где он развивался, в зависимости от его географического положения. Можно предположить, что если объект длительно находится в какой либо точке с изменённым состоянием магнитного поля, то это состояние закрепляется на его энергоинформационном, генетическом и морфологическом уровне и проявляется в виде дисимметрии клеток, органов и организма. В целом можно говорить о фиксации таких свойств в первую очередь на энергоинформационном уровне. Это соответствует методологии, предложенной В.И. Вернадским о симметричном отражении состояния биологических объектов присутствующих в биосфере, в виде её геофизической компоненты, в которой дисимметрия является правилом, а симметрия – исключением. Кроме того известно, что при моделировании распределения напряжённости магнитного поля она изменялась очень неравномерно, с разницей до 25 раз между остриём и цилиндрической частью иглы [2,3].

Таким образом, состояние организма человека, находящегося в моделях различных геометрических форм, в определенной географической точке, симметрично отражает состояние геофизического рельефа, по крайней мере, по его электромагнитной компоненте, следствием которого является изменение его психоэмоционального и физического состояния, в соответствии с закреплённой у него генетической (энергоинформационной) памятью. Причем эти изменения происходят даже за незначительный период времени, что показано в наших экспериментах.

Исследования показали, что из всех геометрических форм, используемых для жилья, куб является наиболее предпочтительным для этих целей, а тетраэдр – наименее.

На основании вышеизложенного, термин "поля формы" (излучение "полей формы") понимаемое как изменение состояния геофизического рельефа, можно сформулировать следующим образом. Поля формы – это свойства материальных систем, имеющих форму или сочетание форм и, благодаря

этому, обладающих возможностью различным образом изменять динамическое состояние комплексов физических полей и излучений естественного и искусственного происхождений. Такие изменения происходят путём формирования вокруг них локальных аномалий, в первую очередь магнитных и электромагнитных, с проявлением краевых эффектов, изменяющих благоприятным или неблагоприятным образом характер воздействия на различные объекты, в том числе на организм человека, в зависимости от его генетических особенностей, что необходимо учитывать в практической жизни.

Таким образом, эксперименты позволяют наметить пути наиболее рационального проектирования жилья, с учётом сохранения наиболее устойчивого психоэмоционального и физического состояния человека, связанного с биологической дисимметрией в его организме, как индивидуального показателя.

Необходимо отметить поисковый характер исследования, результаты которого вызывают необходимость их продолжения, как на моделях, так и на полномасштабных объектах, с учётом того, что они проводились на ограниченном количестве моделей, которые были близки к размерам человека, что возможно накладывает отпечаток на результат исследования.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Барабанов А.А. Влияние энергетических форм природы на жизнедеятельность человека / Академический вестник УралНИИпроект РААСН, № 1, 2010 г. - с. 91-96.
2. Гак Е.З. Магнитные поля и водные электролиты – в природе, в научных исследованиях, в технологиях / Е.З Гак. – СПб.: Элмор, 2013. – 536 с.
3. Гридин В.И., Гак Е.З. Физико-биологическое моделирование природных явлений. – М.: Наука, 1994. – 204 с.
4. Дубров А.П. Когнитивная психофизика: основы / А.П. Дубров. – II-е изд. Исп. и доп. Ростов на Дону: Феникс, 2006. – 301 с.
5. Дубров А.П. Биологическая геофизика. Поля. Земля. Человек и Космос. // А.П. Дубров. Москва: "Фолиум", 2009. – 176 с.
6. Дубров А.П. Экология и здоровье человека. – Уфа: Слово, 1995. – 96 с.
7. Коротков К.Г., Орлов Д.В. Комплексный подход к исследованию ноосферно-экологических параметров и эмоций человека // Материалы 14 Международного научного конгресса по биоэлектрографии «Наука. Информация. Сознание». - СПб, 2010. - С. 180-189.
8. Косов А.А., Барабанов А.А., Ярославцев Н.А. Роль электромагнитных полей и излучений в системе обеспечения безопасности человека / Академический вестник УралНИИпроект РААСН, № 1, 2010 г. - с. 84 – 90.
9. Косов А.А., Ярославцев Н.А., Приходько С.М., Ларионов Ю.С. Изменение "полей формы" специальной компьютерной программой "Иволга Х3" с оценкой таких изменений методом фитоиндикации / Основы физического взаимодействия: теория и практика // Материалы I Международной научно-практической конференции. – К.: Университет "Украина", 2008. – с. 161-187.
10. Ларионов Ю.С. Основы эволюционной теории (Концепции естествознания и аксиомы современной биологии в свете эволюции материи): учебное пособие / Ю.С. Ларионов. – Омск: ИП Скорнякова Е.В. 2012. – 233 с.
11. Ларионов Ю. С., Ярославцев Н. А., Приходько С. М. Информационные концепции целостной, естественнонаучной картины материального мира // Вестник СГГА. – 2013. – Вып. 4 (24). – С. 111–125.

12. Фоновые электромагнитные излучения низкой интенсивности, как регулирующий фактор, влияющий на гравитропическую реакцию растений / Ю. С. Ларионов, Н. А. Ярославцев, С. М. Приходько, Е. В. Екимов // Вестник СГГА. – 2013. – Вып. 2 (22). – С. 78–87.
13. Орлов Д.В., Коротков К.Г. Измерение энергетических характеристик пространства методом газоразрядной визуализации // Сборник тезисов 8 Международной Крымской конференции «Космос и Биосфера». - Судак, АР Крым, Украина, 2009. - С. 251-253.
14. Петров Н.В. Витакосмология / Н.В. Петров. – СПб.: ООО "Береста", 2013. – 388 с.
15. Петров Н.В. Светомбр (Свето-магнито-биологический ритм жизни Вселенной) / Н.В. Петров. – СПб.: Изд. Медицинская пресса, 2006. – 440 с.
16. Ярославцев Н.А. Геотропизм растений как форма фитоиндикации состояния неравномерных физических полей природного происхождения / Н.А. Ярославцев // Эколого-экономическая эффективность природопользования на современном этапе развития Западно-Сибирского региона: Мат. межд. науч.-практ. конференции. Омск: Изд. дом "Наука". 2006. С. 238-240.
17. Ярославцев Н.А. О возможном механизме взаимодействия биологических систем на основе энергоинформационных комплексов сверхслабых полей / Н.А. Ярославцев // IV Международный конгресс "Слабые и сверхслабые поля и излучения в биологии и медицине", 03-07 июля 2007 г., Санкт-Петербург: тез. / СПб гос. электротех. ун-т. / СПб., 2006. – с. 259.
18. Ярославцев Н.А. О существовании многоуровневых ячеистых энергоинформационных структур. Монография – Омск: Омский гуманитарный институт, 2005 г., – 184 с.
19. Ярославцев Н.А. Фитоиндикация слабых, малоразмерных геофизических аномалий локального характера при экологической оценке состояния окружающей среды / Н.А. Ярославцев // Омский научный вестник, № 6 (41), Омск, изд. ОмГТУ, 2006, - с. 296-300.
20. Ярославцев Н.А. Энергоинформационные взаимодействия как основа понимания целостной картины мира / Н.А. Ярославцев, Ю.С. Ларионов, С.М. Приходько, Е.В. Екимов // сборник научных трудов VI Международного Конгресса "Слабые и сверхслабые поля и излучения в биологии и медицине". – СПб., 2012. – С. 280-281.

© Ю. С. Ларионов, О. А. Ларионова,
Н. А. Ярославцев, А. А. Косов, Д. Ю. Ларионов, 2016

УДК 502.7

ИССЛЕДОВАНИЕ СОРБЦИИ НЕФТЕПРОДУКТОВ ЗООГУМУСОМ НА ОСНОВЕ ЛИЧИНОК *MUSCA DOMESTICA*

Валерий Павлович Зайцев

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плеханова, 10, доктор химических наук, профессор кафедры экологии и природопользования, тел. (383)361-08-86, e-mail: kaf.ecolog@ssga.ru

Мария Викторовна Клименко

Сибирский государственный университет водного транспорта, 630099, Россия, г. Новосибирск, ул. Щетинкина, 33, инженер кафедры водных изысканий и экологии, тел. (383)211-11-67, e-mail: kvig@nsawt.ru

Предложен новый способ использования зоогумуса на основе личинок *Musca Domestica* в качестве сорбента для очистки воды от нефтепродуктов. Экспериментально полученные изотермы адсорбции дизельного топлива и машинного масла были промоделированы с помощью классических эмпирических уравнений Ленгмюра и Фрейндлиха. Показано, что

зоогумус имеет наибольшую сорбционную активность по отношению к дизельному топливу, чем по отношению к машинному маслу.

Ключевые слова: нефтепродукты, сорбция, зоогумус, очистка.

INVESTIGATION OF OIL PRODUCTS SORPTION BY MUSCA DOMESTICA LARVAE-BASED ZOOHUMUS

Valerij P. Zaicev

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., D. Sc. in Chemistry, Prof. of Department of ecology and nature management, tel. (383)361-08-86, e-mail: kaf.ecolog@ssga.ru

Maria V. Klimenko

Siberian State University of Water Transport, 630099, Russia, Novosibirsk, 33 Schetinkina St., engineer of Department water research and ecology, tel. (383)211-11-67, e-mail: kvig@nsawt.ru

A new method of using *Musca Domestica* larvae-based zoohumus as a sorbent for water purification from oil products has been proposed. Experimentally obtained adsorption isotherms of diesel fuel and motor oil have been modeled using the classical empirical Langmuir-Freundlich equations. The article shows that zoohumus has the higher sorption activity in relation to diesel fuel compared to engine oil.

Key words: oil products, sorption, zoohumus, purification.

В последнее время для удаления нефти и нефтепродуктов в воде большое значение приобретают адсорбционные механизмы с применением различных сорбентов. Наиболее перспективными сорбентами для ликвидации нефтяных загрязнений являются природные и органические сорбенты. В связи с этим были исследованы возможности использования зоогумуса в качестве нового сорбирующего материала нефтепродуктов, полученного при обработке свиного навоза или куриного помета личинками *Musca Domestica* [1].

Экспериментальные исследования сорбционных свойств зоогумуса проводились на модельных растворах, насыщенных нефтепродуктами. В качестве нефтепродуктов использовались дизельное топливо марки ДТЛ-0,2-60 ($\rho = 0,86 \text{ г/см}^3$) и машинное масло марки М14В2 ($\rho = 0,91 \text{ г/см}^3$). Модельные растворы готовились путем перемешивания 1 мл нефтепродукта в 1 л дистиллированной воды. После перемешивания двухфазная система отстаивалась

в течение суток, затем фазы разделялись и водный раствор, насыщенный нефтепродуктом, использовался для исследования сорбционных свойств зоогумуса. Начальная концентрация дизельного топлива и машинного масла в воде составила 29,0 и 16,8 мг/дм³ соответственно.

Адсорбционное равновесие в системе «нефтедержащая вода-сорбент» изучалось следующим образом. В исходные растворы добавлялся в различном количестве зоогумус, от 0,05 до 1 г, затем раствор перемешивался не менее 15 минут с помощью магнитной мешалки. После осаждения взвешенных частиц

сорбента, полученные растворы анализировали на приборе КН-2 по аттестованной методике [2]. Все опыты проводили при комнатной температуре 20 ± 2 °С.

Величина равновесной адсорбции рассчитывалась по формуле

$$A_p = (C_0 - C) \cdot V/m, \quad (1),$$

где A_p – емкость адсорбента, мг/г;

C_0 , C – начальная и равновесная концентрация нефтепродуктов в растворе соответственно, мг/л;

V – объем исследуемого раствора, л;

m – масса образца сорбента зоогумуса, г.

По результатам проведенной работы были построены изотермы адсорбции зоогумусом машинного масла и дизельного топлива, которые представлены на рис. 1.

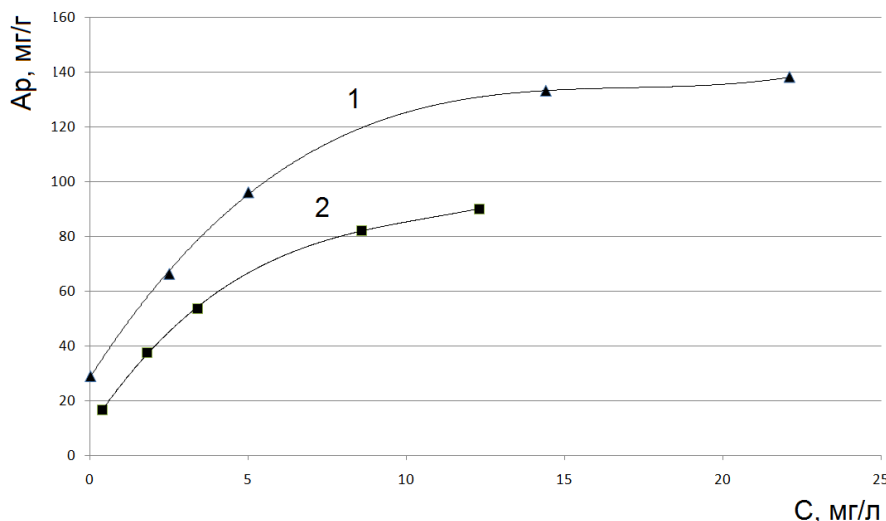


Рис. 1. Изотермы адсорбции нефтепродуктов зоогумусом:

1 – дизельное топливо; 2 – машинное масло

Полученные изотермы адсорбции нефтепродуктов по классификации Гильса принадлежат к изотермам Ленгмюра [3]. Указанные изотермы по мере увеличения концентрации сорбируемого вещества стремятся к некоторому значению, соответствующему заполненному монослою нефтепродуктов на поверхности сорбента.

С учетом формы равновесных кривых были промоделированы экспериментальные результаты с использованием уравнения Ленгмюра

$$A_p = A_m \frac{K_L \cdot C}{1 + K_L \cdot C} \quad (2),$$

имеющего вид в линейной форме

$$\frac{C}{A_p} = \frac{1}{K_L \cdot A_m} + \frac{C}{A_p}, \quad (3),$$

где A_m – адсорбционная емкость зоогумуса при насыщении, мг/г; K_L – константа сорбционного равновесия.

Линейная форма изотермы, представленная на рис. 2, позволяет получить постоянные параметры уравнения Ленгмюра (A_m и K_L).

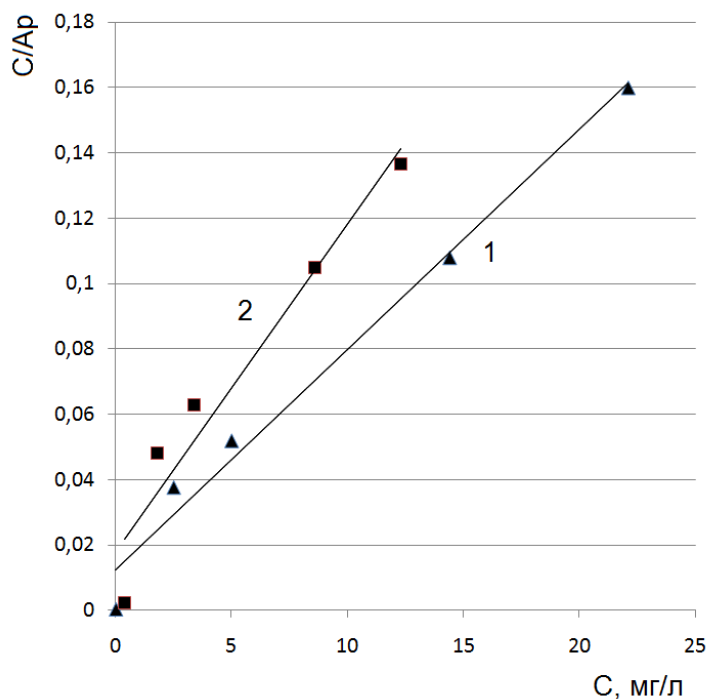


Рис. 2. Изотермы адсорбции Ленгмюра в логарифмических координатах: 1 – дизельное топливо; 2 – машинное масло

Экстраполяция прямой линии до оси ординат дает отрезок $1/A_m K_L$, а тангенс угла наклона прямой $\operatorname{tg} \alpha = 1/A_m$. Рассчитанные значения постоянных уравнения Ленгмюра приведены в таблице.

Для более полной оценки сорбционных свойств зоогумуса по отношению к нефтепродуктам изотермы адсорбции были проанализированы в соответствующих координатах линеаризации эмпирического уравнения Фрейндлиха [4]:

$$A_p = K_F \cdot C^{\frac{1}{n}} \quad (4)$$

где K_F – константа равновесия уравнения Фрейндлиха, относящаяся к адсорбционной емкости; n – параметр, характеризующий кривизну изотермы в начальной области концентраций и указывающий на интенсивность взаимодействия адсорбент-адсорбат.

На рис. 3 представлены экспериментальные данные по адсорбции нефтепродуктов зоогумусом в координатах линейного уравнения

$$\lg A_p = \lg K_F + \frac{1}{n} C. \quad (5)$$

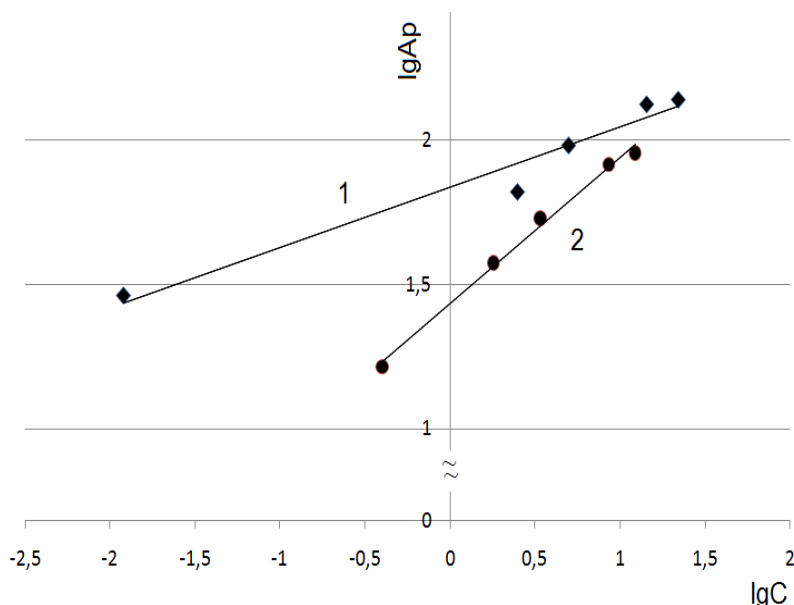


Рис. 3. Изотермы адсорбции Фрейндлиха в логарифмических координатах: 1 – дизельное топливо; 2 – машинное масло

Видно, что экспериментальные точки адсорбции нефтепродуктов зоогумусом хорошо укладываются на прямые линии – это свидетельствует, что данное уравнение может быть использовано для нахождения параметров уравнения Фрейндлиха (K_F , n), которые приведены в таблице.

Параметры K_L , K_F , n позволяют сравнить активность сорбента по отношению к нефтепродуктам: чем больше параметры сорбционного равновесия, тем сильнее взаимодействие системы адсорбент - адсорбат. Из сравнения данных таблицы 1 можно сделать вывод, что зоогумус имеет наибольшую сорбционную активность по отношению к дизельному топливу, чем по отношению к машинному маслу.

Таблица 1

Параметры уравнений Ленгмюра и Фрейндлиха для статической сорбции нефтепродуктов зоогумусом

Параметры уравнения	Дизельное топливо	Машинное масло
Уравнение Ленгмюра		
K_L	0,72	0,50
A_m	140	100
R^2	0,98	0,94
Уравнение Фрейндлиха		
K_F	68,56	27,10
n	4,76	1,96
R^{2*}	0,958	0,994

* R^2 – величина достоверной аппроксимации

Для каждой из представленных зависимостей после обработки были получены величины достоверной аппроксимации, которые приведены в таблице. Сравнение коэффициентов аппроксимации при линейаризации изотерм показывает, что высокая корреляция для моделей Ленгмюра и Фрейндлиха дает основания использовать эти теории для интерпретации равновесных данных по адсорбции нефтепродуктов. Вычисленные таким образом параметры уравнений позволяют найти уравнение адсорбции, по которому можно вычислить количество адсорбированных нефтепродуктов в равновесных условиях.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гудилин И.И., Кондратов А.Ф. и др. Биотехнология переработки органических отходов и экология / ред. И.И. Гудилина, А.Ф. Кондратова / Новосибирское книжное издательство. – 1999. – 393 с.
2. Лурье Ю.Ю., Рыбникова А.И. Химический анализ производственных сточных вод. – М.: Изд-во «Химия», 1974. – 336 с.
3. Парфит Г. Адсорбция из растворов на поверхности твердых тел: Пер. с англ./ Под ред. Г. Парфита, К. Рочерстера. – М.: Мир. 1986. – 488 с.
4. Фролов Ю.Г. Поверхностные явления и дисперсные системы / Ю.Г. Фролов – М.: Изд-во «Химия», 1982. – 400 с.

© В. П. Зайцев, М. В. Клименко, 2016

ПРИМЕНЕНИЕ СПУТНИКОВЫХ ДАННЫХ TERRA-MODIS ДЛЯ МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА НЕФТЕДОБЫВАЮЩИХ ТЕРРИТОРИЙ ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ

Ирина Германовна Яценко

Институт химии нефти СО РАН, 634021, Россия, г. Томск, пр. Академический, 4, кандидат геолого-минералогических наук, зав. лабораторией «Научно-исследовательский информационный центр с музеем нефтей», тел. (3822)-49-18-11, e-mail: sric@ipc.tsc.ru

Татьяна Олеговна Перемитина

Институт химии нефти СО РАН, 634021, Россия, г. Томск, пр. Академический, 4, кандидат технических наук, научный сотрудник лаборатории «Научно-исследовательский информационный центр с музеем нефтей», тел. (3822)-49-22-27, e-mail: pto@ipc.tsc.ru

Проведен мониторинг состояния растительного покрова нефтедобывающих территорий Томской области за период 2010–2015 г. с использованием тематических продуктов MODIS. Предложен подход к оценке воздействия различных факторов на экологию нефтегазодобывающих территорий на основе дистанционных исследований состояния растительного покрова по значению нормализованного разностного индекса растительности NDVI. Апробация предложенного подхода проведена для техногенно-нарушенных территорий четырех нефтяных месторождений Томской области – Крапивинское, Мыльджинское, Лугинецкое и Урманское. Дополнительно, в качестве фонового участка, исследована территория Государственного природного заказника областного значения «Оглатский».

Ключевые слова: окружающая среда, космические снимки, геоинформационные системы, месторождения нефти, вегетационный индекс.

APPLICATION OF THE TERRA-MODIS SATELLITE DATA FOR MONITORING THE STATE OF VEGETATION OIL PRODUCING TOMSK REGION

Irina G. Yashchenko

Institute of Petroleum Chemistry, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, 634021, Russia, Tomsk, 4 Akademicheskoy Avenue, Ph. D. in Geology and Mineralogy, Head of the Laboratory, tel. (3822)-49-18-11, e-mail: sric@ipc.tsc.ru

Tatiana O. Peremitina

Institute of Petroleum Chemistry, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, 634021, Russia, Tomsk, 4 Akademicheskoy Avenue, Ph. D. in Technical Science, research associate, tel. (3822)49-18-11, e-mail: pto@ipc.tsc.ru

Using the MODIS thematic products, the status of vegetation of oil producing areas in Tomsk region for the period 2010–2015 is monitored. An approach for estimating the impact of various factors on the ecology of oil producing areas using the NDVI coefficient and remote sensing data on the status of vegetation is proposed. The approach is tested within four technologically-disturbed lands – four oil fields, Krapivinskoye, Myldzhenskoye, Luginetskoye, and Urmanskoye in Tomsk region. The territory of the Oglaty Status Nature Reserve of regional importance is investigated as a reference area.

Key words: environment, satellite images, geoinformation systems, oil field, vegetation index.

Нефтегазодобывающий комплекс представляет собой сложную систему взаимосвязанных производств, состоящую из эксплуатационных скважин, установок комплексной подготовки поступающего углеводородного сырья и других объектов, относящихся как непосредственно к добыче нефти и газа, так и к обеспечению жизнедеятельности населения. Воздействие нефтегазового комплекса на природную среду настолько усилилось, что существующие наземные методы слежения за её состоянием перестали удовлетворять современным требованиям учета ресурсов биосферы и управления ее развитием [1].

Вследствие труднодоступности территорий, находящихся в зоне воздействия предприятий нефтегазодобычи Западной Сибири, наиболее перспективным подходом к оперативному мониторингу состояния растительного покрова является подход, основанный на использовании космических снимков (КС).

Данные дистанционного зондирования Земли из космоса позволяют оперативно отслеживать изменения состояния и структуры растительного покрова. Для работы со спектральной информацией часто прибегают к созданию так называемых «индексных» изображений. Спектральные индексы, используемые для изучения и оценки состояния растительности, получили общепринятое название вегетационных индексов. Вегетационный индекс (ВИ) – показатель, рассчитываемый в результате операций с разными спектральными диапазонами (каналами) данных дистанционного зондирования, и имеющий отношение к параметрам растительности в данном пикселе снимка. Наиболее популярный

и часто используемый индекс - NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) – нормализованный разностный индекс растительности. Анализ значений индекса NDVI позволяет выявить проблемные зоны с угнетенной растительностью на техногенно-нарушенных или загрязненных территориях, давая возможность принимать наиболее верные решения, направленные на улучшение экологического состояния ландшафта. При помощи статистической обработки ретроспективных данных о значениях индекса NDVI помимо определения зон с угнетенной растительностью можно дополнительно определять изменения объемов фитомассы на исследуемой территории [2].

В Научно-исследовательском информационном центре ИХН СО РАН сформирована коллекция космических снимков и тематических продуктов MODIS (Moderate-resolution Imaging Spectroradiometer – сканирующий спектрорадиометр среднего разрешения) для исследуемой территории Западной Сибири за период 2000 - 2015 гг. Данные MODIS по всей поверхности Земли поступают со спутника Terra каждые 2 дня в 36 спектральных зонах с разрешением 250-1000 м, что обеспечивает моделирование в глобальном и региональном масштабе. Предназначение системы MODIS состоит в сборе данных для калиброванных глобальных интерактивных моделей Земли как единой системы [3].



Рис. 1. Исследуемые территории

В данной работе проведен анализ состояния растительности для территории четырех нефтяных месторождений Томской области (Урманское, Лугинецкое, Мыльджинское и Крапивинское) и одного фонового участка (Оглатский заказник) с использованием спутниковых данных Terra MODIS – MOD13Q1 16-Day Vegetation Indices с разрешением 250 м, содержащие значения нормализованного вегетационного индекса NDVI (рис.1).

Средствами геоинформационной системы ArcGis для пяти исследуемых территорий рассчитано среднее значение индекса NDVI с 2000 по 2015 гг. для дат съемки 10-26 июня (рис. 2).

Как видно из рис. 2, максимальное значение вегетационного индекса $NDVI = 0,847$ соответствуют состоянию растительного покрова фонового участка (территория Оглатского заказника) в 2011 году. Стоит отметить, что для всех исследуемых территорий тенденция изменения значений индекса однотипны - высокие значения в 2011 и 2015 гг., минимальные значения – в 2010 г. и 2013 г., за исключением территории Мыльджинского месторождения. Такая согласованность может быть объяснена тем, что, например, в 2010 г. в Томской области был высокий уровень паводка и масштабное затопление, что способствовало естественному смыву нефтепродуктов с нефтезагрязненных земель месторождений и хорошему развитию растительного покрова на следующий год. А вычисленные относительно низкие значения индекса в 2013 г. могут быть обусловлены тем фактом, что лето 2013 г. началось с вторжения холодного арктического воздуха, в результате чего пониженный температурный фон июня с частыми осадками сказался на задержке в развитии растительности [4]. Средняя температура воздуха за июнь месяц 2013 г. составила плюс 13...15 °С, что ниже нормы на 1...2 °С и ниже средние значения 2012 г. на 7...8 °С.

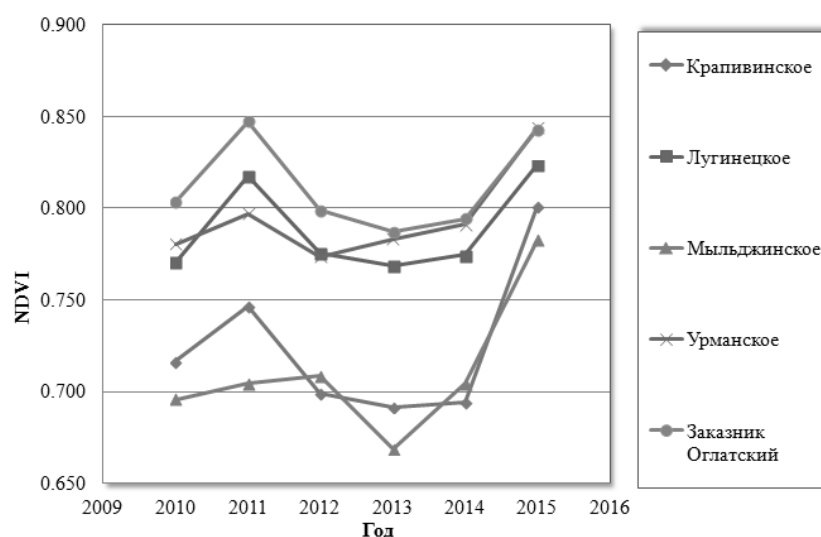


Рис. 2. Анализ значений нормализованного вегетационного индекса

Проведенный анализ позволил определить угнетенное состояние растительности территории Мыльджинского месторождения, а также выявить улучшение со временем экологического состояния растительности всех исследуемых территорий. Таким образом, предложенный подход к анализу, основанный на применении данных дистанционного зондирования, позволяет проводить мониторинг состояния растительности труднодоступных нефтегазодобывающих территорий Томской области, проводить картографирование и пространственный анализ труднодоступной болотистой местности, что оказывает значительную помощь в своевременной оценке экологической ситуации и принятии решений в устранении и профилактики загрязнения окружающей среды.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Солодовников А.Ю., Устойчивость и экологический риск в процедуре оценки воздействия нефтегазовых объектов на окружающую среду: теоретический аспект // Вестник экологии, лесоведения и ландшафтоведения. Выпуск 3. Тюмень.: ИПОС, 2002. С. 33-42.
2. Козодеров В.В., Кондранин Т.В. Методы оценки почвенно-растительного покрова по данным оптических систем дистанционного аэрокосмического зондирования Учебное пособие. — М.: МФТИ, 2008. — 222 с.
3. Официальный сайт радиометра MODIS [Электронный ресурс]: описание системы TERRA и сканера MODIS – Режим доступа: <http://modis.gsfc.nasa.gov>.
4. Экологический мониторинг: Доклад о состоянии и охране окружающей среды Томской области / Глав. Ред. А.М. Адам; Департамент природных ресурсов и охраны окружающей среды Томской области, ОГБУ «Облкомприрода». Томск: Дельтаплан, 2014. 194 с.

© И. Г. Яценко, Т. О. Перемитина, 2016

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО РИСКА ПРИ ДОБЫЧЕ И ТРАНСПОРТИРОВКЕ НЕФТИ

Юрий Поликарпович Ехлаков

Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 634034, Россия, г. Томск, ул. Вершинина, 74, доктор технических наук, профессор кафедры автоматизации обработки информации, тел. (3822)41-41-31, e-mail: upe@tusur.ru

Татьяна Олеговна Перемитина

Институт химии нефти СО РАН, 634021, Россия, г. Томск, пр. Академический, 4, кандидат технических наук, научный сотрудник лаборатории «Научно-исследовательский информационный центр с музеем нефтей», тел. (3822)49-22-27, e-mail: pto@ipc.tsc.ru

Предложена новая методика оценки экологического риска добычи и транспортировки нефти. Методика включает: определение уровня экологического риска с применением статистических методов; построение карт экологического риска с использованием данных дистанционного зондирования Земли и средств геоинформационных систем.

Ключевые слова: разливы нефти, экологический риск, оценка экологического риска, космические снимки, геоинформационные системы.

METHODOLOGY FOR ASSESSING ENVIRONMENTAL RISK IN OIL PRODUCTION AND TRANSPORTATION

Yuriy P. Ekhlakov

Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics, 634034, Tomsk, 74, Vershinina Street, Ph. D., Prof. of Department of Data Processing Automation, tel. (3822)-41-41-31, e-mail: upe@tusur.ru

Tatiana O. Peremitina

Institute of Petroleum Chemistry, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, 634021, Russia, Tomsk, 4, Akademicheskyy Avenue, Ph. D, research associate, tel. (3822)49-18-11, e-mail: pto@ipc.tsc.ru

A methodology for environmental risk assessment of oil production and transportation is proposed. It includes: determining the level of environmental risk with the use of statistical methods; building environmental risk maps using remote sensing data and means of geographic information systems.

Key words: oil spills, environmental risk, environmental risk assessment, satellite images, geoinformation systems.

В последние годы особую актуальность в связи с изменением климата и старением основных фондов приобретает проблема своевременного анализа и прогноза негативных изменений качества окружающей среды в результате природных и антропогенных воздействий. При этом с одной стороны, возникает необходимость, количественной оценки вероятности возникновения негативных процессов и явлений, снижающих качество окружающей среды, а с

другой стороны, количественной оценки возможных ущербов от их проявления [1].

В общем случае анализ возможных путей снижения экологических рисков, сопровождающих добычу и транспортировку нефти проводится на основе оценки рисков возникновения разливов нефти и включает: выявление потенциальных источников разливов нефти; расчет объемов разливов нефти и их частоты; определение природных ресурсов и хозяйственных объектов, которые могут быть загрязнены в результате разливов нефти; разработка сценариев поведения нефти на водных и сухопутных поверхностях [2].

В данной работе предложена методика к оценке экологического риска, где величина экологического риска рассчитывается как произведение риска наступления аварийного разлива нефти и нефтепродуктов на величину потенциального ущерба в результате загрязнения нефтью и нефтепродуктами. При определении объема потенциального ущерба необходимо учитывать как дополнительные затраты финансовых ресурсов на проведение профилактических мероприятий по снижению вероятности проявления риска так и величину возможных потерь при наступлении риска.

Методика оценки риска аварийного разлива нефти и нефтепродуктов может быть представлена в виде следующей последовательности шагов:

Шаг 1. Выделение (на основе обработки статистической информации об аварийных разливах нефти и нефтепродуктов) рискообразующих факторов, оказывающих влияние на наступление аварии: тип нефтепровода; тип транспортируемой нефти и нефтепродуктов; территориальный фактор (место аварийных разливов); сезон транспортировки.

Шаг 2. Упорядочение факторов по степени влияния на величину риска аварийного разлива нефти и нефтепродуктов. В результате оценки все факторы располагаются по убыванию степени влияния в следующем порядке: тип нефтепровода; тип нефти и нефтепродуктов; место транспортировки; сезон.

Шаг 3. Определение поправочных коэффициентов степени важности и влияния факторов на наступление аварийного разлива нефти и нефтепродуктов. Чем больший вклад в возможность наступления аварии вносит фактор согласно методу анализа иерархий, тем его числовое значение станет больше. Комплексная объективная оценка экологического риска определяется путем построения матрицы, по строкам которой устанавливается возможность наступления аварийного разлива нефти и нефтепродуктов (риск), а по столбцам – величина предполагаемого ущерба.

Для определения величины экологического риска необходимо перемножить категорию возможности наступления аварийного события и категорию ущерба, находящиеся на пересечении соответствующей строки и столбца. Показатель величины экологического риска, располагающийся в месте пересечения столбца и строки, будет входить в одну из пяти основных категорий (таблица).

Категория уровня экологического риска 1 является минимальной и обозначает аварийный случай, вероятность возникновения которого ничтожно

мала. Категория уровня риска 5 является максимальной и обозначает аварийный случай, имеющее высокую вероятность возникновения и способное привести

к очень серьезным последствиям, при этом величина потенциального ущерба недопустимо высока. Такой высокий уровень экологического риска требует принятия оперативных мер по его снижению. При этом необходимо учитывать затраты на мероприятия по снижению уровня риска и сопоставлять их с получаемым эффектом по уменьшению величины потенциального ущерба, чтобы эти затраты имели экономический смысл.

Таблица

Категории уровня риска

Категория уровня экологического риска	Диапазон возможных значений уровня экологического риска	Характеристика уровня экологического риска
1	1-5	Низкий
2	6-10	Умеренный
3	11-15	Высокий
4	16-20	Очень высокий
5	21-25	Недопустимо высокий

Шаг 4. Построение карт экологического риска с использованием данных дистанционного зондирования Земли и средств геоинформационных систем. Данный шаг предполагает картографирование зон влияния нефтеразливов на почвенно-растительный комплекс с расчетом зон риска. На рисунке приведен пример картографирования зон экологического риска, в пределах которых с большей вероятностью возможно возникновение чрезвычайных экологических ситуаций [3]. Именно на эти участки необходимо обращать особое внимание при проведении экологического мониторинга и при разработке мероприятий, сводящих к минимуму неблагоприятное воздействие на окружающую среду.

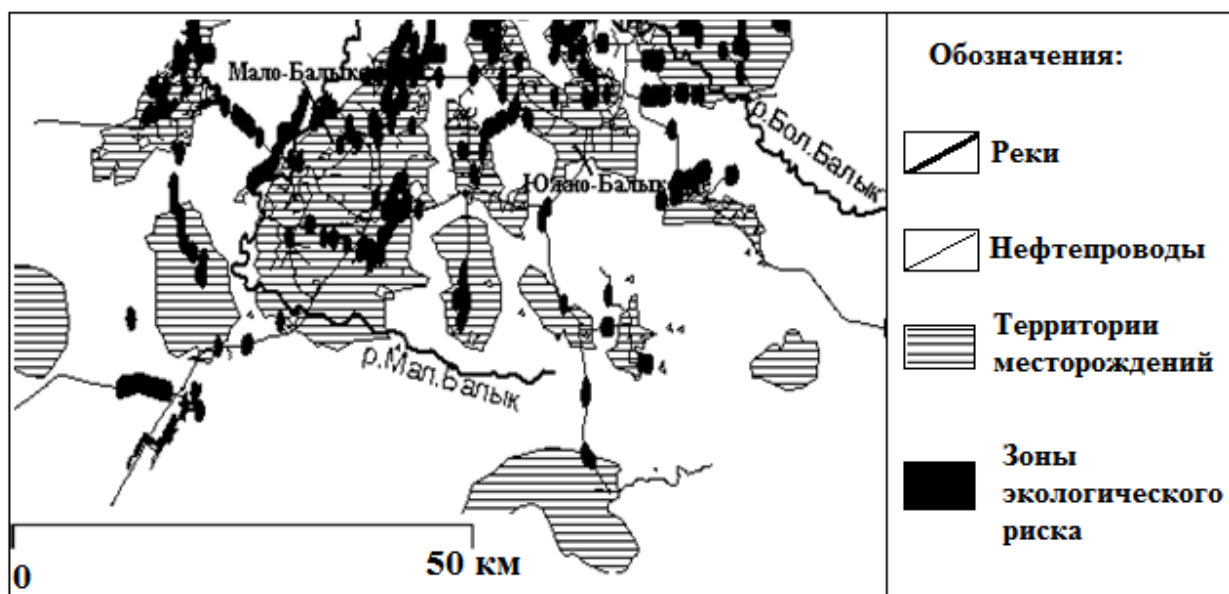


Рис. 1. Картографирование зон экологического риска

Предложенная методика, учитывающая влияние рискообразующих факторов на величину риска возникновения аварийных разливов нефти и нефтепродуктов и величину ущерба, позволяет более объективно и наглядно оценивать экологический риск. Результаты оценки уровня риска являются основой для разработки плана мероприятий по снижению риска аварийных случаев и их последствий. Кроме того, полученные результаты, наряду с результатами наземных исследований, могут быть использованы в дальнейшем при картировании зон экологических рисков, в частности, для установления зон пренебрежимого, приемлемого и неприемлемого экологического риска.

Работа выполнена в рамках государственного задания министерства образования и науки РФ, проект № 3653 «Модели, алгоритмы и программное обеспечение поддержки принятия решений по управлению рисками в социально-экономических и производственно-технологических системах».

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Шмаль А.Г. Факторы экологической опасности & экологические риски. Издательство: МП «ИКЦ БНТВ», 2010. – 119 с.
2. Полищук Е.А., Егорова Е.Н. Методы оценки экологического риска // Экономика. Предпринимательство. Окружающая среда. (ЭПОС). – М.: Издательство: Московская академия экономики и права, – 2010. – №2 (42). – С. 85-89.
3. Сваровская Л. И. , Алексеева М.Н. Геоинформационные технологии для оценки загрязнения территории предприятий нефтегазового комплекса // Вода: химия и экология. – 2012. – № 9. – с. 18-22.

© Ю. П. Ехлаков, Т. О. Перемитина, 2016

СОДЕРЖАНИЕ

1. В. В. Ковалевский, А. Г. Фатьянов, Д. А. Караваев. Верификация скоростных моделей земной коры Байкальского региона, построенных по данным экспериментов BEST И PASSCAL	3
2. М. С. Хайретдинов, Б. В. Поллер, А. В. Бритвин, Г. Ф. Седухина. Акустооптическая информационная система инфранизких частот.....	8
3. М. С. Хайретдинов, Г. М. Воскобойникова. Интерференция сейсмоакустических колебаний, порождаемых гармоническими источниками.....	13
4. Л. П. Брагинская, А. П. Григорюк, Г. Б. Загорюлько. Организация портала знаний «Активная сейсмология»	18
5. В. В. Ковалевский, А. П. Григорюк. Пространственно-временная фильтрация сигналов при вибросейсмическом мониторинге	23
6. И. Н. Матвеев, М. С. Хайретдинов. Программное управление сетевым комплексом сбора и обработки геофизических данных	28
7. С. Т. Туйчиева, Г. М. Воскобойникова, Х. Х. Имомназаров, Жуан-Ган Тан, А. А. Михайлов. Математическое моделирование распространения сейсмических волн с учетом снежного покрова.....	33
8. Ж. Бейшемиров, Жуан-Ган Тан, Х. Х. Имомназаров. Пороупругость химически активного глинистого сланца	38
9. Ж. Бейшемиров, Жуан-Ган Тан, Х. Х. Имомназаров, М. Маматкулов. Решение задачи течений вязких несжимаемых двухжидкостных сред в случае постоянства насыщенных фаз.....	43
10. М. С. Юдин. Влияние инверсии на течение над изолированным препятствием в стратифицированной атмосфере	48
11. Н. И. Добротворская, С. Ю. Капустянчик. Основные этапы создания карты почвенно-ресурсного потенциала на примере Новосибирской области.....	52
12. Б. М. Кленов. Гумус и антропогенные воздействия	59
13. Л. К. Трубина, Г. П. Мартынов. Подготовка бакалавров направления «Экология и природопользование» в условиях введения профессиональных стандартов в Российской Федерации	64
14. И. М. Ламков, А. Ю. Чермошенцев. Обоснование необходимости использования цифровой модели рельефа для изучения поверхности дна обводненных карьеров, расположенных на территории города Новосибирска	69
15. Д. С. Дубовик, М. В. Якутин. Использование данных дистанционного зондирования Земли в мониторинге малых озер Убсунурской котловины (Тыва)	74

16. А. Г. Шарикалов, М. В. Якутин. Оценка точности методов анализа данных дистанционного зондирования Земли в процессе мониторинга экосистем в подзоне северной тайги.....	79
17. Е. А. Сайб. Запасы надземной биомассы в болотных экосистемах лесостепной зоны Западной Сибири.....	84
18. П. И. Муллаярова. Влияние зеленых насаждений на запыленность атмосферы городов.....	89
19. Д. А. Матвеева. Проблема обращения ТКО в Новосибирской области	94
20. Ю. С. Ларионов, О. А. Ларионова. Закон плодородия почв – основа экологического земледелия	96
21. Т. О. Перемитина, И. Г. Яценко, В. П. Днепровская. Исследование и прогноз тенденций изменения климата Сибирского региона 103	
22. М. В. Якутин. Биомасса микроорганизмов на первой стадии послепожарной восстановительной сукцессии в почве северотаежной экосистемы Западной Сибири.....	108
23. Е. И. Зыкова. Построение моделей загрязнения атмосферного воздуха городских территорий в среде ГИС	113
24. А. А. Калиева, А. В. Ермиенко. К вопросу о ртутном загрязнении территории Павлодарского химзавода.....	116
25. О. А. Коробова, Л. А. Максименко. Результаты исследования численными методами влияния мощности анизотропных линейно-деформируемых слоев на их осадки.....	121
26. М. В. Якутин, В. С. Андриевский, Л. Ю. Анопоченко. Использование почвенно-биологических методов в мониторинге экосистем Причановской территории Барабы	127
27. А. Ю. Луговская. Оценка влияния транспортно-промышленного загрязнения на морфологические показатели растений рода <i>Spiraea</i>	132
28. В. В. Головкин, В. Л. Истомин. Скорости седиментации пылевых частиц (индивидуальных зерен пыльцы и агломератов) анемофильных растений	136
29. В. И. Макаров, С. А. Попова. Многолетние исследования динамики концентрации черного (элементного) углерода в атмосфере Новосибирской области.....	141
30. В. Ф. Гордеев, В. И. Поливач, С. Ю. Малышков. Метод естественного импульсного электромагнитного поля Земли для мониторинга динамики грунтов	145
31. О. Н. Николаева. Геоинформационное моделирование природно-ресурсных данных для эффективного управления природопользованием региона	150
32. В. П. Днепровская, И. Г. Яценко, Т. О. Перемитина. Комплексный мониторинг изменений климата и структуры растительного покрова в Западной Сибири.....	155

33. Ю. С. Ларионов, О. А. Ларионова, Н. А. Ярославцев, А. А. Косов, Д. Ю. Ларионов. Влияние геометрических форм жилых помещений на человека	159
34. В. П. Зайцев, М. В. Клименко. Исследование сорбции нефтепродуктов зоогумусом на основе личинок <i>Musca Domestica</i>	166
35. И. Г. Яценко, Т. О. Перемитина. Применение спутниковых данных Terra-Modis для мониторинга состояния растительного покрова нефтедобывающих территорий Томской области	171
36. Ю. П. Ехлаков, Т. О. Перемитина. Методика оценки экологического риска при добыче и транспортировке нефти	175

CONTENTS

1. V. V. Kovalevskiy, A. G. Fatyanov, D. A. Karavaev Verification of Baikal region Earth's crust velocity model based on data of BEST and PASSCAL experimens	3
2. M. S. Khairtdinov, B. V. Poller, A. V. Britvin, G. F. Segukhina. Acousto-optical infra-low frequency information system	8
3. M. S. Khairtdinov, G. M. Voskoboynikova. The interference of seismoacoustic oscillations generated harmonic sources.....	13
4. L. P. Braginskaya, A. P. Grigoruk, G. B. Zagorulko. Arrangement of the knowlage portal «Active seismology»	18
5. V. V. Kovalevsky, A. P. Grigoruk. Spatio-temporal signal filtering in vibroseismic monitoring.....	23
6. I. N. Matveev, M. S. Khairtdinov. The software control of the network system for geophysical data collecting and procesing in realtime mode	28
7. S. T. Tuychieva, G. M. Voskoboynikova, Kh. Kh. Imomnazarov, Jian-Gang Tang, A. A. Mikhailov. Mathematical modeling of seismic wave propagation with allowance for the snow cover.....	33
8. Zh. Baishemirov, Jian-Gang Tang, Kh. Kh. Imomnazarov. Poroelasticity of chemically active shale	38
9. Zh. Baishemirov, Jian-Gang Tang, Kh. Kh. Imomnazarov, M. Mamatqulov. Solving the problem of two viscous incompressible fluid media with constant phase saturations	43
10. M. S. Yudin. Influence of inversion on a flow over an isolated obstacle in a stratified atmosphere	48
11. N. I. Dobrotvorskaya, S. Yu. Kapustyanchik. Basic designing stages of map of soil-resource potential in the Novosibirsk region.....	52
12. B. M. Klenov. Humus and human impact	59
13. L. K. Trubina, G. P. Martynov. Preparation of bachelors of direction «Ecology and land management» in the adminisration of professional standards in the Russian Federation	64
14. I. M. Lamkov, A. Yu. Chermoshentsev. Reason of necessity to use digital elevation model for studying the bottom of flooded quarries located within the territory of Novosibirsk.....	69
15. D. S. Dubovik, M. V. Yakutin. The use of remote sensing data in the monitoring of small lakes of Ubsunur depression (Tuva).....	74
16. A. G. Sharikalov, M. V. Yakutin. The assessment of the accuracy of the data analysis methods of Earth remote sensing during the monitoring of ecosystems in the subzone of northern taiga	79

17. <i>E. A. Sajb.</i> Standing crop of aboveground phytomass of wetland ecosystems in the forest-steppe zone of Western Siberia	84
18. <i>P. I. Mullaiarova.</i> The influence of plantations on the dust conditions of the urban territories	89
19. <i>D. A. Matveeva.</i> The problem of handling MSW in the Novosibirsk region	94
20. <i>Yu. S. Larionov, O. A. Larionova.</i> The law of soil fertility – the basis of organic agriculture	96
21. <i>T. O. Peremitina, I. G. Yashchenko, V. P. Dneprovskaya.</i> Study and forecast trends of climate change of the Siberian region	103
22. <i>M. V. Yakutin.</i> Biomass of microorganisms in the first stage of post-fire recovery successions in the soil of northern taiga ecosystems of Western Siberia	108
23. <i>E. I. Zyкова</i> Construction of models of air pollution of urban areas in a GIS environment	113
24. <i>A. A. Kaliyeva, A. V. Ermienko.</i> On the issue of mercury contamination of Pavlodar chemical plant	116
25. <i>O. A. Korobova, L. A. Maksimenko.</i> The results of the study by numerical methods the influence of the power anisotropic linearly deformable layers on their deposits.....	121
26. <i>M. V. Yakutin, V. S. Andrievskiy, L. Yu. Anopchenko.</i> The use of soil-biological methods in monitoring of ecosystems in near Chany lake territory of Baraba	127
27. <i>A. Yu. Lugovskaya.</i> Assessment of the impact of transport and industrial pollution on morphological parameters of plants of the genus <i>Spiraea</i>	132
28. <i>V. V. Golovko, V. L. Istomin.</i> The sedimentation rates of pollen particles anemophilous plants (individual grains and their agglomerates)	136
29. <i>V. I. Makarov, S. A. Popova.</i> Long term trends in black (elemental) carbon concentrations in the ambient air of Novosibirsk region	141
30. <i>V. F. Gordeev, V. I. Polivach, S. Yu. Malyshkov.</i> Earth natural pulse electromagnetic field method for soil dynamics monitoring.....	145
31. <i>O. N. Nikolaeva.</i> GIS modelling of natural resource data for effective environmental management of the region.....	150
32. <i>V. P. Dneprovskaya, I. G. Yashchenko, T. O. Peremitina.</i> The complex monitoring of changes climate and vegetative cover structure of territory in Western Siberia	155
33. <i>Yu. S. Larionov, O. A. Larionova, N. F. Yaroslavtsev, A. F. Kosov, D. Yu. Larionov.</i> The influence of geometrical shapes of dwellings per person	159
34. <i>V. P. Zaicev, M. V. Klimenko.</i> Investigation of oil products sorption by <i>Musca Domestica</i> larvae-based zoohumus	166

35. <i>I. G. Yashchenko, T. O. Peremitina.</i> Application of the Terra- Modis satellite data for monitoring the state of vegetation oil producing Tomsk region.....	171
36. <i>Yu. P. Ekhlakov, T. O. Peremitina.</i> Methodology for assessing environmental risk in oil production and transportation	175