

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

XIII Международные научный конгресс и выставка

ИНТЕРЭКСПО ГЕО-СИБИРЬ-2017

Международная научная конференция

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

Т. 2

Сборник материалов

Новосибирск
СГУГиТ
2017

УДК 502:528.7
С26

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

Доктор технических наук, профессор, заведующий лабораторией цифровой обработки изображений Института вычислительной математики и математической геофизики СО РАН, Новосибирск

В. П. Пяткин

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

А. В. Комиссаров

С26 Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2017. XIII Междунар. науч. конгр., 17–21 апреля 2017 г., Новосибирск : Междунар. науч. конф. «Дистанционные методы зондирования Земли и фотограмметрия, мониторинг окружающей среды, геоэкология» : сб. материалов в 2 т. Т. 2. – Новосибирск : СГУГиТ, 2017. – 234 с.

ISBN 978-5-906948-17-5 (т. 2)

ISBN 978-5-906948-15-1

ISBN 978-5-906948-11-3

В сборнике опубликованы материалы XIII Международного научного конгресса «Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2017», 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 978-5-906948-17-5 (т. 2)

ISBN 978-5-906948-15-1

ISBN 978-5-906948-11-3

© СГУГиТ, 2017

Сборник включен в систему РИНЦ.

КОМПЛЕКСИРОВАНИЕ МНОГОСПЕКТРАЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИИ В ЗАДАЧАХ УТОЧНЕНИЯ ГРАНИЦ НА ИЗОБРАЖЕНИЯХ В ТОМОГРАФИИ

Иван Гаврилович Казанцев

Институт вычислительной математики и математической геофизики СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Лаврентьева, 6, доктор физико-математических наук, доцент, старший научный сотрудник лаборатории обработки изображений, тел. (383)330-73-32, e-mail: kig@ooi.sccc.ru

В работе предложены подходы комплексирования изображений в нескольких спектральных диапазонах, получаемых при реконструкции изображений в томографии. Метод основан на сведении двумерной полной вариации, многократно вычисляемой в итерациях оптимизационных алгоритмов томографии, к набору одномерных процедур выделения границ. Предлагается также новый подход к использованию амплитудных и фазовых данных различных каналов. Исследуемые методы применимы в обработке многоспектральной информации дистанционного спутникового зондирования земной поверхности.

Ключевые слова: многоспектральные изображения, томография.

COMBINATION OF MULTISPECTRAL INFORMATION IN THE PROBLEM OF DIGITAL IMAGE EDGES ENHANCEMENT IN TOMOGRAPHY

Ivan G. Kazantsev

Institute of Computational Mathematics and Mathematical Geophysics SB RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, 6 Akademik Lavrentiev Prospect, D. Sc., Senior scientific researcher of Image Processing Laboratory, tel. (383)330-73-32, e-mail: kig@ooi.sccc.ru

In this work, an approach for combination of the images in several spectral intervals, obtained as the result of image reconstruction in tomography is suggested. The technique is based on reduction of two-dimensional total variation, multiply used in iterations of optimization techniques of tomography, to a set of one-dimensional edge detection procedures. A new approach of the amplitude and phase data stored in spectral channels is proposed. The approach investigated can be applied to processing of multispectral satellite imagery.

Key words: multispectral images, tomography.

В работе рассматривается задача восстановления изображений по рентгеновским проекциям, регистрируемыми детекторами высокого спектрального разрешения. Идеализированная интегральная модель рентгеновской компьютерной томографии хорошо известна. Для известного распределения линейного коэффициента ослабления $f(x, y, z)$ среды, источника A и детектора B малых размеров, модель формирования данных имеет вид лучевого преобразования Радона:

$$p(A, B) = \int_A^B f(x, y, z) dl.$$

Здесь dl – элемент длины на линии AB . Задача состоит в реконструкции f по данным $p(A, B)$, регистрируемому большим множеством пар «источник – детектор», организованных в проекции. Итерационные методы рассматривают задачу восстановления изображений как дискретную линейную систему $Ax = b$, где проекционные данные b (дискретный аналог p) являются взвешенными суммами определенных элементов (пикселей) изображения, лексикографически представленного в виде вектора x . Одним из активно используемых на практике методов является алгоритм Качмажа, известный также как ART (Algebraic reconstruction techniques) [1], использующий построчную обработку проекционной матрицы и потому экономный. В этой работе рассматривается итерационный алгоритм ART, модифицированный на основе методов условной минимизации полной вариации (TV – total variation), с целью улучшения качества реконструкции, уменьшения артефактов и уточнения границ на реконструкции при малом числе направлений просвечивания. Предполагается, что объекты имеют кусочно-постоянные коэффициенты ослабления. Это проявляется в скачкообразном изменении значений восстанавливаемой функции от объекта (фона) к объекту, что наблюдается во многих задачах томографии и обработки изображений. Предполагается также, что эти скачки имеют место в одних и тех же областях изображений для всех спектральных каналов (рис. 1).

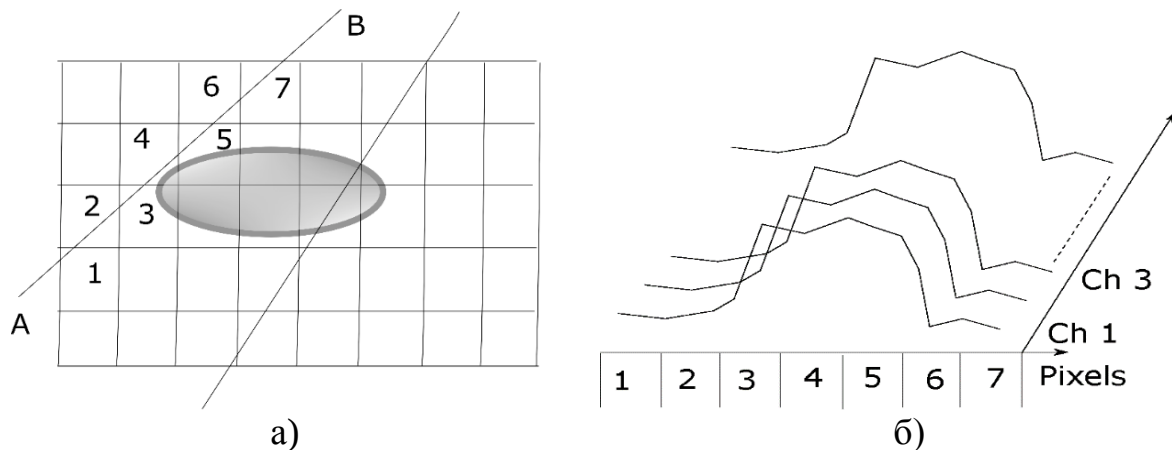


Рис. 1. Дискретная модель многоспектральной томографии:

а) геометрическая модель прохождения луча AB через цифровое изображение размером 5×8 пикселей. Пиксели, пересекаемые лучом, обозначены вдоль луча как отсчеты (1 2 3 4 5 6 7) и составляют дискретную ступенчатую последовательность; б) профили значений линейного коэффициента ослабления вдоль луча AB для различных энергий проникающего излучения в каналах $Ch 1$, ...

Пусть A_m – вектор-строка ($m = 1, \dots, M$) матрицы A длиной N ; b – вектор-столбец правой части длиной M ; λ – параметр релаксации; $nIter$ – число итераций ART. В псевдокодах очередная итерация метода ART имеет вид

$$x_{ART}^{(k+1)} \leftarrow x_{ART}^{(k)} + \lambda \frac{\langle A_m, x_{ART}^{(k)} \rangle}{\langle A_m, A_m^T \rangle} A_m^T.$$

Модуль градиента двумерного изображения x вычисляется в пикселе (s, t) по формуле

$$|\nabla x_{s,t}| = \sqrt{(x_{s,t} - x_{s-1,t})^2 + (x_{s,t} - x_{s,t-1})^2}.$$

Целевой функцией выбрана L_1 – норма градиента, называемая полной вариацией (total variation – TV) изображения x :

$$\|x\|_{TV} = \sum_{s,t} |\nabla x_{s,t}| = \sum_{s,t} \sqrt{(x_{s,t} - x_{s-1,t})^2 + (x_{s,t} - x_{s,t-1})^2}.$$

Задача условной оптимизации формулируется так: найти изображение x

$$x = \operatorname{argmin} \|x\|_{TV}$$

с ограничениями:

$$Ax = b, x \geq 0$$

Полученный алгоритм называется ART-TV и в псевдокоде имеет вид

```

1: function ART-TV ( $A, b, M, N, \lambda, \alpha, nIter, nTV$ )
2:    $x^{(0)} \leftarrow 0$ 
3:   for  $k \leftarrow 1$  to  $nIter$  do
4:      $x^{(k)} \leftarrow x^{(k-1)}$ 
5:      $x^{ART} \leftarrow x^{(k)}$ 
6:     for  $m \leftarrow 1$  to  $M$  do
7:        $x^{ART} \leftarrow x^{ART} + \lambda \langle A_m, x^{ART} \rangle / \langle A_m, A_m^T \rangle A_m^T$  ART
8:     end for
9:      $x^{POS} \leftarrow \max(0, x^{ART})$ 
10:     $\beta \leftarrow \|x^{POS} - x^{ART}\|_2$ 
11:     $x^{TV} \leftarrow x^{POS}$ 
12:    for  $q \leftarrow 1$  to  $nTV$  do TV
13:       $dx^{TV} \leftarrow \nabla_x \|x\|_{TV}$ 
14:       $dx^{TV} \leftarrow dx^{TV} / \|dx^{TV}\|_2$ 
15:       $x^{TV} \leftarrow x^{TV} - \alpha \cdot \beta \cdot dx^{TV}$ 
16:    end for
17:     $x^{(k)} \leftarrow \max(0, x^{TV})$ 
18:  end for
19:  return  $x^{(nIter)}$ 
20: end function

```

INPUT: матрица A размером $M \times N$; вектор-столбец правой части b длины M ; λ – параметр релаксации ART; α – параметр минимизации TV; $nIter$ – число итераций ART; nTV – число итераций цикла минимизации полной вариации.

OUTPUT: восстановленное изображение $x^{(nIter)}$.

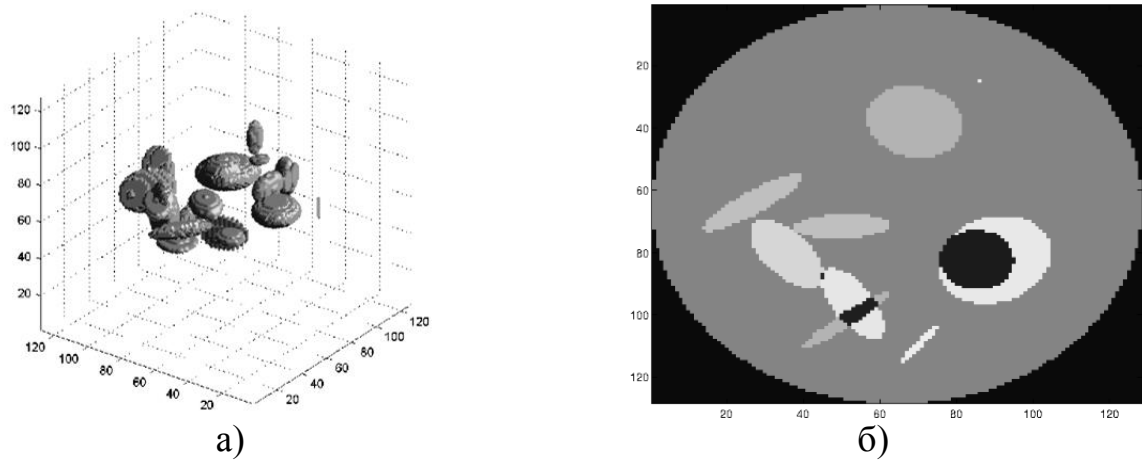


Рис. 2. Дискретная модель:

а) фантом $128 \times 128 \times 128$; б) изображение центрального горизонтального слоя

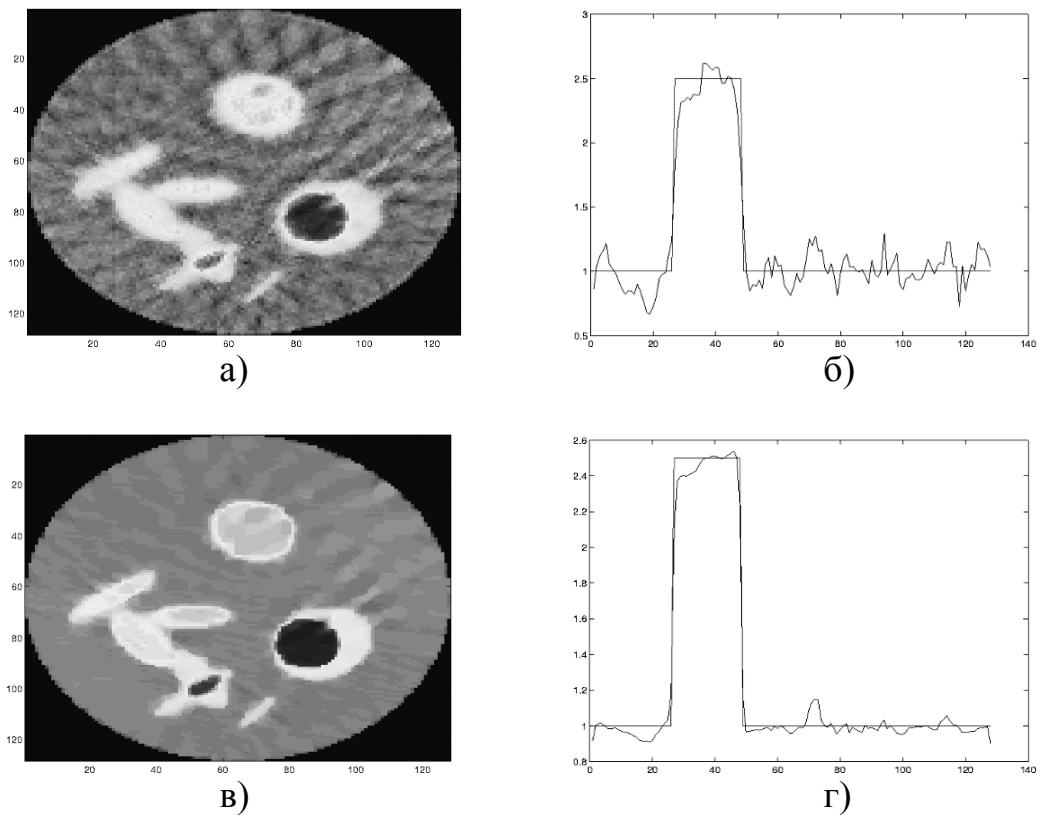


Рис. 3. Две реконструкции фантома вычислены по 20 проекциям каждая с 384 детекторами, в результате пяти ART итераций и пяти итераций при минимизации TV:

а) минимизация полной вариации, вычисленной на всем двумерном изображении; нормализованная среднеквадратичная ошибка равна 0.07; б) профили центральных столбцов фантома и реконструкций; в) минимизация осуществлена на одномерных массивах пикселей, посещаемых лучом просвечивания; нормализованная среднеквадратичная ошибка равна 0.05; г) сравниваются профили центральных столбцов фантома и реконструкций

Проведены вычислительные эксперименты с реконструкциями по 20 проекциям методами ART и ART-TV (рис. 2 и 3). Использовалась минимизация полной вариации в двух вариантах – по всему двумерному носителю изображения (известный подход) и по наборам пикселей, лежащих на лучах просвечивания (предлагаемый в этой работе). Во втором подходе все формулы вычисления вариаций модифицированы на одномерный случай. Идея состоит в снижении размерности полной вариации и управляемой сегментации границ и скачков на многоспектральных реконструкциях. На данный момент изображения обрабатываются раздельно для каждого канала. Литература по обнаружению скачков в одномерных сигналах пополняется постоянно и появляется много новых эффективных методов [2]. Если имеется K спектральных каналов регистрации, а текущий луч пересекает поле изображения в L пикселях, то можно исследовать матрицы одномерных профилей (см. рис. 1) размером $K \times L$ для совместного анализа границ на многоспектральной информации, поскольку границы областей объективно существуют одновременно в определенном пикселе на всех каналах.

Рассмотрим множество изображений $f_k, k = 1, \dots, K$ в K спектральных диапазонах. Вычислим для каждого изображения его амплитуду и фазу: (A_k, φ_k) . Они также представляют собой некоторые изображения. Составим новые изображения $\{B_{k_1, k_2} = (A_{k_1}, \varphi_{k_2})\}$ для каждого $1 \leq k_1, k_2 \leq K$ с амплитудными A_{k_1} и фазовыми изображениями φ_{k_2} соответственно. Тогда можно рассматривать большую блочную $K \times K$ матрицу перекрестно синтезированных изображений с целью классификации и исследования взаимной информации в спектральных каналах. Это предмет исследований в будущем.

В статье применен хорошо адаптируемый к различным геометриям просвечивания и теоретически точный алгебраический итерационный метод ART-TV, в котором на каждой итерации осуществляется минимизация полной вариации градиента реконструируемого изображения и его подобластей. Рассматриваемые подходы могут быть применены в задаче улучшения границ на многоспектральных данных дистанционного зондирования введением одномерной обработки на линейных подобластях изображений.

Работа выполнена частично при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 16-07-00066) и Программы I.33П Президиума РАН (проект № 0315-2015-0012).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Sidky E. Y., Pan X. Image reconstruction in circular cone-beam computed tomography by constrained, total-variation minimization // *Physics in Medicine and Biology*. – 2008. – V. 53. – P. 4777–4807.
2. Condat L. A Direct Algorithm for 1-D Total Variation Denoising // *IEEE Signal Processing Letters*. – 2013. – V. 20. – P. 1054–1057.

© И. Г. Казанцев, 2017

КЛАССИФИКАЦИЯ С ОБУЧЕНИЕМ ГИПЕРСПЕКТРАЛЬНЫХ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ

Алексей Александрович Бучнев

Институт вычислительной математики и математической геофизики СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Лаврентьева, 6, старший научный сотрудник лаборатории обработки изображений, тел. (383)333-73-32, e-mail: baa@ooi.sccc.ru

Валерий Павлович Пяткин

Институт вычислительной математики и математической геофизики СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Лаврентьева, 6, зав. лабораторией обработки изображений, тел. (383)333-73-32, e-mail: pvp@ooi.sccc.ru

Рассматривается система классификации с обучением гиперспектральных данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ). Оценивается применимость классификатора Байеса для нормально распределенных векторов признаков к обработке этих данных. Описана реализация классификатора спектрально-углового картирования.

Ключевые слова: гиперспектральные данные дистанционного зондирования, классификация с обучением, классификатор Байеса, классификатор спектрально-углового картирования.

SUPERVISED CLASSIFICATION OF THE HYPERSPECTRAL DATA OF THE EARTH REMOTE SENSING

Aleksey A. Buchnev

Institute of Computational Mathematics and Mathematical Geophysics SB RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, 6 Akademik Lavrentiev Prospect, lab of the images processing senior researcher, tel. (383)333-73-32, e-mail: baa@ooi.sccc.ru

Valeriy P. Pyatkin

Institute of Computational Mathematics and Mathematical Geophysics SB RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, 6 Akademik Lavrentiev Prospect, lab of the images processing head, tel. (383)333-73-32, e-mail: pvp@ooi.sccc.ru

The system of the supervised classification of hyperspectral data of the Earth remote sensing is discussed. Applicability of Byes classifier for the normally distributed feature vectors to processing of these data is estimated. Realization of the classifier of spectral-angular mapping is described.

Key words: hyperspectral data of the remote sensing, supervised classification, Byes classifier, spectral-angle mapping classifier.

Известно (см., например, Шовенгердт [1]), что непосредственное использование традиционных алгоритмов для обработки данных гиперспектральных сканеров приводит к определенным трудностям, связанным с большой размерностью векторов измерений. Ранее в ИВМиМГ СО РАН совместно с НИЦ «Планета» в рамках создания программного комплекса PlanetaMonitoring по

обработке данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) была разработана система классификации с обучением (контролируемой классификации) [2]. Эта система классификации реализует стратегию максимального правдоподобия Байеса для нормально распределенных векторов признаков в классах. Оценки параметров классификатора (векторов средних и ковариационных матриц в классах) получаются на основе обучающих выборок.

Этот классификатор, разработанный для обработки данных ДЗЗ с относительно небольшим количеством спектральных диапазонов (мультиспектральные данные), был достаточно легко адаптирован для обработки гиперспектральных образов, полученных сканерами с высоким спектральным разрешением. Однако такое прямое использование классификатора сопровождается следующими негативными обстоятельствами:

1. Высокие вычислительные затраты, обусловленные большой размерностью векторов признаков N (например, сканер ГСА спутника Ресурс-П № 3 имеет $N = 255$ спектральных диапазонов). Расстояние Махаланобиса, используемое для оценки близости векторов признаков к центрам классов, является значением квадратичной формы с весовой матрицей размерности $N \times N$.

2. Требуются большие объемы обучающих данных. Для того, чтобы избежать сингулярностей при вычислении матриц, обратных к ковариационным, минимальный объем обучающих выборок в классах должен равняться $N + 1$ вектору. Известно, что для получения хороших оценок ковариационных матриц в мультиспектральных данных ($N \sim 10$) объем обучающей выборки V в классе должен быть таким, чтобы выполнялось следующее условие для соотношения размерности [3]: $V/N \geq 100$. Ясно, что для выполнения подобного условия в гиперспектральных данных ($N \sim 100$) объем обучающей выборки должен быть увеличен не менее, чем на порядок.

Для преодоления этих затруднений необходимо иметь возможность извлечения из гиперспектральных данных признаков, позволяющих построить набор векторов, размерность которых соответствует размерности мультиспектрального образа.

С этой целью полный набор спектральных диапазонов разбивается на блоки (соседние блоки могут пересекаться), каждый из которых представлен в результирующем векторе признаков одним значением. Это значение может быть: 1) средним по блоку; 2) максимальным значением в блоке; 3) главной компонентой в блоке; 4) центральное значение в блоке.

Кроме того, предоставляется возможность выбора главных компонент исходного набора гиперспектральных векторов данных в соответствии с упорядоченной по убыванию последовательностью собственных чисел ковариационной матрицы. Количество выбираемых главных компонент определяется суммарной дисперсией.

К полученному таким образом мультиспектральному образу в полной мере применимы функции системы контролируемой классификации программного комплекса PlanetaMonitoring (включая функцию постклассификации Vote, известную сейчас как мажоритарный фильтр).

Хотя подобное снижение размерности гиперспектральных образов используется достаточно часто (см., например, [4]), применять его следует с осторожностью из-за возможных потерь полезной информации. В частности, метод главных компонент, являясь линейным преобразованием, может разрушать нелинейности, присутствующие в данных [3].

В последнее время в состав системы контролируемой классификации комплекса PlanetaMonitoring нами включен еще один классификатор: классификатор спектрально-углового картирования [5]. Первоначально разработанный специально для классификации гиперспектральных данных этот классификатор не содержит какой-либо специфики этих данных и может быть использован для классификации и многоспектральных данных. В качестве расстояния $\rho(x, y_i)$ вектора признаков x до прототипа y_i класса i используется угловое расстояние:

$$\rho(x, y_i) = \arccos\left(\frac{x^T y_i}{\|x\| \cdot \|y_i\|}\right).$$

Вектор x зачисляется в класс, для которого угловое расстояние $\rho(x, y_i)$ является минимальным. В качестве прототипов классов (ссылочных векторов) авторы алгоритма [5] используют библиотеку лабораторных спектров. Мы в своей реализации алгоритма в качестве прототипов классов используем векторы средних, полученных на основе обучающих и контрольных выборок классов. Для работы с обучающими и контрольными полями используется тот же инструментарий, что и для классификатора Байеса [2]. Классификатор работает в двух режимах: тестовом и рабочем. По результатам тестового режима вычисляется вероятность правильной классификации и строится матрица ошибок. Анализируя соответствующие показатели и выполняя, при необходимости, корректировки обучающих выборок классов, можно добиться необходимого уровня правильной классификации. В рабочем режиме классификатор обрабатывает весь набор данных, используя построенные прототипы классов. При этом может использоваться заданное пороговое значение угла α : если для вектора признаков x минимальное значение угла $\min_i \rho(x, y_i) > \alpha$, то этот вектор заносится в класс отклоненных векторов.

Для вычислительных экспериментов использовался один из файлов известного набора данных спектрометра AVIRIS (https://aviris.jpl.nasa.gov/data/get_aviris_data.html). Размер файла 1848*614, размерность векторов измерений 210. Из этого файла были сформированы два набора векторов признаков размером 1848*614 векторов: один с размерностью векторов признаков 184 (на основе визуального анализа спектральных составляющих векторов измерений) и второй с размерностью векторов признаков 21 (взяты главные компоненты из каждых 10 последовательных спектральных составляющих). Вычисления производились в рамках модели параллельного программирования OpenMP под управлением ОС Windows-10 на компьютере с 4-хядерным процессором

i3-2100. В таблице приведены затраты времени в сек. на обработку указанных наборов данных классификаторами Байеса и спектрально-углового картирования в зависимости от числа выделяемых классов.

Таблица

Размерность векторов признаков	Классификатор Байеса		Спектрально-угловой классификатор	
	15 классов	10 классов	15 классов	10 классов
184	170	105.2	2.4	1.6
21	2.5	1.7	0.35	0.24

На представленных ниже рисунках демонстрируются результаты работы классификаторов. На рис. 1 представлено изображение, полученное совмещением спектральных полос с номерами 30, 1 и 4 исходного набора данных. Рис. 2 – результат, полученный применением классификатора Байеса к набору векторов признаков размерности 184 (после операции постклассификации). Рис. 3 – результат, полученный применением классификатора спектрально-углового картирования к набору векторов признаков размерности 184 (использовалось пороговое значение $\alpha = \pi/18$). Рис. 4 – результат, полученный применением классификатора Байеса к набору векторов признаков размерности 21 (после операции постклассификации). Белым цветом выделен класс отклоненных векторов. Во всех примерах выделялось по 10 классов.



Рис. 1

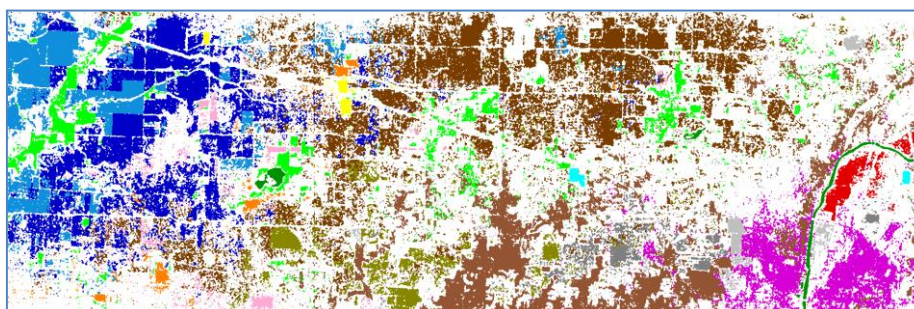


Рис. 2

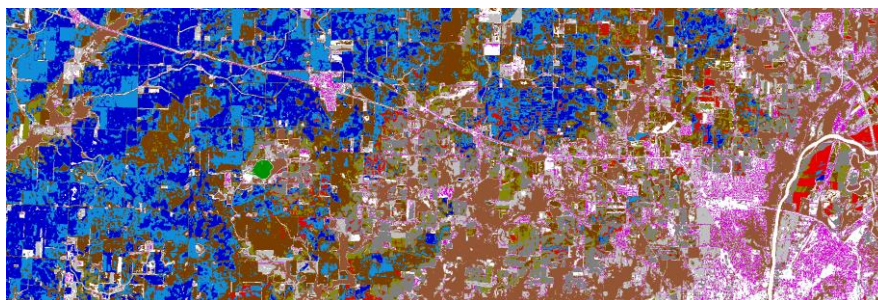


Рис. 3



Рис. 4

Включение технологии контролируемой классификации гиперспектральных данных ДЗЗ в состав программного комплекса PlanetaMonitoring позволяет расширить возможности системы контролируемой классификации комплекса по построению карты тематических классов данных ДЗЗ различного спектрального разрешения.

Работа выполнена частично при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 16-07-00066) и Программы I.33П Президиума РАН (проект № 0315-2015-0012).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Шовенгердт Р. А. Дистанционное зондирование. Модели и методы обработки изображений : пер. с англ. – М. : Техносфера, 2010. – 557 с.
2. Асмус В. В., Бучнев А. А., Пяткин В. П. Контролируемая классификация данных дистанционного зондирования Земли // Автометрия. – 2008. – № 4. – С. 60–67.
3. J. P. Marques de Sa. Pattern Recognition. Concepts, Methods and Applications. – Berlin : Springer, 2001. – 318 p.
4. Мельников П. В., Пестунов И. А., Рылов С. А. Экспериментальное сравнение методов классификации гиперспектральных изображений высокого пространственного разрешения по спектральным и пространственным признакам. // Региональные проблемы дистанционного зондирования Земли : сб. материалов III Междунар. научной конф., 13–16 сент. 2016 г. – Красноярск : СФУ, 2016. – С. 28–33.
5. The Spectral Image Processing System (SIPS) – interactive visualization and analysis of imaging spectrometer data / F. A. Kruse, A. B. Lefkoff, J. W. Boardman, K. B. Heidebrecht, A. T. Shapiro, P. J. Barloon, A. F. H. Goetz // Remote Sensing of Environment. – 1993. – № 44. – P. 145–163.

© А. А. Бучнев, В. П. Пяткин, 2017

ВОССТАНОВЛЕНИЕ ПОЛЕЙ ДЛИТЕЛЬНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА ПРОМЫШЛЕННОГО ГОРОДА ПО СПУТНИКОВЫМ НАБЛЮДЕНИЯМ СОСТОЯНИЯ СНЕЖНОГО ПОКРОВА

Татьяна Владимировна Ярославцева

Новосибирский НИИ гигиены Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Пархоменко, 7, кандидат технических наук, старший научный сотрудник, тел. (383)330-61-51, e-mail: tani-ta@list.ru

Владимир Федотович Рапута

Институт вычислительной математики и математической геофизики СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Лаврентьева, 6, доктор физико-математических наук, главный научный сотрудник, тел. (383)330-61-51, e-mail: raputa@sscc.ru

Обсуждаются результаты мониторинга загрязнения снежного покрова г. Новокузнецка взвешенными веществами в зимнем сезоне 2013/14 гг. Проведено сопоставление результатов компьютерной обработки космоснимков с данными наземного мониторинга загрязнения снежного покрова. Установлено наличие корреляционных связей между оттенками серого цвета, содержанием твердых осадков в пробах снеготалой воды и взвешенных веществ в атмосферном воздухе.

Ключевые слова: пылевое загрязнение, атмосфера, снежный покров, спутниковые снимки, корреляционный анализ.

RECONSTRUCTION OF FIELDS A LONG PERIOD AIR POLLUTION OF INDUSTRIAL CITY USING SATELLITE OBSERVATIONS OF SNOW COVER

Tatyana V. Yaroslavtseva

FBSI «Novosibirsk scientific research institute of hygiene» of Rospotrebnadzor, 630108, Russia, Novosibirsk, 7 Parhomenko, Ph. D., researcher, tel. (383)330-61-51, e-mail: tani-ta@list.ru

Vladimir F. Raputa

Institute of Computational Mathematics and Mathematical Geophysics SB RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, 6 Akademik Lavrentiev Prospect, D. Sc., chief researcher, tel. (383)330-61-51, e-mail: raputa@sscc.ru

We discuss the results of the monitoring of Novokuznetsk snow cover pollution of suspended solids in the winter season 2013/14 years. A comparison of the results of computer processing of satellite imagery with ground-based monitoring of snow cover pollution data was conducted. The presence of correlations between the shades of gray, the content of solid precipitation in the melted snow samples and suspended substances in the air was installed.

Key words: dust pollution, atmosphere, snow cover, satellite images, correlation analysis.

Введение. В зимнее время основные источники взвешенных веществ города находятся над поверхностью земли и их выбросы носят, в основном, организованный характер. Это существенно облегчает проведение и интерпретацию наземных мониторинговых исследований, дает возможность по загрязнению

снежного покрова эффективно выявлять источники выбросов примесей [1, 2]. Анализ зимних спутниковых снимков городов позволяет отчетливо проследить картину пространственного осаждения на снежный покров техногенных аэрозолей. На снимках участки загрязненного снега представляют определенную последовательность тонов, которые отражают характерные процессы аэрозольного переноса примесей от промышленных предприятий, ТЭЦ, крупных автомагистралей в соответствии с динамикой протекающих атмосферных процессов и характеристиками источников [3, 4].

Учитывая, что результаты химико-аналитических исследований загрязнения снежного покрова имеют ненормативный характер, необходимо привлечение дополнительной информации об атмосферном загрязнении, используя, например, наблюдения на стационарных постах Государственной службы наблюдений (ПНЗ) [5]. Это позволит выявить статистические закономерности межсредового загрязнения [6–8] и на их основе существенно расширить возможности интерпретации спутниковой информации загрязнения снежного покрова.

Мониторинг загрязнения снежного покрова г. Новокузнецка. Город Новокузнецк является крупным промышленным центром Кемеровской области. В нем находятся предприятия черной и цветной металлургии, теплоэнергетики, горной промышленности, оказывающие влияние на загрязнение атмосферного воздуха города. Экологическая обстановка усугубляется неблагоприятными климатическими условиями и рельефом местности. Над городом наблюдаются частые температурные инверсии, слабые ветры, туманы особенно в зимний период [9]. Преобладающий вынос примесей происходит в северо-восточном направлении.



Рис. 1. Схема размещения постов контроля атмосферного воздуха г. Новокузнецка на оцифрованном спутниковом снимке от 5.02.2015 г.

Отбор проб снега проводился вблизи ПНЗ г. Новокузнецка в начале марта 2014 г. [10]. Схема расположения стационарных пунктов наблюдения за загрязнением атмосферного воздуха представлена на рис. 1. Пробы отбирались на открытых площадках неповрежденного снежного покрова на всю глубину. Результаты лабораторных исследований твердого осадка в пробах снеготалой воды приведены в таблице [10].

Таблица

Концентрации твердого осадка (г/л) в пробах снеготалой воды, взвешенных веществ (мг/м³) в атмосферном воздухе, оттенки серого цвета снежного покрова на ПНЗ г. Новокузнецка

№ поста	Осадок пыли, г/л	Взвешенные вещества, мг/м ³	Оттенок серого цвета
9	0,46	0,103	88
10	0,68	0,18	138
16	0,6	0,178	107
18	0,83	0,196	98
19	0,3	0,156	50
22	0,048	0,149	10
23	0,38	0,174	47

Анализ спутниковых снимков. В работе использовались снимки ИСЗ, полученные в панхроматическом диапазоне (Landsat, digitalglobe.com). В результате обработки снимка г. Новокузнецка от 5 февраля 2015 г., заключающейся в дискретизации шкалы оттенков серого цвета, было получено оцифрованное изображение городских территорий (см. рис. 1). Это позволило выделить ореолы пылевых выпадений примесей от основных очагов загрязнения города (металлургические заводы, ТЭЦ, крупные автомагистрали).



Рис. 2. Фрагменты оцифрованного космоснимка г. Новокузнецка от 5.02.2015 г. в окрестностях постов № 9, 23, 18, 16

Анализ данных измерений, приведенных в таблице и на рис. 1 и 2, показывает, что значения рассматриваемых параметров загрязнения от поста к посту

меняются вполне согласованно в значительных диапазонах изменения концентрации осадков в снеге и тональности территорий города на спутниковом снимке. Например, сравнение фрагментов снимка, с находящимися на них постами №№ 10, 16, 18 и относящихся к промышленным зонам города, с фрагментом снимка периферийного района города (пост № 22) показывает значительную контрастность оттенков серого цвета. Аналогичная ситуация имеет место при сравнении концентраций осадков в пробах снега на рассматриваемых постах.

Результаты и обсуждение. Численная обработка результатов наземных и спутниковых исследований загрязнения снежного покрова г. Новокузнецка проводилась в рамках линейного корреляционного анализа. На рис. 3, а представлена корреляционная зависимость между нерастворимым осадком взвешенных веществ в пробах снега конца зимнего сезона 2014 г. и тонами серого цвета на спутниковом снимке от 5 февраля 2015 г. на ПНЗ г. Новокузнецка. По вертикальной оси представлена интенсивность тона вблизи поста, по горизонтальной оси концентрация осадка (г/л) в пробе снеготалой воды, также отобранной возле этого поста.

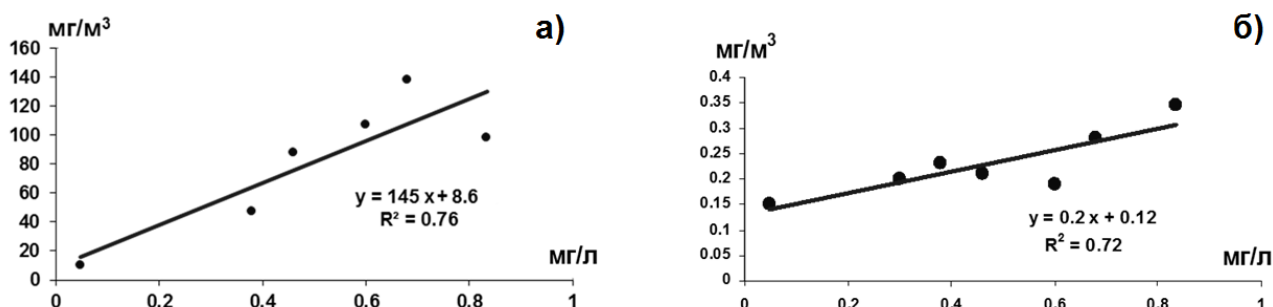


Рис. 3. Линейно-корреляционные зависимости между осадками в (г/л) в пробах снега и оттенками серого цвета на космоснимке (а), осадками и взвешенными веществами в атмосфере (мг/м³) в окрестностях ПНЗ г. Новокузнецка (б)

Максимальные значения тона и осадка в снеге достигаются для ПНЗ № 10, 16, 18, минимальное – для ПНЗ № 22. На рис. 3, б представлена корреляционная связь между твердым осадком в пробах снега и взвешенными веществами, измеренными на ПНЗ в атмосферном воздухе города. Из анализа рис. 3а и 3б вытекает, что уровень согласия между сравниваемыми величинами достаточно высокий.

Полученные результаты указывают на возможность создания взаимно дополнительных систем наземного и дистанционного мониторинга и оценивания концентраций взвешенных веществ в атмосфере города по данным спутниковых наблюдений загрязнения снежного покрова.

Заключение. Для территорий г. Новокузнецка показано существование линейных корреляционных связей между содержаниями осадков в пробах снега, тональностями серого цвета на зимнем спутниковом снимке и взвешенными

веществами в атмосферном воздухе, измеренными на стационарных постах контроля Росгидромета. Для достаточно длительных временных промежутков показано существование определенной стабильности в размещении и функционировании основных источников выбросов взвешенных веществ в атмосферу города. Также из проведенного исследования вытекает возможность создания взаимно дополнительных систем мониторинга и получения на их основе более детальной пространственной оценки полей концентраций взвешенных веществ на территориях города и определения ингаляционных рисков здоровью городского населения.

Работа выполнена при поддержке Программы РАН № 18.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Василенко В. Н., Назаров И. М., Фридман Ш. Д. Мониторинг загрязнения снежного покрова. – Л. : Гидрометеиздат, 1985. – 182 с.
2. Прокачева В. Г., Усачев В. Ф. Снежный покров как индикатор кумулятивного загрязнения в сфере влияния городов и дорог // Метеорология и гидрология. – 2013. – № 3. – С. 94–106.
3. Василевич М. И., Щапов В. М., Василевич Р. С. Применение спутниковых методов исследования при оценке загрязнения снежного покрова вокруг промышленных предприятий в тундровой зоне // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2015. – Т. 12, № 2. – С. 50–60.
4. Дмитриев А. В., Дмитриев В. В. Теоретическое и экспериментальное исследование процесса таяния снежного покрова в районе г. Омска по материалам 2007–2009 г. // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2011. – Т. 8, № 2. – С. 34–41.
5. Безуглая Э. Ю. Мониторинг состояния загрязнения атмосферы в городах. – Л. : Гидрометеиздат, 1986. – 199 с.
6. Рапута В. Ф., Коковкин В. В., Девятова А. Ю. Сравнительная оценка состояния длительного загрязнения атмосферы и снегового покрова г. Новосибирска на сети стационарных постов Гидрометеослужбы // Оптика атмосферы и океана. – 2010. – Т. 23, № 6. – С. 499–504.
7. Ярославцева Т. В., Рапута В. Ф. Закономерности длительного загрязнения атмосферы и снежного покрова г. Новосибирска // 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. 28–33.
8. Ярославцева Т. В., Рапута В. Ф. Использование космоснимков и наземных наблюдений для анализа полей длительного загрязнения снежного покрова города // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2016. XII Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Дистанционные методы зондирования Земли и фотограмметрия, мониторинг окружающей среды, геоэкология» : сб. материалов в 2 т. (Новосибирск, 18–22 апреля 2016 г.). – Новосибирск : СГУГиТ, 2016. Т. 1. – С. 50–54.
9. Безуглая Э. Ю., Расторгуева Г. П., Смирнова И. В. Чем дышит промышленный город. – Л. : Гидрометеиздат, 1991. – 255 с.
10. Загрязнение снегового покрова полициклическими ароматическими углеводородами и токсичными элементами на примере г. Новокузнецка / Н. В. Журавлёва, Р. Р. Потоккина, З. Р. Исмагилов, Е. Р. Хабибулина // Химия в интересах устойчивого развития. – 2014. – Т. 22, № 5. – С. 445–454.

© Т. В. Ярославцева, В. Ф. Рапута, 2017

СРАВНЕНИЕ КАРТ ПО КАППЕ КОЭНА

Валерия Сергеевна Сидорова

Институт вычислительной математики и математической геофизики СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Лаврентьева, 6, научный сотрудник лаборатории обработки изображений, тел. (383)330-73-32, e-mail: sv@ooi.sccc.ru

Рассматривается возможность сравнения карт по каппе Коэна. Сравниваются карты, полученные иерархическим гистограммным алгоритмом данных ДЗЗ с заданием предельной отделимости кластеров и карты, полученные лесоводами с помощью наземной таксации.

Ключевые слова: дистанционное зондирование, кластеризация, многомерная гистограмма, кластерная разделимость, каппа Коэна.

COMPARISON OF MAPS ON COHEN'S KAPPA

Valeria S. Sidorova

Institute of Computational Mathematics and Mathematical Geophysics SB RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, 6 Akademik Lavrentiev Prospect, scientific researcher, laboratory of Image Processing, tel. (383)330-73-32, e-mail: sv@ooi.sccc.ru

The possibility of comparing maps by Cohen's kappa. Compared maps obtained Histogram hierarchical algorithm of remote sensing data with the task of limiting the separability of the clusters with maps, received via terrestrial taxation by foresters.

Key words: remote sensing, image processing, clustering, multidimensional histogram, cluster separability, Cohen's kappa.

Каппа Коэна – мера согласованности между двумя категориальными переменными X и Y [1].

	B_1	B_2	...	B_s	
A_1	n_{11}	n_{12}	...	n_{1s}	m_1
A_2	n_{21}	n_{22}	...	n_{2s}	m_2
...	...	...	...	...	
A_s	n_{s1}	n_{s2}	...	n_{ss}	m_s
	n_1	n_2	...	n_s	n

Справедливы равенства $\sum_{i=1}^s n_{ij} = n_j$, $\sum_{j=1}^s n_{ij} = m_i$, $\sum_{i=1}^s m_i = n$.

Наблюдаемая согласованность между X и Y :

$$P_0 = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^s n_{ii},$$

ожидаемая вероятность случайной согласованности:

$$P_e = \frac{1}{n^2} \sum_{j=1}^s n_i m_i,$$

Каппа Коэна задается как

$$k = \frac{P_0 - P_e}{1 - P_e}.$$

Если оценщики полностью согласованны, тогда $k = 1$.

При $k > 0.75$ согласованность считается высокой, при $0.4 < k < 0.75$ хорошей, иначе плохой.

Каппа Коэна может быть использована для оценки согласованности между двумя оценщиками, классифицирующими n объектов по s категориям. Применим каппу для сравнения двух карт, построенных разными методами.

Сравним цифровую карту, построенную разработанным иерархическим делимым гистограммным кластерным алгоритмом с заданием отделимости кластеров d для данных ДЗЗ и карту наземной таксации того же участка земной поверхности. На каждом этапе иерархии использовался гистограммный алгоритм Нарендры [2], который разделяет пространство признаков по унимодальным кластерам. Этот быстрый непараметрический алгоритм позволяет полностью автоматизировать процесс кластеризации с целью распознавания данных. Он не требует *a priori* задания числа кластеров и их формы. Однако, как и большинство кластерных алгоритмов, он не определяет разделимость кластеров, хотя качество кластеризации оценивается именно по разделимости кластеров. Достоинством этого алгоритма является также то, что в оперативной памяти хранятся лишь присутствующие вектора в виде определенным образом упорядоченного списка различных векторов и их гистограмма, что обеспечивает линейную зависимость алгоритма от количества этих различных векторов. Детальность кластеризации в алгоритме Нарендры определялась предварительным отсечением младших битов в каждом байте, соответствующем спектральному направлению. Предложенный иерархический алгоритм [3] предлагает автоматизировать процесс выбора детальности, учитывая разделимость кластеров, причем для разных областей данных будет получена свой порог наибольшей детальности, обеспечивающей заданную отделимость кластеров d . Для оценки отделимости используется ранее предложенная автором мера [4]. Мера отделимости для отдельного унимодального кластера $m^j(n)$ (1), и мера качества распределения в целом $m(n)$ по $K(n)$ кластерам (2):

$$m^j(n) = \frac{1}{B^j(n) * H^j(n)} \sum_{i=1}^{B^j(n)} h_i^j(n), \quad (1)$$

$$m(n) = \frac{1}{K(n)} \sum_{j=1}^{K(n)} m^j(n), \quad (2)$$

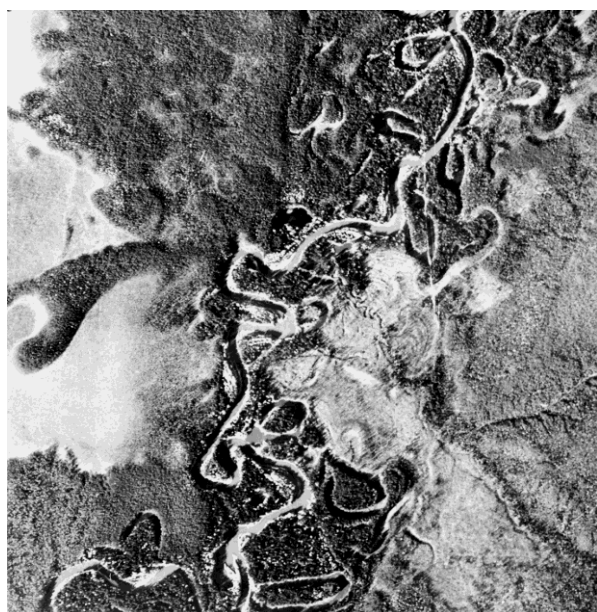
где n – число уровней квантования пространства признаков; $h_i^j(n)$ – значение гистограммы в i -й точке границы кластера j ; $B^j(n)$ – число точек границы кластера; $H^j(n)$ – максимальное значение гистограммы.

Всегда $m^j(n) \leq 1$ и $m(n) \leq 1$. Ценность этих мер в том, что они позволяют сравнивать статистически распределения с тесно расположенными унимодальными кластерам, когда на их границах много общих векторов. Эти меры удовлетворяют условиям мер разделимости. Кроме того, эти меры легко вычисляются, так как сравнивают скалярные значения гистограммы в центре и на границах кластеров. Границы кластеров легко находятся, используя списки соседей векторов, построенных как составная часть алгоритма Нарендры. Устройство иерархического алгоритма таково: начиная с малого число уровней квантования n и постепенно его увеличивая на единицу, определяется распределение с наилучшим разделением полученных кластеров [3]. Когда этот процесс прекратится по числу этапов иерархии или, исходя из физических соображений, то осуществляется автоматический анализ и возврат к тем деталям, на которых кластеры были разделены по порогу d . Таким образом осуществляется дифференцированный подход к различным областям данных, имеющих различную природу и различную разделимость кластеров. Исследованиями установлено, что для данных ДЗЗ с увеличением детальности существует предельная детальность, выше которой разделимость кластеров становится хуже. Таким образом, задавая предельную отделимость кластеров d , избегаем получения лишней дробности и получаем существенно меньше кластеров, чем прямым алгоритмом. Если используются статистические текстурные признаки, то алгоритм кластеризации модифицируется, так как возникает проблема появления «узких» кластеров на границах текстур, а также вопрос определения размера блока для формирования статистического признака текстуры [5]. Внутри кластеров может быть осуществлен переход в собственное пространство для сокращения размерности [6].

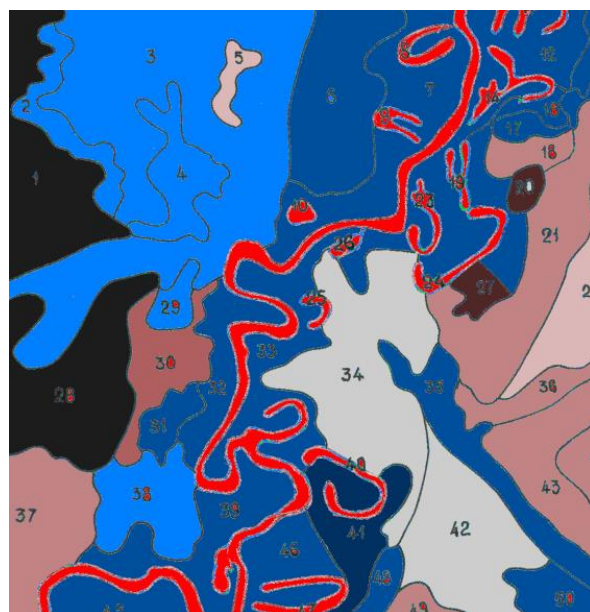
Затем строится кластерная карта, которая является по сути картой глобальной сегментации данных. Сравним полученную кластерную карту и карту, предоставленную лесоводами с использованием наземной таксации по каппе Козна.

На рис. 1, а представлено исходное эквализованное черно-белое изображение лесного ландшафта, полученное с самолета, масштаба 1 : 50 000. Эквализация оставила 30 уровней из 256. На рис. 1, б представлена карта, полученная с применением наземной таксации. Каждому выделу с номером на карте

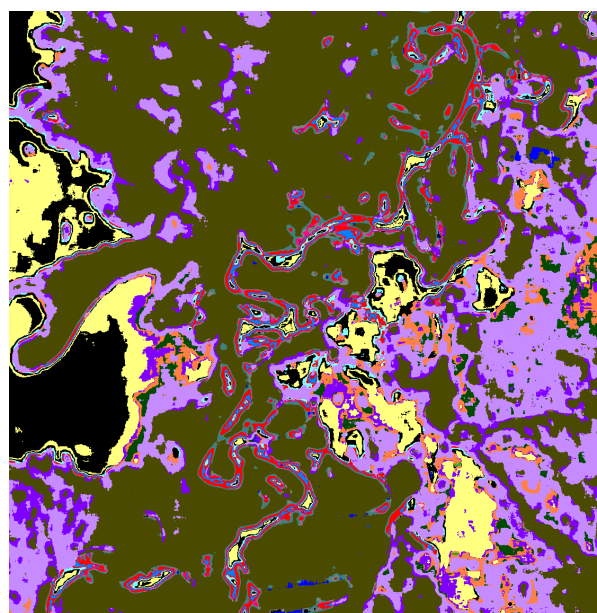
(рис. 1, б) соотносится его описание по преобладающей породе. Здесь представлены кедровники и сосняки различных возрастных фаз, а также березняки II фазы развития, болота и немного (две 27 и 20) вырубок. Кедровники окрашены синими тонами, сосняки коричневыми и розовыми, березняки белыми, болота и вырубки черными. Сверху вниз протекает речка, сопровождаемая старицами (красные). Трудность при кластеризации состоит в том, что отдельные фазы развития кедровников и сосняков плохо различимы на исходном снимке.



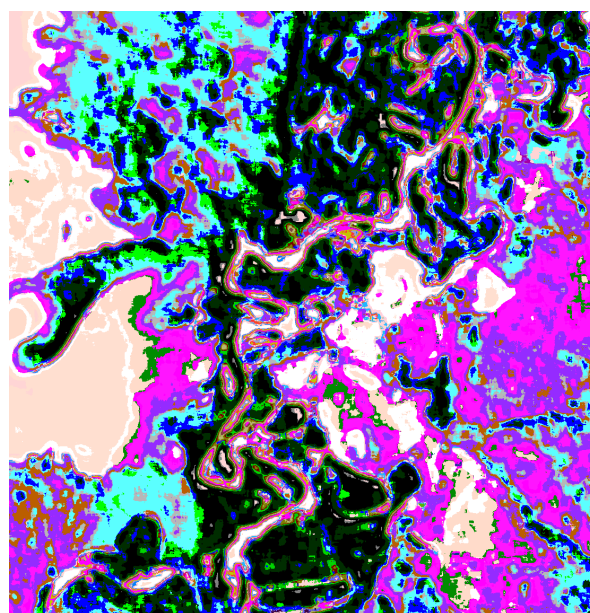
а)



б)



в)



г)

Рис. 1. а) исходный снимок; б) карта, представленная лесоводами; в) компьютерная карта, построенная кластерным алгоритмом, 7 этапов иерархии; г) тем же алгоритмом с 14 этапами

Известно, что естественные леса характеризуются ярко выраженной текстурой. Вот в качестве признаков используются три признака системы SAR: средний тон, среднее отклонение, и признак, характеризующий зернистость текстуры [7]. Эти три признака используются в гистограммном иерархическом алгоритме, описанном выше. На рис. 1, *в* при заданной отделимости кластера $d = 0.15$ (всегда $0 < d < 1$) представлена кластеризация 7 этапов иерархии. Получено восемь кластеров. На этом этапе иерархии кластеры, относящиеся к соснякам и кедровникам, полностью разделились. Также выделились березники и болота. Каппа Коэна, характеризующая степень соответствия классификаций равна 0,91, что считается очень хорошим показателем согласованности. (Заметим, что выдел может содержать некоторый процент деревьев, отличных от основного насаждения). На рис. 1, *г* полученная карта для 14 этапов иерархии. Здесь кластеры разделились по возрастам сообществ. Каппа Коэна равна 0,83.

Работа выполнена частично при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 16-07-00066) и Программы I.33П фундаментальных исследований Президиума РАН (проект № 0315-2015-0012).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Грауэр Л. В., Архипова О. А. // Непараметрические критерии независимости. – 2014. – Санкт-Петербург – CS Center, 1/30. https://compscicenter.ru/media/slides/.../2014_03_28_math_stat_2014_spring_1.pdf
2. Narendra P. M., Goldberg M. A non-parametric clustering scheme for LANDSAT // Pattern Recognition. – 1977. – 9. – P. 207–215.
3. Sidorova V. S. Detecting Clusters of Specified Separability for Multispectral Data on Various Hierarchical Levels // Pattern Recognition and Image Analysis. – 2014. – Vol. 24, No. 1. – P. 151–155.
4. Сидорова В. С. Оценка качества классификации многоспектральных изображений гистограммным методом // Автометрия. – 2007. – Т. 43, № 1. – С. 37–43.
5. Hierarchical Clusterization by Predetermined Cluster Separability // Pattern Recognition and Image Analysis. – 2015. – Vol. 25, No. 3. – P. 541–546.
6. Сидорова В. С. Иерархический гистограммный кластерный алгоритм с выбором размерности пространства спектральных признаков для данных дистанционного зондирования Земли. Сокращение размерности данных кластерным алгоритмом // Перспективные направления развития современной науки. Евразийское Научное Объединение. – 2016. – Т. 1, № 3 (15). – С. 58–61.
7. Sidorova V. S. Unsupervised Classification of Forest's Image by Texture Model Features. // Pattern Recognition and Image Analysis. – 2009. – Vol. 19, No. 4. – P. 698–703.

© В. С. Сидорова, 2017

К ЗАДАЧЕ ОБНАРУЖЕНИЯ ПРОТЯЖЕННЫХ ОБЪЕКТОВ НА ЗАШУМЛЕННЫХ ИЗОБРАЖЕНИЯХ ПРИ ОТСУТСТВИИ ВЕРОЯТНОСТНЫХ РАСПРЕДЕЛЕНИЙ

Валерий Павлович Пяткин

Институт вычислительной математики и математической геофизики СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Лаврентьева, 6, зав. лабораторией обработки изображений, тел. (383)333-73-32, e-mail: pvp@ooi.sccc.ru

Геннадий Иосифович Салов

Институт вычислительной математики и математической геофизики СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Лаврентьева, 6, старший научный сотрудник лаборатории обработки изображений, тел. (383)333-73-32, e-mail: sgi@ooi.sccc.ru

Предлагается непараметрический статистический тест для обнаружения протяженных объектов на зашумленных изображениях

Ключевые слова: непараметрический статистический критерий, зашумленные изображения, обнаружение протяженных объектов.

TO THE PROBLEM OF EXTENDED OBJECTS DETECTION ON NOISY IMAGES WITHOUT AVAILABILITY OF PROBABILISTIC DISTRIBUTIONS

Valeriy P. Pyatkin

Institute of Computational Mathematics and Mathematical Geophysics SB RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, 6 Akademik Lavrentiev Prospect, lab of the images processing head, tel. (383)333-73-32, e-mail: pvp@ooi.sccc.ru

Gennadiy I. Salov

Institute of Computational Mathematics and Mathematical Geophysics SB RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, 6 Akademik Lavrentiev Prospect, lab of the images processing senior researcher, tel. (383)333-73-32, e-mail: sgi@ooi.sccc.ru

A nonparametric statistical test is proposed for the detection of extended objects on noisy images.

Key words: nonparametric statistical test, noisy images, detection of extended objects.

Проблема обнаружения важного для наблюдателя протяженного объекта заданной формы на зашумленном изображении со сложным (случайным) фоном при отсутствии знания законов, по которым распределены наблюдаемые (измеряемые) случайные величины, представляет собой весьма актуальную задачу теории и практики обнаружения. Эта задача возникает, в частности, при создании разного рода информационных систем научного, гражданского и военного назначения. Задачу обнаружения протяженного объекта заданной формы на зашумленном изображении для большей ясности рассмотрим на примере обнаружения полосы. Полоса может быть замкнутой, образующей, например, кольцо. Допускается неоднородность объекта по длине. Допускается также

присутствие на изображении и других объектов, но не представляющих для наблюдателя никакого интереса (мешающих). В любом случае измерения (наблюдения) значений сигнала удобно выполнять на последовательности перпендикуляров к средней линии области возможного (проверяемого) положения полосы (объекта). Пусть $(X_{i1}, \dots, X_{im})$ – величины сигналов, наблюдаемых на i -м перпендикуляре в точках, принадлежащих самой проверяемой области (тела) полосы, а $(Y_{i1}, \dots, Y_{in})$ и $(Z_{i1}, \dots, Z_{in})$ – также в точках на i -м перпендикуляре, но расположенных уже по обе стороны симметрично относительно проверяемой области (в точках области фона), $i = 1, \dots, N$. Требуется по этим наблюдаемым величинам решить (угадать), присутствует на анализируемой проверяемой области объект (полоса) или нет. Подходящее правило принятия решения (тест или критерий) зависит от имеющей место общей ситуации. Предположим, что если в заданной области объект отсутствует, возможные результаты наблюдений можно рассматривать как стохастически независимые случайные величины на каждом перпендикуляре с одним тем же непрерывным вероятностным законом распределения значений, скажем, $F_i = F_{ix} = F_{iy} = F_{iz}$, быть может, зависящим от i и неизвестным наблюдателю, т. е. допускается лишь локальная однородность в каждой тройке совокупностей наблюдений (выборок). Если же в течение всего периода наблюдений объект находился на проверяемой области, то случайные величины X_{ir} , Y_{js} и Z_{js} , скорее всего, уже не будут одинаково распределенными. Часто в этом случае величины X_{ir} имеют тенденцию быть стохастически больше (или меньше), чем Y_{js} и одновременно Z_{js} . Пусть для определенности наблюдателю из физического смысла или прошлого опыта заранее известно, что в последнем случае X_{ir} имеют тенденцию быть стохастически больше, чем Y_{js} , и одновременно, чем Z_{js} . Иными словами, если обозначить через G_{ix} неизвестную наблюдателю непрерывную функцию распределения X_{ir} в этом случае, то будут справедливы неравенства $G_{ix}(x) \leq F_{iy}(x)$, $G_{ix} \neq F_{iy}$, и $G_{ix}(x) \leq F_{iz}(x)$, $G_{ix} \neq F_{iz}$.

Таким образом, задача состоит в том, чтобы по выборкам $(X_{i1}, \dots, X_{im})$, $(Y_{i1}, \dots, Y_{in})$ и $(Z_{i1}, \dots, Z_{in})$, $i = 1, \dots, N$, распознать (обнаружить) тот случай, где на изучаемом месте интересующий наблюдателя объект присутствует. Требуется указать правило (тест), приводящее к верному решению с максимально возможной (или близкой к ней) вероятностью. С точки зрения математической статистики, чтобы свести к минимуму риск принять неверное решение, следует проверить статистическую гипотезу H_0 об однородности выборок $(X_{i1}, \dots, X_{im})$, $(Y_{i1}, \dots, Y_{in})$ и $(Z_{i1}, \dots, Z_{in})$ при каждом i , означающую отсутствие объекта, против альтернативной гипотезы H_1 о том, что величины X_{ir} стохастически больше величин Y_{js} и одновременно Z_{js} (объект присутствует). Поскольку в рассматриваемой ситуации непрерывные функции F_{ix} , F_{iy} , F_{iz} и G_{ix} не предполагают-

ся известными наблюдателю (типичный на практике случай), то форма подходящего теста (критерия) для проверки указанных гипотез не должна зависеть от этих неизвестных функций распределения и их параметров, другими словами, критерий должен быть непараметрическим.

Цель настоящего сообщения – указать новый подходящий непараметрический статистический критерий для рассматриваемой задачи обнаружения. Еще в 1951 г. Уитни (Whitney) в работе [1] для проверки гипотезы однородности H_0 трех выборок против альтернативы H_1 предложил простой непараметрический статистический критерий, основанный на двух статистиках U и V пары критериев Манна – Уитни [2]. В нашем случае для наблюдений на i -м перпендикуляре имеем:

$$U_i = \sum_{r=1}^m \sum_{s=1}^n I\{X_{ir} > Y_{is}\}, \quad V_i = \sum_{r=1}^m \sum_{s=1}^n I\{X_{ir} > Z_{is}\}.$$

Здесь и далее $I\{A\}$ – индикаторная функция события A , равная 1, если событие A произошло, и 0 в противном случае. Критерий Уитни предписывает отклонять гипотезу H_{i0} в пользу H_{i1} , когда

$$U_i > C \text{ и одновременно } V_i > C, \quad (1)$$

где критическое значение C подбирается по заранее заданному уровню значимости критерия, т. е. вероятности отклонить гипотезу H_{i0} , когда она на самом деле верна. Как известно, критерий Манна – Уитни эквивалентен двухвыборочному критерию Вилкоксона [2]. Лишь недавно выяснилось [3], что может быть построен новый непараметрический статистический критерий, более мощный, чем критерий Вилкоксона – Манна – Уитни (WMW-критерий), т. е. отклоняющий проверяемую гипотезу об однородности с большей вероятностью, чем WMW-критерий, когда верна альтернативная гипотеза. Отсюда может быть построен и новый непараметрический статистический критерий для задачи с тремя выборками, более мощный, чем критерий Уитни [5, 6].

Для этого предположим, что число $n = 2v$ четное. Введем в рассмотрение следующие события ($i = 1, \dots, N$, $r = 1, \dots, m$, $s = 1, \dots, v$, $q = 1, 2$):

$$E_{1irs}^+ = \{X_{ir} > \max(Y_{is}, Y_{i(v+s)})\}, \quad E_{irs}^- = \{X_{ir} < \min(Y_{is}, Y_{i(v+s)})\},$$

$$E_{2irs}^+ = \{X_{ir} > \max(Z_{is}, Z_{i(v+s)})\}, \quad E_{2rs}^- = \{X_{ir} < \min(Z_{is}, Z_{i(v+s)})\},$$

$$E_{qirs}^0 = \bar{E}_{qirs}^+ \cap \bar{E}_{qirs}^-,$$

а также считающие их количества статистики

$$S_{Eqi}^+ = \sum_{r=1}^m \sum_{s=1}^v I\{E_{qirs}^+\}, \quad S_{Eqi}^- = \sum_{r=1}^m \sum_{s=1}^v I\{E_{qirs}^-\}, \quad S_{Eqi}^0 = \sum_{r=1}^m \sum_{s=1}^v I\{E_{qirs}^0\},$$

принимающие значения от 0 до mv с суммой $S_{Eqi}^+ + S_{Eqi}^- + S_{Eqi}^0 = mv$. Подходящим непараметрическим критерием для проверки на отдельном i -м перпендикуляре гипотезы однородности H_{0i} против альтернативы H_{1i} , основанным на этих статистиках является критерий, отклоняющий гипотезу H_{0i} , когда

$$S_{E1i}^+ > h(S_{E1i}^0) \text{ и одновременно } S_{E2i}^+ > h(S_{E2i}^0). \quad (2)$$

Этот критерий может быть представлен также в виде (см. [4])

$$S_{Eqi}^+ - S_{Eqi}^- > 2h(S_{Eqi}^0) + S_{Eqi}^0 - mv, \quad q=1,2. \quad (2^*)$$

Критерий (1) эквивалентен частному случаю критерия (2), когда $h(t)$ – линейная убывающая функция вида $2h(t) = C - t$, $t=0,1,\dots,mv$, а значит, эквивалентен и критерию

$$S_{Eqi}^+ - S_{Eqi}^- > C - mv, \quad q=1,2,$$

где C – число, входящее в критерий (1). Таким образом, критерий (1) эквивалентен критерию, основанному лишь на разности двух статистик без учета дополнительной статистики S_{Eqi}^0 , $q=1,2$. Следовательно, мощность его может быть меньше мощности критерия (2)–(2*).

Для проверки общей гипотезы H_0 против альтернативы H_1 образуем статистики вида $S^+ = \sum_{i=1}^N I\{S_{Eqi}^+ > h_i(S_{Eqi}^0), q=1,2\}$, $S^- = \sum_{i=1}^N I\{S_{Eqi}^- > h_i(S_{Eqi}^0), q=1,2\}$, $S^0 = N - S^+ - S^-$.

Среди всех критериев, основанных на последних статистиках, существует равномерно наиболее мощный. Он отклоняет гипотезу H_0 в пользу H_1 (объект присутствует) $S^+ > g(S^0)$, здесь $g = g(z)$ – наименьшее целое положительное число g такое, что

$$\sum_{i=g+1}^{N-z} \binom{N-z}{i} 2^{-(N-z)} \leq \alpha, \quad (3)$$

где α – приемлемый уровень значимости критерия. Если левая часть (3) окажется слишком малой, то, возможно, следует заменить уровень значимости α на большее значение.

Работа выполнена частично при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 16-07-00066) и Программы I.33П фундаментальных исследований Президиума РАН (проект № 0315-2015-0012).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Whitney D. R. A bivariate extension of the statistic // Ann. Math. Stat. – 1951. – 22. N 2. – P. 274–282.
2. Кендалл М., Стьюарт А. Статистические выводы и связи. – М. : Наука, 1973. – 899 с.
3. Салов Г. И. О мощности одного нового статистического критерия и двухвыборочного критерия Вилкоксона // Автометрия. – 2014. – 50. N 1. – С. 44–59.
4. Салов Г. И. Новый непараметрический статистический критерий для задач с тремя выборками, частный случай которого эквивалентен критерию Уитни // Сибирский журнал вычислительной математики. – 2014. – 17. N 4. – С. 389–397.
5. Салов Г. И. Новый непараметрический статистический критерий для задач с тремя выборками, более эффективный, чем критерий Уитни // Автометрия. – 2015. – 51. N 2. – С. 11–22.

© В. П. Пяткин, Г. И. Салов, 2017

СОВМЕСТНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СПУТНИКОВОЙ И НАЗЕМНОЙ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ ДЛЯ МОНИТОРИНГА ПОСЕВОВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

Сергей Митрофанович Кононенко

Сибирский институт управления – филиал Российской академии народного хозяйства и государственной службы при Президенте РФ, 630102, Россия, г. Новосибирск, ул. Нижегородская, 6, кандидат физико-математических наук, доцент, тел. (383)210-17-15, e-mail: sergej_k@cn.ru

Таисия Васильевна Старостина

Сибирский научно-исследовательский гидрометеорологический институт, 630090, Россия, г. Новосибирск, ул. Советская, 30, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, тел. (383)222-25-30, e-mail: starostina@sibnigmi.ru

Разработаны модели прогноза урожайности посевов многолетних трав для Омской области. Используются стандартные приземные агрометеорологические данные и спутниковая информация о вегетационном индексе NDVI. Проверено качество полученных моделей и проведены авторские испытания на независимой выборке. Лучшие модели переданы для производственных испытаний и для практического использования.

Ключевые слова: вегетационный индекс, агрометеорологические наблюдения, модель прогноза урожайности, травы.

JOINT USE OF SATELLITE AND GROUND-BASED METEOROLOGICAL INFORMATION FOR MONITORING OF AGRICULTURAL CROPS

Sergey M. Kononenko

Siberian Institute of Management – a branch of the Russian Academy of National Economy and Public Administration under the President of the Russian Federation, 630102, Russia, Novosibirsk, 6 Nizhegorodskaya St., Ph. D., associate professor, tel. (383)210-17-15, e-mail: sergej_k@cn.ru

Taisia V. Starostina

Siberian Research Hydrometeorological Institute, 630090, Russia, Novosibirsk, 30 Soviet St., Ph. D., Leading Researcher, tel. (383)222-25-30, e-mail: starostina@sibnigmi.ru

The models of the forecast of productivity of crops of perennial grasses for Omsk area are developed. Standard surface agrometeorological data and satellite information on the vegetative index NDVI are used. The quality of the received models was checked and author's tests were carried out on an independent sample. The best models are transferred for production tests and for practical use

Key words: vegetation index, agrometeorological observations, yield forecast model, grasses.

1. Описание данных, моделей и терминов.

В работе получены модели прогноза урожайности многолетних трав на сено (всех укосов) по территории Омской области. Модели включают данные стандартных агрометеорологических наблюдений (осадки, температуру и дефицит насыщения воздуха) и спутниковые данные дистанционного зондирова-

ния (вегетационный индекс NDVI). Данные по вегетационному индексу NDVI (Normalized Difference Vegetation Index – нормализованный относительный индекс растительности, показатель количества активной биомассы), полученные по всей территории России с реальной регулярностью 3–4 раза в неделю с разрешением 250 м и архивированные с 2000 г., предоставлены Институтом космических исследований РАН [1]. Данные по урожайности взяты из статистических сборников Омской области. Параметры регрессионных моделей находились с помощью метода наименьших квадратов, среда программирования MATLAB. Оценка значимости коэффициента корреляции для парных моделей проводилась с помощью критерия Стьюдента, выборочные значения t^* , рассчитывались по формулам

$$t^* = \frac{|r|}{\sigma_r}, \quad \sigma_r = \frac{1-r^2}{\sqrt{N-2}}, \quad (1)$$

где t^* – выборочное значение (по данным наблюдений) критерия Стьюдента, σ_r – средняя квадратичная погрешность расчета коэффициента корреляции r и сравнивалась с $t_{кр}(\alpha, \nu)$, где уровень значимости α принимался равным 5 %, а число степеней свободы $\nu = N - 2$, где $N = 12$ длина выборки. В многомерном случае оценка значимости коэффициента множественной корреляции R проводилась также с помощью критерия Стьюдента, выборочное значение t_R^* которого, рассчитывались по формулам (2) и сравнивались с $t_{кр}(\alpha; \nu)$ из таблицы, где уровень значимости α принимался равным 5%, а число степеней свободы $\nu = N - m - 1$, где $N = 12$ длина выборки, m число независимых переменных, σ_{ai} – стандартные оценки случайных погрешностей расчета коэффициентов a_i

$$\sigma_R = \frac{1-R^2}{\sqrt{\nu}}, \quad t_R^* = \frac{R}{\sigma_R} > t_{кр}, \quad t_{a_i}^* = \frac{|a_i|}{\sigma_{a_i}} > t_{кр}. \quad (2)$$

При оценке качества полученных моделей проверялось выполнение следующих условий:

1) близость коэффициента детерминации r^2 к значению 0.70, показывающую какой процент дисперсии исходного ряда урожайности $y = \{y_1, \dots, y_N\}$ описывает модель;

2) значимость коэффициентов регрессии проверялась по формулам (3) и (2) для двухмерного и многомерного вариантов соответственно:

$$t_{x1}^* = \frac{|a_{x1}| * \sigma_x * \sqrt{N-1}}{\sigma_y * (1-r^2)}, \quad t_{x0}^* = \frac{|a_{x0}| * \sqrt{N-1}}{\sigma_y * (1-r^2)}, \quad (3)$$

где t_{x1}^* , t_{x0}^* – критерии Стьюдента соответствующих коэффициентов уравнения регрессии a_{x1} и a_{x0} , σ_x и σ_y – стандартные отклонения исходных независимой и зависимой переменных. Критическое значение $t_{кр}(\alpha, \nu)$ определяется по уровню значимости α (принимается равным 5%) и числу степеней свободы $\nu = N - 2$, где N – длина ряда;

3) адекватность регрессионной модели исходным данным проверялась с помощью критерия Фишера F ;

4) неравенство $\sigma_y > \sigma_\varepsilon$, где σ_ε – стандартное отклонение ошибок, σ_y – стандартное отклонение исходного ряда.

Авторские испытания моделей проводились в соответствии с [2] на двухлетней контрольной выборке. По результатам этих проверок принималось решение о передаче построенных моделей на производственные испытания.

2. Многолетние травы на сено (всех укосов), предварительный прогноз (1–5 июня), *однопараметрические модели*.

Для оценки применимости однопараметрических моделей метода предварительного прогноза урожайности многолетних трав на сено (всех укосов) последовательно строились, проверялись и сравнивались парные модели линейной регрессии в которых в качестве независимой переменной брались накопленные осадки x_1 , среднесуточный дефицит насыщения влажного воздуха x_2 за апрель-май, а также средние значения NDVI на 23 неделе от начала каждого года и заканчивающейся в 1–4-х числах июня x_3 . По совокупности оценок и выполнению условий качества лучшей оказалась однопараметрическая модель, в которой в качестве независимого параметра x_3 взят вегетационный индекс NDVI $y = 30.23x_3 - 7.13$ (рис. 1).

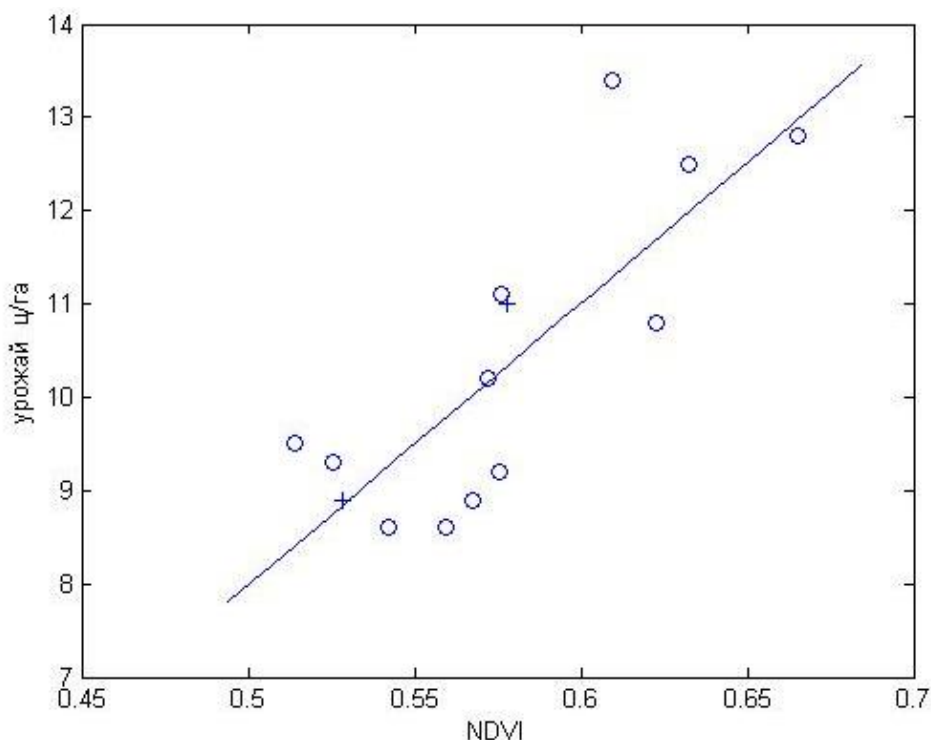


Рис. 1. Однопараметрическая модель (предварительный прогноз 1–5 июня) зависимости урожайности многолетних трав на сено (всех укосов) от значений вегетационного индекса NDVI на 23 неделе от начала года (крестиками и кружками показаны значения контрольных и обучающих выборок)

Двухпараметрические модели. В этом разделе для метода предварительного прогноза урожайности многолетних трав на сено (всех укосов) построены две модели множественной линейной регрессии и сравним их. В первой модели независимыми переменными взяты только агрометеорологические наблюдения, а именно, накопленные за апрель и май осадки x_1 и среднесуточный дефицит насыщения воздуха x_2 за апрель-май. Во второй модели, учитывая хорошие оценки однопараметрической модели с вегетационным индексом NDVI, к нему добавлен среднесуточный дефицит воздуха x_2 . Полученная в результате объединения спутниковых и наземных данных модель предварительного прогноза урожайности

$$y = -0.639x_1 + 22.476x_2 + 1.525$$

заметно лучше модели с только наземными данными. Коэффициент детерминации R^2 равен $0.74 > 0.70$ и показывает долю объясненной дисперсии исходного ряда y и в данном случае указывает на достаточность числа независимых переменных для описания ряда. Проверим ее на двухлетней контрольной выборке.

$$|y_{13}^f - y_{13}^c| = |11.07 - 11| = 0.07 < 0.67\sigma_y = 0.67 * 1.71 = 1.15;$$

$$|y_{14}^f - y_{14}^c| = |8.86 - 8.9| = 0.04 < 0.67\sigma_y = 0.67 * 1.71 = 1.15.$$

Здесь y_{13}^f, y_{14}^c – прогностические и фактические значения урожайности за 2013г. и 2014г. соответственно. Тогда оправдываемость метода γ для двух контрольных годов равна 100 %, а средняя относительная ошибка оправдавшихся прогнозов $\bar{P}$, равна

$$\bar{P} = \frac{1}{2} \left(\frac{0.07}{10.32} 100 + \frac{0.04}{10.32} 100 \right) = 0.53 \ %.$$

Модель рекомендована для проведения производственных испытаний (рис. 2).

В табл. 1 приведены построенные модели, их параметры и относительные ошибки.

Таблица 1

Предварительный прогноз (1–5 июня)

Уравнения	Параметры	Относительная ошибка
$y = 0.07x_1 + 7.04$	осадки	7.1 %
$y = -1.16x_2 + 17.94$	дефицит	7.3 %
$y = 30.23x_3 - 7.13$	ndvi	3.5 %
$y = 0.04x_1 - 0.95x_2 + 14.63$	осадки + дефиц	8.3 %
$y = -0.639x_2 + 22.476x_3 + 1.525$	дефиц+ ndvi	0.53 %

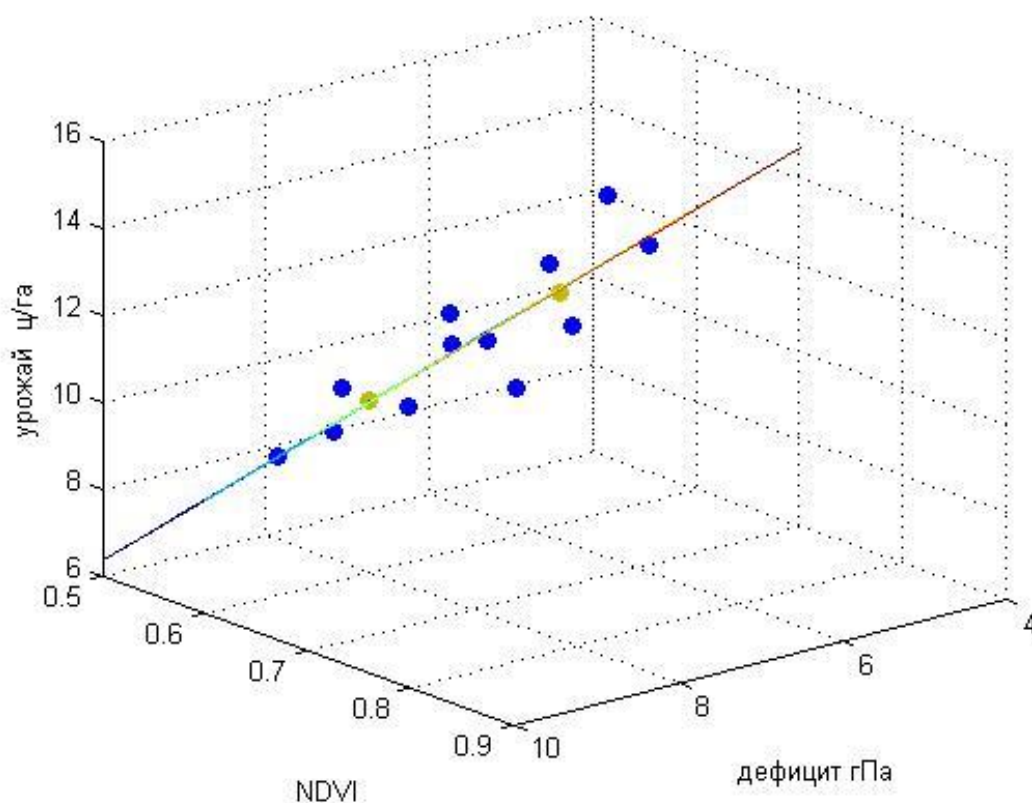


Рис. 2. Двухпараметрическая модель (предварительный прогноз 1–5 июня) зависимости урожайности многолетних трав на сено (всех укосов) от значений вегетационного индекса NDVI на 23-й неделе от начала года и среднесуточного дефицита водяного пара влажного воздуха за апрель, май (серые и синие шарики – соответственно контрольная и обучающая выборки)

3. Многолетние травы на сено (всех укосов), окончательный прогноз (1–5 июля), *однопараметрические модели*. Для оценки применимости однопараметрических моделей метода окончательного прогноза урожайности многолетних трав на сено (всех укосов) последовательно построены парные модели линейной регрессии в которых в качестве независимой переменной брались накопленные осадки x_1 за апрель – 2-я декада июня, среднесуточная температура воздуха 3-я декада мая – 2-я декада июня, среднесуточный дефицит насыщения воздуха x_2 за апрель – июнь, а также средние значения NDVI на 22-й неделе от начала каждого года и заканчивающейся в 25–29 числах мая x_3 . Временной интервал выбирался по наибольшему коэффициенту корреляции переменных. Результаты расчетов приведены в табл. 2. Среди однопараметрических моделей по результатам оценок их параметров две модели можно рекомендовать для производственных испытаний и при положительном заключении к практическому использованию, это модель со среднесуточным дефицитом влажности воздуха и с вегетационным индексом NDVI.

Окончательный прогноз (1-5 июля)

Уравнения	Параметры	Относительная ошибка
$y = 5.84 + 0.06x_1$	осадки	3.9 %
$y = 21.61 - 0.65x_1$	температура	9.3 %
$y = 23.09 - 1.64x_1$	дефицит	2.6 %
$y = -7.25 + 31.97x_1$	ndvi	1.9 %
$y = 0.01x_1 - 1.49x_2 + 20.8$	осадки + дефиц	2.9 %
$y = 13.19 - 1.20x_1 + 1.74x_2$	дефиц+ ndvi	2.4 %

Двухпараметрические модели. В этом разделе для метода окончательного прогноза урожайности многолетних трав на сено (всех укосов) построим две модели множественной линейной регрессии и оценим их надежность. В первой модели в качестве независимых переменных также как и в предварительном прогнозе брались только агрометеорологические наблюдения, а именно, накопленные среднесуточные осадки x_1 и среднесуточный дефицит насыщения воздуха x_2 . В табл. 2 приведены построенные модели, их параметры и относительные ошибки.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Савин И. Ю., Лупян Е. А., Барталев С. А. Оперативный спутниковый мониторинг состояния посевов сельскохозяйственных культур в России // Геоматика. – 2011. – № 2. – С. 69–76.
2. РД 52.27.284-91 Методические указания. Проведение производственных (оперативных) испытаний новых и усовершенствованных методов гидрометеорологических и гелио-геофизических прогнозов. – М. : Госкомгидромет, 1991. – С. 98–107.

© С. М. Кононенко, Т. В. Старостина, 2017

О СЛИЯНИИ-СТЫКОВКЕ КРАЕВ ПРОЕКТИВНЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

Павел Алексеевич Ким

Институт вычислительной математики и математической геофизики СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Лаврентьева, 6, кандидат физико-математических наук, доцент, старший научный сотрудник лаборатории обработки изображений, тел. (923)113-11-35, e-mail: kim@ooi.sccc.ru

Технологии оперирования данными дистанционного зондирования не могут быть независимыми от способов проецирования их на носители визуальной информации – проекционные экраны. В случае рельефа земной поверхности, мы сталкиваемся с ее природной сложной структурой, математически находящей отражение в разрывности изображения. Статья посвящена вопросам, связанным со слиянием-стыковкой однородных областей, в частности, с феноменом односторонности поверхности листа Мебиуса. Предложена схема интерпретации непрерывного изображения, продолжающегося через стыковое соединение. Работа выполнена частично при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 16-07-00066) и Программы I.33П Президиума РАН (проект № 0315-2015-0012).

Ключевые слова: масштабируемая модель рельефа, лист Мебиуса, поверхность четырехмерного тела.

ABOUT THE PROJECTIVE SURFACES EDGES MERGER-DOCKING

Pavel A. Kim

Institute of Computational Mathematics and Mathematical Geophysics SB RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, 6 Akademik Lavrentiev Prospect, Ph. D., Senior scientific researcher of Image Processing Laboratory, tel. (923)113-11-35, e-mail: kim@ooi.sccc.ru

The remote sensing data technologies can not be independent from the projection methods to visualize information – projection screens. In the case of Earth, we had faced a complexity of its natural structure, finding mathematical reflection in the discontinuity of the image. The article is devoted to issues related to merger-docking homogeneous regions, in particular the phenomenon of one-sided surface of the Mobius strip. A scheme of continuously image interpretation, continuing through the edges is presented. This work was partially supported by the Russian Foundation for Basic Research (Project № 16-07-00066) and the Program of the Presidium of the Russian Academy of Sciences I.33P (Project № 0315-2015-0012).

Key words: the Scaled model of a relief, Mobius strip, a four-dimensional body.

Термин мониторинг Земли в настоящее время меняет свою устоявшуюся за последние десятилетия парадигму. Если раньше эта деятельность непосредственно являлась государственной задачей, связанной, в большей степени, с запросами военных ведомств, то постепенно от «спасения на водах», лесного и сельскохозяйственного экологического тренда, эта деятельность переключается на персоналии физических лиц, особенно с учетом, всеохватывающей роли в жизнедеятельности современного человека, спутниковых навигационных систем – российского Глонасс и американского GPS Navstar. Об этих новых реа-

лиях свидетельствует объявленный Федеральным государственным бюджетным учреждением «Российский фонд фундаментальных исследований» на основании решения бюро совета Фонда от 18 января 2017 года конкурс 2017 года проектов ориентированных фундаментальных научных исследований по актуальным междисциплинарным темам, в частности, 703 «Обработка, классификация и распознавание изображений на мобильных устройствах». В преамбуле к этой теме говорится, что «Обработка, классификация и распознавание изображений, получаемых мобильными устройствами их регистрации (смартфонами, автомобильными видеорегистраторами, видеосъемочной аппаратурой, размещенной на беспилотных летательных или подводных аппаратах, устройствами специального назначения и т. д.), является актуальной научной проблемой, многие аспекты которой до сих пор не имеют эффективных решений. ... Необходимо провести ряд фундаментальных исследований, для построения адекватных моделей наблюдения и регистрации изображений на мобильных устройствах, проанализировать известные и предложить новые методы обработки, классификации и распознавания. ... Будут рассмотрены задачи идентификации личности, обнаружения объектов, автономной навигации беспилотных летательных аппаратов и построения трехмерных моделей окружающей обстановки по данным мобильных видеоизмерений».

Таким образом, проходящая в этом ключе, тематика сопряжений геометрических примитивов уже исследовалась в более ранних работах по генерации фазовых пространств в управлении недетерминированного типа для шагающих автоматов и манипуляторов [1], и стыковке соседних по номенклатуре листов географических карт при их сканировании [2]. В настоящей работе, делается акцент на стыковку поверхностей по принципу их взаимной ориентированности. Специфичность такой постановки можно представить из задачи сочленения двусторонних поверхностей с односторонней поверхностью листа Мебиуса.

Традиционно дистанционные средства зондирования связанные с поверхностью земного геоида нуждаются в последующем переносе визуальной информации на картографические проекции поверхностей. С другой стороны, при работе с гиперспектральными данными, приходится сталкиваться с многомерными текстурными изображениями, динамически перемещающимися по спектру снимаемой поверхности, которые необходимо графически отобразить на проективной поверхности. При этом обрабатываемые данные заведомо относятся к трехмерным данным, поскольку существуют в трехмерном пространстве, например, изображения облаков, часто воспринимаемые как помеха для восприятия целевого изображения. Расположение движущихся в пространстве наблюдения самолетов, отслеживаемое с космических спутников Земли, также по необходимости приводит к трехмерным моделям, привязанным к имеющимся картографическим основам. Вопросы проецирования изображения на экраны возникают и при работах с камерой-обскуры, например, «перевернутость» изображения в обычном объективе фотокамеры, или же «зеркальность» отображения для щелевой камеры обскуры [3].

В литературе встречается несколько названий, для обозначения объекта, представленного на рис. 1, – односторонняя поверхность, лента Мёбиуса, петля Мёбиуса, кольцо Мёбиуса. В любом случае, рассуждая об отсутствии толщины у этой поверхности, возникает представление о визуализации цветовой точки изображения с «изнанки», как видимое на «просвет», т. е. зеркальное изображение, а в то же время для двусторонней поверхности мы предполагаем иное, нессливающееся с существующим изображение. В частности, на цветовой гамме рисунка, ясно видны разноцветные полосы, характеризующие двусторонность рассматриваемой поверхности, и это входит в противоречие с односторонностью поверхности Мебиуса. Неизвестно в какой момент мы отказываемся от толщины поверхности, объявляя видимость точки поверхности из любого направления в пространстве, а в какой момент начинаем предполагать затмение одного положения точки другим – при двусторонности интерпретации поверхности. Из этого противопоставления вытекает представленная в работе модель кольца Мебиуса, которое получается сплющиванием трехмерного тора, представленного на рис. 2, полностью удалив «воздух»-пространства из его внутренней полости и сплющив его до двухмерного состояния. Может ли такая конструкция быть принята, как модель кольца Мебиуса(?) – оставим этот вопрос философам. Однако, при положительном его решении, загадки превращения листа Мебиуса при разрезании в «афганскую ленту» становятся топологически легко интерпретируемыми, и объяснимыми с точки зрения логики их возникновения. При этом, необходимо научиться переключать наше представление от сплющенного слияния двух поверхностей на краю, до деления ее на две локальные копии, по-прежнему состыкованные на границах зоны.



Рис. 1. Кольцо Мёбиуса



Рис. 2. Тор

На базе данной технологии переключения стыкуемых границ геометрического тела, разработана смена переключения ориентации поверхности по стыку двух поверхностей. Применение этой технологии позволило создать трехмерную оболочку четырехмерного тела, представленную на рис. 3. На фигуре разными цветами окрашены разбиения фигуры на внешние и внутренние стороны двусторонних поверхностей треугольников обрамления трехмерной модели четырехмерного симплекса. Таким образом, разработанные способы представле-

ния поверхностей, позволили сделать очередной шаг в осуществлении, развиваемой в лаборатории материализации технологии зрительного восприятия четырехмерного мира [4].

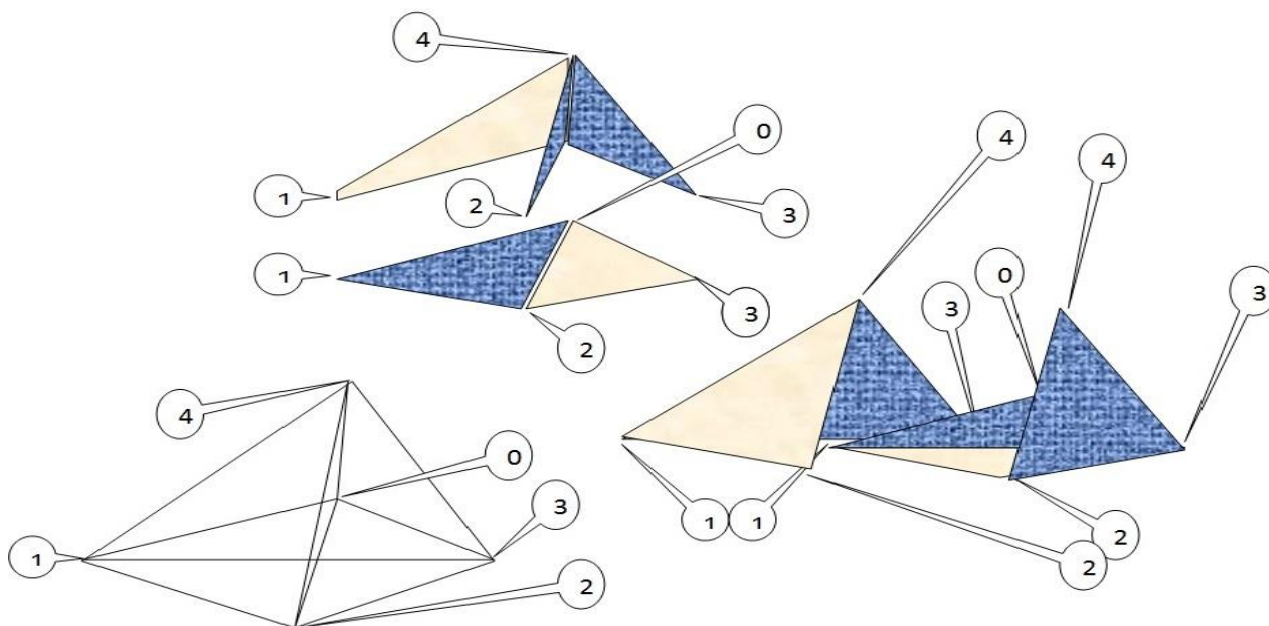


Рис. 3. Каркас четырехмерного симплекса – тетраэдр с вложенным центром и его граница – гиперповерхность

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ким П. А. Управление недетерминированного типа // Вычислительные машины и искусственный интеллект. – 1982. – Т. 1, № 1. – С. 73–82.
2. Алсынбаев К. С., Ерофеев С. Г., Ким П. А. Использование ординарных сканеров для высокоточного ввода карт // Сборник материалов международной конференции ИнтеркартоЗ, ГИС для устойчивого развития окружающей среды. – Новосибирск, 1997. – С. 362–368.
3. Ким П. А. Щелевая камера Обскура. Патент 2543604. Опубликовано: 10.03.2015 Бюл. № 7.
4. Ким П. А., Федоровых О. П. Геометрия четырехмерного пространства – о развитии пространственного восприятия // Предметное образование : монография / Е. Н. Арбузова, Г. Д. Гефан, М. А. Дубова и др. – М. : ООО «Русальянс "Сова"», 2016. – С. 50–63.

© П. А. Ким, 2017

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ МОНИТОРИНГ ПЛОЩАДЕЙ АКВАТОРИЙ ОЗЕР И ВОДОХРАНИЛИЩ ПО СПУТНИКОВЫМ ДАННЫМ

Александр Андреевич Донцов

Институт водных и экологических проблем СО РАН, 656038, Россия, г. Барнаул, ул. Молодежная, 1, младший научный сотрудник, тел. (385)266-65-02, e-mail: alexdontsov@yandex.ru

Игорь Алексеевич Пестунов

Институт вычислительных технологий СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Лаврентьева, 6, кандидат физико-математических наук, доцент, ведущий научный сотрудник, тел. (383)334-91-55, e-mail: pestunov@ict.nsc.ru

Сергей Александрович Рылов

Институт вычислительных технологий СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Лаврентьева, 6, младший научный сотрудник, e-mail: RylovS@mail.ru

Игорь Анатольевич Суторихин

Институт водных и экологических проблем СО РАН, 656038, Россия, г. Барнаул, ул. Молодежная, 1, доктор физико-математических наук, главный научный сотрудник; Институт вычислительных технологий СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Лаврентьева, 6, профессор, старший научный сотрудник, тел. (385)266-65-02, e-mail: sia@iwer.ru

Предлагается геоинформационная система для автоматизированного мониторинга изменения площади акватории озер и водохранилищ по данным оптической спутниковой съемки. Приводятся результаты использования этой системы для определения площади водного зеркала для Большого Ярового и Красиловского озер по данным со спутника Sentinel-2A.

Ключевые слова: ГИС, мониторинг, спутниковая съемка, водные объекты, площадь акватории озера, площадь водного зеркала, спектральные индексы, водные индексы, дешифрирование, автоматическое выделение воды.

AUTOMATED MONITORING OF SURFACE AREAS OF LAKES AND WATER RESERVOIRS BY SATELLITE DATA

Alexander A. Dontsov

Institute for Water and Environmental Problems SB RAS, 656038, Russia, Barnaul, 1 Molodezhnaya St., junior researcher, tel. (385)266-65-02, e-mail: alexdontsov@yandex.ru

Igor A. Pestunov

Institute of Computational Technologies SB RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, 6 Akademik Lavrentiev Prospect, Ph. D., leading researcher, tel. (383)334-91-55, e-mail: pestunov@ict.nsc.ru

Sergey A. Rylov

Institute of Computational Technologies SB RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, 6 Akademik Lavrentiev Prospect, junior researcher, e-mail: RylovS@mail.ru

Igor A. Sutorikhin

Institute for Water and Environmental Problems SB RAS, 656038, Russia, Barnaul, 1 Molodezhnaya St., D. Sc., major researcher; Institute of Computational Technologies SB RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, 6 Akademik Lavrentiev Prospect, professor, senior researcher, тел. (385)266-65-02, e-mail: sia@iwer.ru

Geoinformation system for automated monitoring of surface areas of lakes and water reservoirs based on optical satellite imagery is proposed. The results of the monitoring of Bolshoye Yarovoye and Krasilovskoye lakes obtained by this system using Sentinel-2A satellite data are described.

Key words: Sentinel-2, satellite images, NDWI, MNDWI, GIS, monitoring, water bodies, lakes, water surface area, water indices, automatic water extraction.

В последние десятилетия под влиянием глобальных и региональных изменений в климатической системе и воздействия антропогенных факторов на территории Российской Федерации наблюдаются значительные изменения состояния и гидрологического режима водных объектов [1]. Известно [2, 3], что фундаментальное значение для понимания и оценки степени воздействия климатических изменений и человеческой деятельности на наземные водные ресурсы имеют морфометрические характеристики озер, такие как площадь водного зеркала, уровень и объем воды. В настоящее время для большинства регионов России наземное оценивание указанных характеристик озер не представляется возможным ввиду отсутствия стационарных пунктов наблюдения. В связи с этим является актуальной задача разработки эффективных методов мониторинга морфометрических параметров озер по данным спутниковой съемки, являющейся, как правило, единственным источником объективной и актуальной информации об обширных и труднодоступных территориях.

В последние годы для изучения площадей водного зеркала озер широко используются архивные и оперативные данные, получаемые со спутников серии Landsat с периодичностью 16 дней [3–7]. Пространственное разрешение мультиспектральных изображений, получаемых в настоящее время со спутников Landsat-8, составляет 30 м. Начиная с 2016 г. на регулярной основе с периодичностью съемки в 10 дней стали доступны данные со спутника Sentinel-2A (<https://scihub.copernicus.eu/dhus/#/home>). Разрешение снимков Sentinel-2 в видимом и ближнем инфракрасном диапазонах спектра составляет 10 м (табл. 1). Второй спутник с аналогичными характеристиками Sentinel-2B был запущен 7 марта 2017 года, что улучшит периодичность съемки до 5 дней. Более высокое разрешение позволяет производить мониторинг небольших по площади водоемов с большой точностью.

В данной работе рассматривается прототип геинформационной системы для автоматизированного мониторинга площадей акваторий озер и водохранилищ с использованием спутниковых данных. Приводятся результаты использования этой системы для автоматизированного определения площади водного зеркала для Большого Ярового и Красиловского озер, расположенных на территории Алтайского края, по данным со спутника Sentinel-2A.

Таблица 1

Спектральные каналы Sentinel-2 в сравнении с Landsat-8

Sentinel-2	Разрешение (м) данных Sentinel-2	Длина волны (мкм)	Landsat-8 (разрешение 30 м)
1 – Coastal / Aerosol	60	0.443	1 – Coastal / Aerosol
2 – Blue	10	0.490	2 – Blue
3 – Green	10	0.560	3 – Green
4 – Red	10	0.665	4 – Red
5 – Vegetation Red Edge	20	0.705	
6 – Vegetation Red Edge	20	0.740	
7 – Vegetation Red Edge	20	0.783	
8 – NIR	10	0.842	
8A – Vegetation Red Edge	20	0.865	5 – NIR
9 – Water vapour	60	0.945	
10 – SWIR – Cirrus	60	1.375	9 – SWIR – Cirrus
11 – SWIR	20	1.610	6 – SWIR
12 – SWIR	20	2.190	7 – SWIR

ГИС для мониторинга площадей акваторий озер. В Институте водно-экологических проблем СО РАН разрабатывается сервис-ориентированная геоинформационная система для мониторинга внутренних водоемов Сибири. Система строится на основе данных с космических аппаратов Sentinel-2 и Landsat-8, получаемых из открытых архивов ESA (European Space Agency) и USGS (United States Geological Survey). На рис. 1 представлена структурная схема разрабатываемой ГИС.

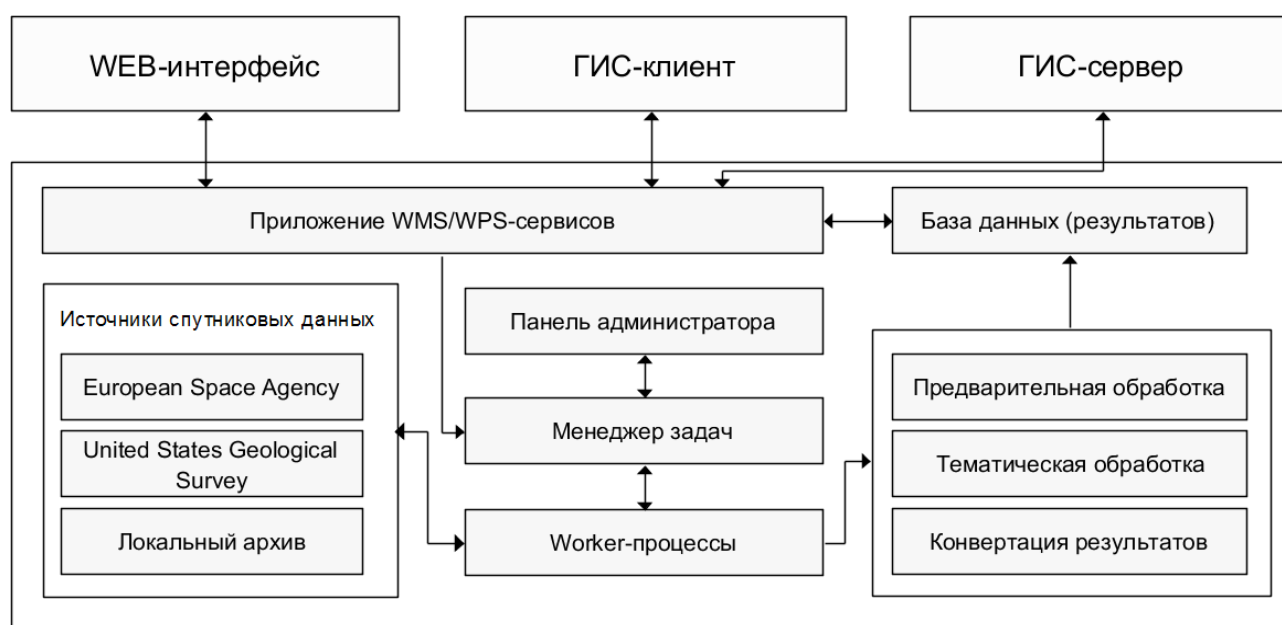


Рис. 1. Структурная схема разрабатываемой ГИС

Для работы с системой был предусмотрен Web-интерфейс и WMS/WPS-интерфейс для взаимодействия с настольными ГИС, такими как GRASS, QGIS и т. д. Так же реализована возможность интеграции со сторонними серверами и сервисами геопространственных данных.

Компоненты ГИС объединяет между собой Web-платформа Django, которая позволяет реализовывать модульные Web-приложения. Данная платформа позволяет максимально автоматизировать различные модули системы, что в свою очередь позволяет производить модификацию отдельных компонентов с минимальным влиянием на остальные.

Для управления вычислительными процессами ГИС был разработан специальный модуль, основанный на библиотеке Celery. Интеграцию Django с библиотекой Celery осуществляет пакет `django-celery`, который предоставляет технологию Django ORM (object-relational mapping) при сохранении результатов выполнения заданий, а также автоматически находит и регистрирует задания Celery для приложений Django, управление которыми осуществляется через панель администрирования ГИС. Для работы с растровыми и векторными геопространственными форматами данных в системе используется библиотека GDAL (Geospatial Data Abstraction Library).

Пользователи имеют доступ к результатам обработки в виде Web-карт и таблиц, а также в виде векторных полигонов в формате GeoJSON или Shapefile. Администратор имеет доступ к панели администрирования системы, где имеется возможность установить координаты водоемов (точечно или в виде полигона), для которых необходимо осуществлять мониторинг. Исходя из этих данных менеджер задач формирует запросы на спутниковые снимки на требуемую территорию из архивов ESA и USGS.

После получения спутниковых данных осуществляется их предварительная обработка, которая включает в себя атмосферную коррекцию, построение маски облачности и маски воды (для снимков Sentinel-2 тематическая карта с пространственным разрешением 60 м формируется для продукта уровня обработки 2A [8]). Если отмеченный водный объект перекрывается маской облачности, то обработка снимка не проводится. С помощью предварительной маски воды определяются границы анализируемого водоема, на основе которых из целого изображения вырезается фрагмент, содержащий рассматриваемый водоем. Далее выделенный фрагмент передается блоку тематической обработки, на котором осуществляется выделение водной поверхности с помощью набора различных алгоритмов. Полученные результаты в виде векторных полигонов в формате GeoJSON или Shapefile, значения площади водоема и длины береговой линии записываются в базу данных под управлением СУБД MongoDB.

Автоматическое выделение водной поверхности. Блок тематической обработки включает в себя алгоритмы автоматического выделения водной поверхности, такие как алгоритм пороговой сегментации по водным индексам и разработанный в ИВТ СО РАН алгоритм ECCA-Water.

Водные индексы усиливают контраст между водными поверхностями и другими объектами. Наиболее распространенными [3–5] являются нормализованный разностный водный индекс NDWI [9] и его модификация MNDWI [10].

Предполагается, что водным объектам соответствуют положительные значения этих индексов, а остальным – отрицательные. NDWI использует видимый зеленый (G) и ближний инфракрасный (NIR) каналы:

$$NDWI = \frac{G - NIR}{G + NIR}.$$

В свою очередь MNDWI отличается использованием канала SWIR (1.61 мкм) вместо канала NIR. Однако необходимо отметить, что для снимков Sentinel-2 канал SWIR (№ 11) имеет разрешение 20 метров, что снижает пространственную точность результатов по сравнению с использованием NDWI.

Третий используемый водный индекс строится как отношение значений в синем канале (B) и SWIR канале: (B/SWIR). Предполагается, что для водных объектов значения этого индекса больше 1. Данный индекс был выбран, так как он используется для выделения воды при формировании продукта Sentinel-2 уровня обработки 2A [8].

Алгоритм ECCA-Water [11] изначально создавался для автоматического выделения водной поверхности на спутниковых изображениях высокого пространственного разрешения для мониторинга паводковой ситуации по данным с космических аппаратов Ресурс-П и Канопус-В. Он основан на использовании непараметрического быстродействующего алгоритма кластеризации ECCA [12]. Алгоритм использует информацию в 3-х спектральных каналах: зеленом, красном и ближнем инфракрасном. В процессе работы также используется водный индекс NDWI и вегетационный индекс NDVI.

После выделения пикселей изображения, относящихся к воде, они разделяются на пространственно связанные группы, из которых затем по заданным координатам (или полигону) выбираются группы, соответствующие искомым водным объектам. Кроме того, на этом этапе возможна фильтрация облаков, в случае если они не пересекают границы водоема.

Примеры мониторинга площади акватории Большого Ярового и Красиловского озер. Красиловское озеро (53°11'06"N, 84°21'35"E) представляет собой бессточный водоем со сложной конфигурацией береговой линии (рис. 2, а). Озеро Большое Яровое (52°52'00"N, 78°36'50"E) – высоко минерализованное, бессточное, имеющее овальную форму (рис. 3). В табл. 2 и 3 приведены площади Красиловского и Большого Ярового озер за 2016 год, вычисленные данным Sentinel-2.

Анализ полученных результатов показал, что методы на основе водных индексов зачастую относят тени от облаков к водным объектам, что приводит к существенным ошибкам в случае, если тени пересекают границу анализируемого водоема (например, на снимках озера Красиловское за 15 сентября и озера Большое Яровое за 13 июля). В тоже время метод ECCA-Water не допускает подобных ошибок (рис. 2). Кроме того, методы на основе индексов NDWI и MNDWI при выделении поверхности озера Большое Яровое на всех снимках ошибочно захватывают береговой отвал химического предприятия «Алтайхимпром», расположенный неподалеку от пляжа «Причал 22» (рис. 3, б).

Таблица 2

Площадь озера Красиловское в 2016 году по данным Sentinel-2

Дата съемки	Площадь (км ²)			
	ECCA-WATER	NDWI	MNDWI	B/SWIR
04.06.2016	0.653	0.68	0.743	0.65
26.08.2016	0.631	0.65	0.668	0.602
15.09.2016	0.635	0.877	0.992	0.853
05.10.2016	0.643	0.672	0.685	0.618
σ (исключая результат за 15.09.2016)	0.011	0.016	0.039	0.024

Таблица 3

Площадь озера Большое Яровое в 2016 году по данным Sentinel-2

Дата съемки	Площадь (км ²)			
	ECCA-WATER	NDWI	MNDWI	B/SWIR
01.05.2016	73.53	74.17	74.35	73.54
14.05.2016	73.59	74.17	74.37	73.57
13.06.2016	73.61	76.52	78.93	76.04
11.09.2016	73.47	74.1	74.25	73.48
18.09.2016	73.54	74.15	74.26	73.53
σ (исключая результат за 13.07.2016)	0.049	0.033	0.061	0.037

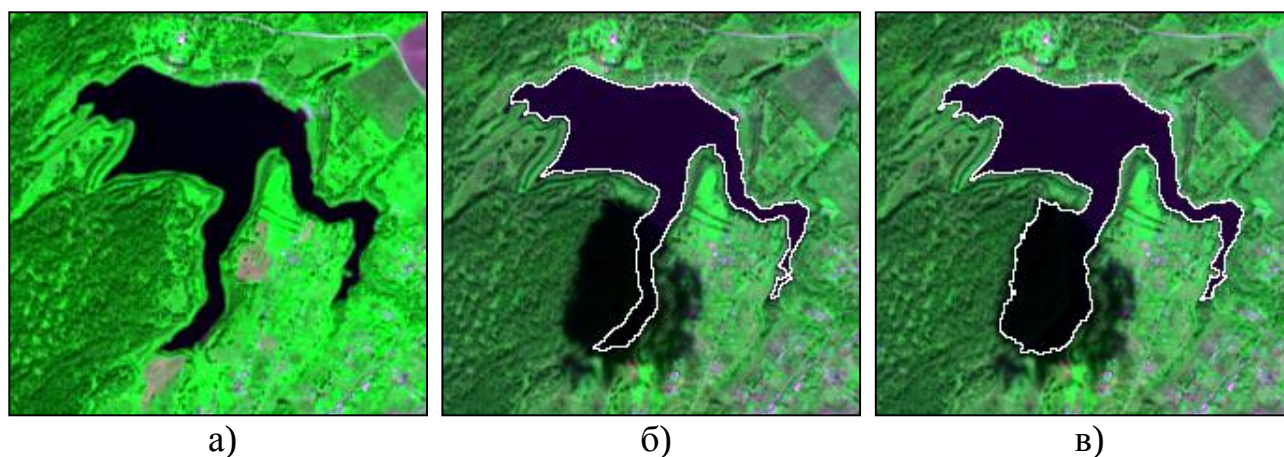


Рис. 2. RGB-композит снимка Sentinel-2 озера Красиловское за 26.08.2016 (каналы: Red, NIR, Blue) (а); результаты выделения акватории озера по снимку за 15.09.2016 методами ECCA-WATER (б) и NDWI (в)

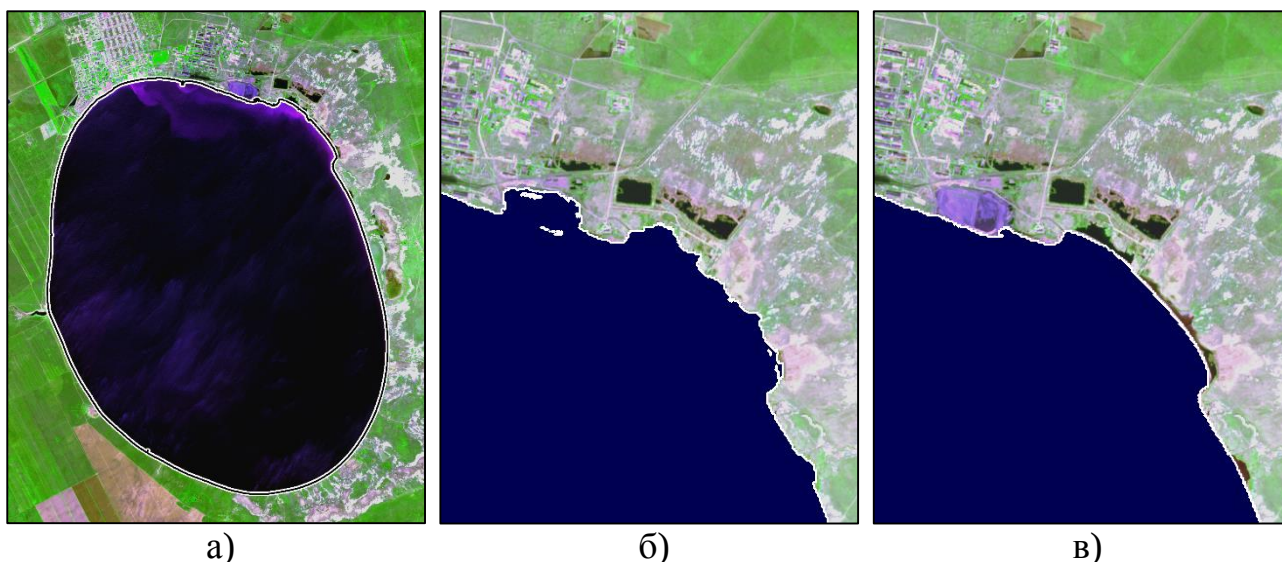


Рис. 3. Результаты выделения акватории озера Большое Яровое по спутниковому снимку Sentinel-2 за 14.05.2016 методами ECCA-WATER (а), MNDWI (б) и B/SWIR (в)

Если исключить снимки, на которых выделению водоемов мешают тени от облаков, то представленные результаты вычисления площадей в течение года характеризуются низкой дисперсией для каждого из методов. Наименее устойчивые показатели продемонстрировал метод на основе индекса MNDWI. Однако наблюдаются устойчивые расхождения между результатами различных методов. Они объясняются наличием смешанных граничных пикселей, которые одновременно содержат как водную поверхность, так и сушу. Различные методы могут по-разному классифицировать такие пиксели. Площадь, занимаемая смешанными пикселями, зависит от разрешения съемки и длины береговой линии. При пространственном разрешении 10 м для озера Красиловское с периметром ~ 10 км (по границам пикселей) эта площадь составляет 0.1 км^2 . А для озера Большое Яровое с периметром ~ 40 км эта площадь составляет 0.4 км^2 . Таким образом, точность определения площади повышается для водоемов большего размера и водоемов с меньшим коэффициентом извилистости береговой линии.

Заключение. Предложенная геоинформационная система позволяет проводить мониторинг изменения площади водного зеркала водоемов по данным оптической съемки с космических аппаратов Sentinel-2, Landsat-8 и может быть использована для решения фундаментальных и прикладных задач гидрологии внутриконтинентальных водоемов.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке Президиума РАН (грант № 0316-2015-0006).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Решение VII Всероссийского гидрологического съезда от 13.01.2014 г. [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.meteor.ru/press/news/6572/> (дата обращения 10.03.2017).
2. Crétau J. F. et al. SOLS: A lake database to monitor in the Near Real Time water level and storage variations from remote sensing data // *Advances in space research*. – 2011. – Vol. 47. – No. 9. – P. 1497–1507.
3. Курганович К. А., Носкова Е. В. Использование водных индексов для оценки изменения площадей водного зеркала степных содовых озер юго-востока Забайкалья, по данным дистанционного зондирования // *Вестник Забайкальского государственного университета*. – 2015. – № 6 (121). – С. 16–24.
4. Identification of Water Bodies in a Landsat 8 OLI Image Using a J48 Decision Tree / T. D. Acharya, D. H. Lee, I. T. Yang, J. K. Lee // *Sensors*. – 2016. – Vol. 16. – No. 7. – P. 1075.
5. Automated Water Extraction Index: A new technique for surface water mapping using Landsat imagery / G. L. Feyisa, H. Meilby, R. Fensholt, S. R. Proud // *Remote Sensing of Environment*. – 2014. – Vol. 140. – P. 23–35.
6. Кравцова В. И., Тарасенко Т. В. Динамика термокарстовых озер центральной Якутии при изменениях климата с 1950 года // *Криосфера Земли*. – 2011. – Т. 15, № 3. – С. 31–42.
7. Донцов А. А., Суторихин И. А. Определение площади акватории озер по данным дистанционного зондирования Земли и ГИС-технологий // *Естественные и технические науки*. – 2016. – № 11 (101). – С. 106–109.
8. Sentinel-2 technical guide. Level-2A processing – algorithm overview [Электронный ресурс]. – URL: <https://sentinel.esa.int/web/sentinel/technical-guides/sentinel-2-msi/level-2a/algorithm> (дата обращения 10.03.2017).
9. McFeeters S. K. The use of the Normalized Difference Water Index (NDWI) in the delineation of open water features // *International journal of remote sensing*. – 1996. – Vol. 17. – No. 7. – P. 1425–1432.
10. Xu H. Modification of normalised difference water index (NDWI) to enhance open water features in remotely sensed imagery // *International journal of remote sensing*. – 2006. – Vol. 27. – No. 14. – P. 3025–3033.
11. Технология обработки данных с космических аппаратов «Канопус-В», «Ресурс-П» и «Метеор-М» для мониторинга и картографирования паводковой ситуации / С. А. Рылов, О. Г. Новгородцева, И. А. Пестунов, О. А. Дубровская, Ю. Н. Синявский // *Материалы II Междунар. науч. конф. «Региональные проблемы дистанционного зондирования Земли»*. – Красноярск : СФУ, 2015. – С. 207–212.
12. Ensemble of clustering algorithms for large datasets / I. A. Pestunov, V. B. Berikov, E. A. Kulikova, S. A. Rylov // *Optoelectronics, instrumentation and data processing*. – 2011. – Vol. 47. – No. 3. – P. 245–252.

© А. А. Донцов, И. А. Пестунов, С. А. Рылов, И. А. Суторихин, 2017

СТАТИСТИЧЕСКИЕ ОТКЛОНЕНИЯ В ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННЫХ РЯДАХ СПУТНИКОВЫХ ДАННЫХ ТЕМПЕРАТУРЫ ПОВЕРХНОСТИ ЗЕМЛИ НА ТЕРРИТОРИИ ЮГА СИБИРИ

Полина Владимировна Воронина

Институт вычислительных технологий СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Лаврентьева, 6, кандидат физико-математических наук, научный сотрудник, тел. (383)334-91-77, e-mail: voronina@gmail.com

Дмитрий Леонидович Чубаров

Институт вычислительных технологий СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Лаврентьева, 6, научный сотрудник, тел. (383)334-91-15, e-mail: dchubarov@ict.nsc.ru

Владимир Андреевич Кихтенко

Институт вычислительных технологий СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Лаврентьева, 6, младший научный сотрудник, тел. (383)334-91-08, e-mail: kikht@ict.nsc.ru

Представлены результаты применения метода поиска статистических отклонений RST (Robust Satellite Technique) в пространственно-временных рядах спутниковых данных температуры поверхности Земли для территории юга Сибири.

Ключевые слова: MODIS, обработка спутниковых данных, температура поверхности, статистические отклонения, метод RST (Robust Satellite Technique).

STATISTICAL DEVIATIONS IN SPATIAL-TIME SERIES OF SATELLITE LAND SURFACE TEMPERATURE DATA UNDER THE SOUTH SIBERIA

Polina V. Voronina

Institute of Computational Technologies SB RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, 6 Akademik Lavrentiev Prospect, Ph. D., researcher, tel. (383)334-91-77, e-mail: voronina@gmail.com

Dmitri L. Chubarov

Institute of Computational Technologies SB RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, 6 Akademik Lavrentiev Prospect, researcher, tel. (383)334-91-15, e-mail: dchubarov@ict.nsc.ru

Vladimir A. Kikhtenko

Institute of Computational Technologies SB RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, 6 Akademik Lavrentiev Prospect, junior researcher, tel. (383)334-91-08, e-mail: kikht@ict.nsc.ru

We present the results of method to detect statistical deviations RST (Robust Satellite Technique) in spatial-time series of satellite land surface temperature data under the South Siberia.

Key words: MODIS, satellite remote sensing data processing, Land Surface Temperature (LST), statistical deviations, method RST (Robust Satellite Technique).

Для решения некоторых задач рационального природопользования, мониторинга катастрофических природных явлений (лесные пожары, сильные зем-

летрясения, извержения вулканов и их последствия) возможно использование спутниковых данных дистанционного зондирования температуры поверхности Земли с целью выявления статистических выбросов [1, 2]. По предложению коллектива исследователей ИНГГ СО РАН авторам было предложено проанализировать температурные поля сейсмически опасных территорий Алтая с целью выявления возможной связи изменения значений температуры и последующих подземных толчков. В настоящей работе представлены первые результаты решения этой задачи.

Анализ температурных режимов для выявления тепловых аномалий выполнен по методу RST (Robust Satellite Techniques), предложенному V. Tramutoli [3] и с помощью которого выполнены исследования температурных режимов серии различных по силе сейсмических событий [3–9]. В основе метода лежит статистический анализ наборов спутниковых данных температуры земной поверхности для выделенной территории. Для того чтобы исключить влияние сезонного хода температур и неоднородности рельефа данные преобразуются следующим образом: фиксируется временной интервал продолжительностью несколько десятков дней, содержащий исследуемое событие, извлекаются температуры в эти дни года за несколько предшествующих лет T . Рассматривается область D на поверхности Земли, охватывающая эпицентр и основные геологические структуры, вовлеченные в тектонические процессы, связанные с сейсмическим событием. По выбранной области вычисляется индекс η , основным достоинством которого является то, что при выборе области и временного интервала подходящих размеров он позволяет исключить влияние вариаций температуры, вызванных климатическими процессами, неоднородностью рельефа и погодными условиями [10]:

$$\eta(\mathbf{r}, t') = \frac{\Delta T(\mathbf{r}, t') - \mu_{\Delta T}(\mathbf{r})}{\sigma_{\Delta T}(\mathbf{r})},$$

$\mathbf{r} \equiv (x, y) \in D$ – географические координаты центра пикселя, $\langle T(\mathbf{r}, t') \rangle_s$ – среднее по области значение температуры, $\Delta T(\mathbf{r}, t') = T(\mathbf{r}, t') - \langle T(\mathbf{r}, t') \rangle_s$ – отклонение температуры в момент времени t' в пикселе $\mathbf{r}$, $\mu_{\Delta T}(\mathbf{r}) = \langle \Delta T(\mathbf{r}, t') \rangle_t$ – среднее по времени значение температуры в пикселе $\mathbf{r}$, $\sigma_{\Delta T}(\mathbf{r})$ – среднеквадратичное отклонение $T(\mathbf{r}, t)$ от $\langle \Delta T(\mathbf{r}, t') \rangle_t$.

В настоящей работе в качестве области исследований рассмотрена территория России и Северной Монголии, заключающая в себя эпицентр и основные афтершоки Чуйского (Алтай) землетрясения, которое произошло 27 сентября 2003 г. на юге Республики Алтай с эпицентром (49,99° с.ш., 87,85° в.д., $M = 7,3$) расположенным в южной части Алтае-Саянской складчатой области в зоне сочленения Чаган-Узунского блока с Северо-Чуйским хребтом. Эта зона находится в районе с повышенной сейсмической активностью. После землетрясения в этом районе в течение двух месяцев были зарегистрированы многочисленные афтершоки [11]. До конца 2003 года зарегистрировано более 120 толчков с маг-

нитудой более 4, а в период с 27 сентября по 31 октября 2003 г. отмечено 15 толчков с магнитудой более 5.

Предварительно данные, представляющие собой значения температур и полученные с сенсора MODIS, восстанавливаются с помощью двухканального алгоритма [12] по значениям интенсивности инфракрасного излучения, регистрируемого в каналах 31 (11 мкм) и 32 (12 мкм) сенсора. Данные приведенные на регулярную сетку в синусоидальной проекции с размером ячейки около 926 м*926 м доступны в архиве NASA в виде стандартизированных информационных продуктов MOD11A1. При хороших атмосферных условиях наблюдения алгоритм обеспечивает точность восстановления температуры в пределах 1°K.

В качестве исходных данных для метода RST использовались значения ночных температур за период с 1 сентября по 11 ноября в течение 2001–2003 гг.

Требуемые данные организованы в виде файлового архива, к которому на основе технологии hVault осуществляется доступ как к реляционной СУБД [10], извлечение и преобразование данных происходит с помощью SQL-запросов.

Для обнаружения отклонений в температурных рядах по индексу η были выделены три пороговых значения индекса: $\eta > 2$, $\eta > 2,5$, $\eta > 3$. На рис. 1 представлены изменения количества аномальных пикселей с выбранными пороговыми значениями на протяжении исследуемого периода для Чуйского (рис. 2, а) землетрясения.

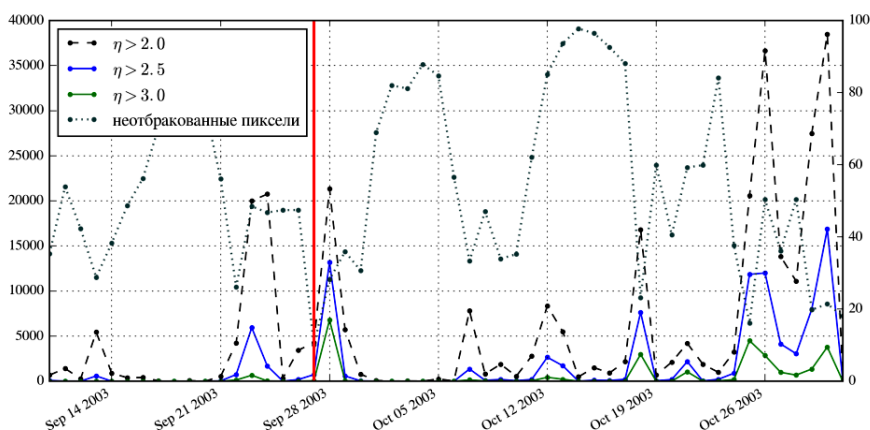


Рис. 1. Количество аномальных пикселей

Проанализируем полученные результаты. Значительная тепловая аномалия возникла 21 и 22 сентября. Напомним, что главный толчок этого землетрясения произошел 27 сентября. Суммарное число пикселей с пороговым значением 2 составило более 16 000, это означает, что площадь аномалии равнялась примерно 16 000 км². Но территориально аномалия не локализована в одном месте (рис. 2) и располагается на значительном расстоянии от эпицентра. Отметим и количество аномальных пикселей с пороговыми значениями 2,5 и 3 равнялось около 6000 и 600 соответственно для 21 сентября и более 1500 с пороговым значением 2,5 для 22 сентября.

После основного события значительные выбросы в температурных рядах появились в 27 октября, а вот с 28 по 30 эти отклонения территориально располагались практически в одном месте (рис. 3).

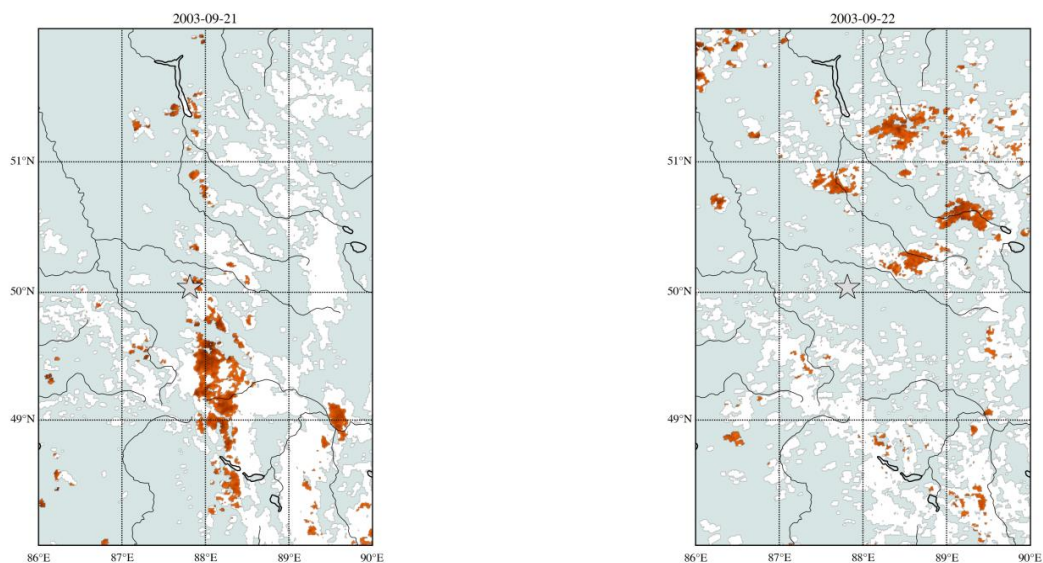


Рис. 2. Пространственное распределение индекса η в дни, предшествовавшие землетрясению. Показаны области со значением $\eta > 2$ (белой звездочкой отмечен эпицентр Чуйского (Алтай) землетрясения; более темный цвет соответствует большему значению индекса; серый цвет показывает области с неопределенным значением температуры)

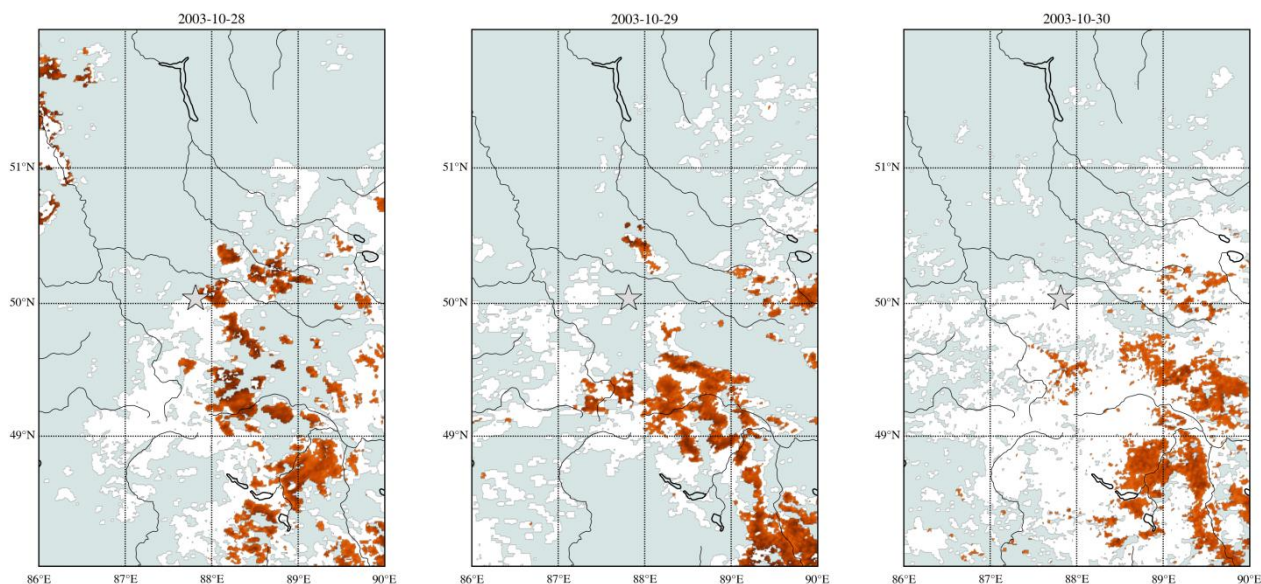


Рис. 3. Пространственное распределение индекса η в дни после Чуйского землетрясения (27.09.2003). Показаны области со значением $\eta > 2$ (более темный цвет соответствует большему значению индекса; серый цвет показывает области с неопределенным значением температуры)

Данные спутникового зондирования температуры поверхности Земли играют весьма важную роль в различных аспектах жизнедеятельности человека, но их неравномерный характер, т.е. наличие нерегулярных попусков в пространственной и временной структурах требует предварительных усилий по заполнению таких промежутков. И только на следующем этапе можно проводить анализ пространственно-временных рядов по обнаружению каких-либо аномальных значений.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Уходящее инфракрасное излучение Земли – индикатор сейсмической активности / В. И. Горный, А. Г. Сальман, А. А. Тронин, Б. В. Шилин // ДАН СССР. – 1988. – Т. 301, № 1. – С. 67–69.
2. Tronin A. A., Hayakawa M., Molchanov O. A. Thermal IR satellite data application for earthquake research in Japan and China // J. of Geodynamics. – 2002. – V. 33. – P. 519–534.
3. Robust satellite techniques for remote sensing of seismically active areas / V. Tramutoli, G. Di Bello, N. Pergola, S. Piscitelli // Ann. di Geofis. – 2001. – 44 (2). – P. 295–312.
4. On the possible origin of thermal infrared radiation (TIR) anomalies in Earthquake-prone areas observed using robust satellite techniques (RST) / V. Tramutoli, C. Aliano, R. Corrado, C. Filizzola, N. Genzano, M. Lisi, G. Martinelli, N. Pergola // Chemical Geology. – 2013. – 339. – P. 157–168, doi:10.1016/j.chemgeo.2012.10.042.
5. Robust satellite techniques for seismically active areas monitoring: a sensitivity analysis on September 7, 1999 Athens's Earthquake / C. Filizzola, N. Pergola, C. Pietrapertosa, V. Tramutoli // Physics and Chemistry of the Earth. – 2004. – 29(4-9). – P. 517–527, doi:10.1016/j.pce.2003.11.019.
6. Robust TIR satellite techniques for monitoring Earthquake active regions: limits, main achievements and perspectives / C. Aliano, R. Corrado, C. Filizzola, N. Genzano, N. Pergola, V. Tramutoli // Annals of Geophysics. – 2008. – Vol. 51, N. 1.
7. RST analysis of MSG-SEVIRI TIR radiances at the time of the Abruzzo 6 April 2009 Earthquake / N. Genzano, C. Aliano, R. Corrado, C. Filizzola, M. Lisi, G. Mazzeo, R. Paciello, N. Pergola, V. Tramutoli // Nat. Hazards Earth Syst. Sci. – 2009. – 9. – P. 2073–2084.
8. Robust satellite technique for monitoring seismically active areas: The case of Bhuj-Gujarat Earthquake / N. Genzano, C. Aliano, C. Filizzola, N. Pergola, V. Tramutoli // Tectonophysics. – 2007. – 431. – P. 197–210.
9. Seismically active area monitoring by robust TIR satellite techniques: a sensitivity analysis on low magnitude Earthquakes in Greece and Turkey / R. Corrado, R. Caputo, C. Filizzola, N. Pergola, C. Pietrapertosa, V. Tramutoli // Natural Hazards and Earth System Sciences. – 2005. – 5. – P. 101–108.
10. Информационная система приема, обработки и доступа к спутниковым данным и ее применение для решения задач мониторинга окружающей среды / Ю. И. Шокин, Н. Н. Добрецов, Е. А. Мамаш, В. А. Кихтенко, П. В. Воронина, В. В. Смирнов, Д. Л. Чубаров // Вычислительные технологии. – 2015. – Т. 20, № 5. – С. 157–174.
11. Чуйское землетрясение и его афтершоки / С. В. Гольдин, В. С. Селезнев, А. Ф. Еманов, А. Г. Филина, А. А. Еманов, Е. В. Лескова и др. // Доклады академии наук. – 2004. – Т. 395, № 4. – С. 1–4.
12. Wan Z., Dozier J. A generalized split-window algorithm for retrieving land-surface temperature from space // IEEE Trans. Geoscience and Remote Sensing. – 1996. – Vol. 34, No. 4. – P. 892–905.

© П. В. Воронина, Д. Л. Чубаров, В. А. Кихтенко, 2017

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ КЛАССИФИКАЦИИ ТРУДНОРАЗЛИЧИМЫХ ТИПОВ РАСТИТЕЛЬНОСТИ ПО ГИПЕРСПЕКТРАЛЬНЫМ ДАННЫМ

Сергей Михайлович Борзов

Институт автоматики и электрометрии СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Коптюга, 1, зав. лабораторией, тел. (383)330-90-33, e-mail: borzov@iae.nsk.su

В статье приведены результаты экспериментальных исследований эффективности ряда методов спектральной и спектрально-пространственной классификации крупноформатного гиперспектрального изображения при различных способах формирования обучающих выборок. Выполнено сравнение точности классификации трудноразличимых типов растительности.

Ключевые слова: дистанционное зондирование Земли, обработка гиперспектральных данных, спектральные и пространственные признаки.

ANALYSIS OF METHODS FOR CLASSIFYING SIMILAR LOOKING VEGETATION USING HYPERSPECTRAL IMAGERY

Sergey M. Borzov

Institute of Automation and Electrometry SB RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, 3 Akademik Koptyug Prospect, head of laboratory, tel. (383)330-90-33, e-mail: borzov@iae.nsk.su

In this paper we present an efficiency analysis of a number of methods for spectral and spectral-spatial classification of the high-resolution hyperspectral images for different approaches to construction of the training set. Classification accuracy comparison for similar looking vegetation is carried out.

Key words: remote sensing, hyperspectral image classification, spectral and spatial features.

Введение. В настоящее время при исследовании Земли из космоса все более широкое применение находят технологии гиперспектральной (ГС) съемки в видимом и инфракрасном диапазонах. Отличительными особенностями регистрируемых при такой съемке данных является узкая ширина и большое количество спектральных каналов, потенциально позволяющие осуществлять анализ тонкой структуры спектров отражения отдельных участков поверхности и их классификацию [1]. Однако на практике изображения большинства объектов оказываются неоднородны, несмотря на то, что соседние пиксели с большой долей вероятности относятся к одному и тому же классу (как правило, сцена состоит из однородных регионов). Для решения данной проблемы применяются одновременный анализ спектральных и пространственных признаков [2]. В частности, широкое распространение получили методы, осуществляющие предварительное сглаживание исходных изображений или постобработку полученных картосхем с целью выбора наиболее достоверного класса пикселя с учетом его ближайшей окрестности.

Достоверную оценку эффективности методов классификации ГС изображений можно получить лишь на основе сопоставления результатов обработки реальных данных и карт наземных наблюдений. Во многих работах подобные исследования выполняются на небольших тестовых фрагментах. При этом в качестве обучающей выборки используется случайный набор пикселей каждого класса, а в качестве контрольной – все оставшиеся. Такой подход позволяет оперативно получить требуемую оценку, однако ее объективность вызывает определенные сомнения в связи с малым объемом обучающих выборок, а также с непрактичностью способа их формирования.

В настоящей работе выполнены сравнительные исследования эффективности метода максимального правдоподобия и спектрально-пространственных алгоритмов на его основе при различных способах формирования обучающих выборок (ОВ) на примере классификации крупноформатного гиперспектрального изображения.

Исходные данные. Исследование эффективности методов классификации данных ДЗЗ проводилось на примере обработки гиперспектрального изображения (рис. 1, а), полученного в рамках программы AVIRIS (Airborne Visible Infrared Imaging Spectrometer) на опытном полигоне Индиан Пайнс (штат Индиана, США). Его размер – 614×2677 пикселей, разрешение – 20 м/пикс., число каналов – 220 в диапазоне 0.4–2.5 мкм.

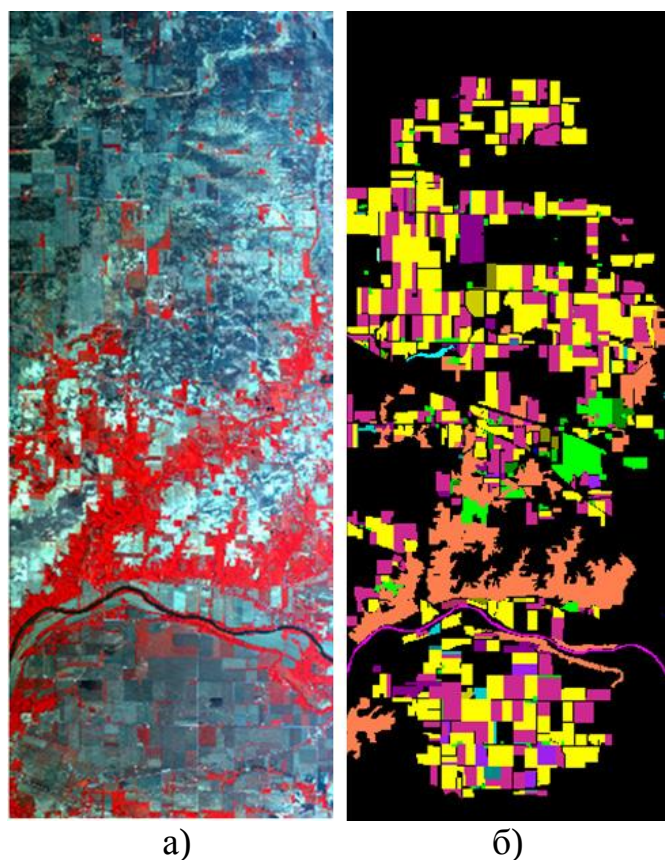


Рис. 1. Исходные данные:

а) RGB композит анализируемого изображения, б) эталонная картосхема классов

По результатам наземных наблюдений выполнено разбиение данного изображения на 58 классов (рис. 1, б), в частности, 15 классов кукурузы и 18 сои, отличающиеся методиками возделывания почвы. Общее количество пикселей в размеченной части изображения 334 245, из них 128 719 (39 %) различные классы кукурузы, 91 770 (27 %) – сои, 63 706 (19 %) – лес, 15 % пикселей относятся к прочим 23 классам.

Сравнение карты наземных наблюдений с изображением показывает, что многочисленные небольшие особенности, визуально различимые на изображении, на ней не отмечены. Кроме того, из-за ранней даты регистрации изображения (12 июня), на ряде участков всходы растительности составляют только малый процент покрытия. Так, область, отмеченная на карте как "Corn-notill", в действительности содержит по большей части участки голой почвы и остатки прошлогодней растительности (рис. 2). Таким образом, не следует ожидать, что каждый пиксель определенной области будет отнесен к классу с ней связанному. Интегральная разделимость классов, оцененная как доля верно классифицированных пикселей при применении метода максимального правдоподобия (с обучением по всем данным), составляет лишь 76.25 %.



Рис. 2. Всходы кукурузы, регион Corn-notill
(данные с сайта <https://purr.purdue.edu>)

Экспериментальные результаты. В данной работе сравнивается эффективность методов классификации ГС изображений, учитывающих локальные окрестности пикселей, при различных способах формирования ОВ. Рассматриваются алгоритмы, использующие как предварительное пространственное усреднение исходных данных (I), так и постобработку картосхем попиксельной спектральной классификации (II). Обе процедуры пространственной обработки выполняются скользящим окном размером 7×7 пикселей, а в качестве спектральной классификации используется метод максимального правдоподобия (ML).

Исследование указанных алгоритмов выполняется при трех способах формирования обучающей выборки:

- случайным образом выбирается 25 % пикселей из всего изображения;
- случайным образом выбирается 50 % пикселей из левой половины изображения;
- выбираются 50 % пиксели «темных» клеток по периодической клетчатой структуре в виде шахматной доски.

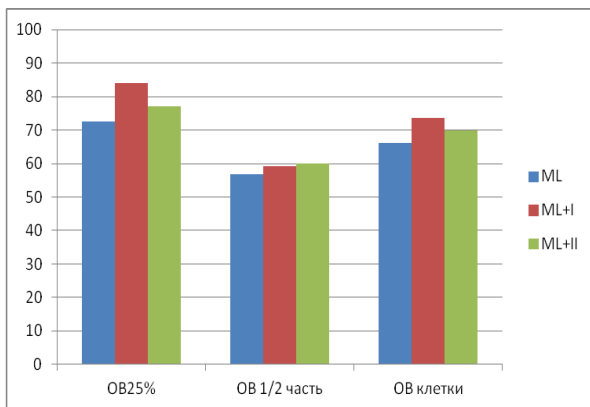
Оценка эффективности классификации выполняется путем сопоставления сформированных картосхем классов и подспутниковых данных (рис. 1, б). В качестве критерия используется так называемая результирующая точность классификации (overall accuracy), определяемая как выраженное в процентах отношение количества верно классифицированных пикселей к их общему количеству. При этом точность классификации рассчитывается:

- по всем классам;
- по основным классам (с объединением подклассов кукурузы и сои в класс кукуруза и класс соя в результирующей картосхеме).

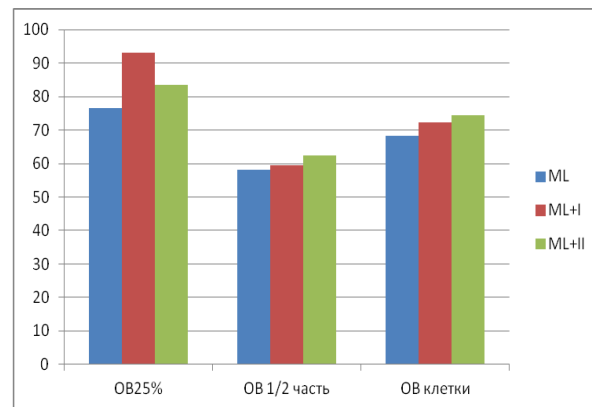
Результаты классификации крупноформатного изображения перечисленными выше методами при 20 и 100 используемых спектральных признаков представлены в рис. 3, 4. Можно видеть, что при ОВ, сформированной случайным образом из всего изображения, большую результативность демонстрирует метод, основанный на предварительном сглаживании изображения. При 20 признаках он позволяет для основных классов повысить точность классификации относительно спектральной на 7–12 %, а при 100 признаках – на 20 % и более, в то время как метод, основанный на постобработке картосхем попиксельной классификации для 20 признаков приводит к увеличению точности лишь на 2 %, а для 100 – от 2 до 5 %.

Однако при выборе ОВ лишь из части изображения эффективность классификации оказывается значительно ниже, а учет пространственных признаков не позволяет добиться ее существенного повышения в не зависимости от количества используемых спектральных каналов. Это объясняется тем, что пиксели одного и того же класса разных пространственных зон снимка имеют несколько отличающиеся параметры, и в результате ОВ, сформированная по части изображения, плохо характеризуют соответствующие классы на всем изображении.

Отметим, что из двух используемых способов формирования ОВ из части изображения более эффективным оказывается способ, основанный на клетчатой структуре. Он, очевидно, более точно характеризует параметры каждого класса на всем изображении, поскольку в определенной степени исключает влияние неоднородности характеристик регистрирующей системы по полю зрения.

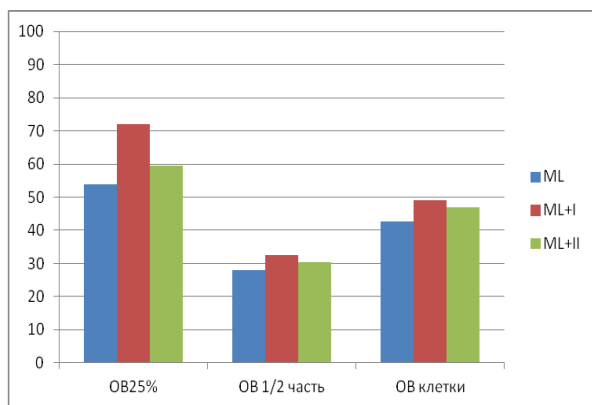


а)

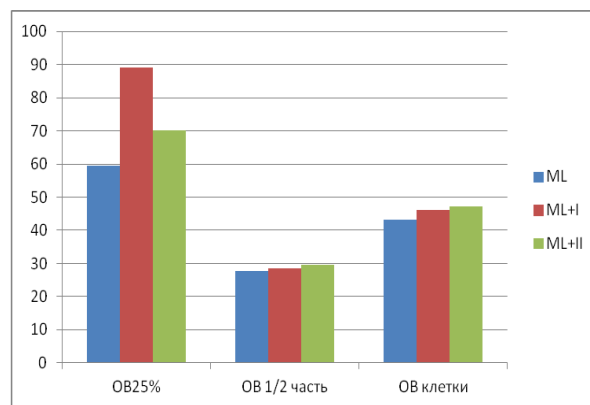


б)

Рис. 3. Точность методов классификации на базе ML при различных обучающих выборках в случае использования 20 (а) и 100 (б) признаков для основных классов



а)



б)

Рис. 4. Точность методов классификации на базе ML при различных обучающих выборках в случае использования 20 (а) и 100 (б) признаков для всех классов

Заключение. Выполнено сравнение эффективности спектральной и спектрально-пространственной классификации крупноформатных гиперспектральных изображений при различных способах формирования обучающих выборок. Первый способ заключается в случайном выборе пикселей из всего изображения, второй – из некоторой его части. Установлено, что при формировании ОБ из всего изображения точность классификации основных типов поверхности составила 72,5 %, а пространственная обработка позволила ее повысить до 93,1 %. Точность классификации при обучении по части изображения не превысила 56,8 %. Применение предварительной пространственной обработки улучшило результаты на ~3 %.

В случае разделения подклассов кукурузы и сои при формировании ОВ из всего изображения точность составила 53,8 %, а пространственная обработка позволила ее повысить до 72,1 %. При формировании ОВ из части изображения точность составила лишь 27,9 %, а применение пространственной обработки практически нечего не дало. При использовании большего количества признаков расхождение в оценках еще более значительное. Так, в случае 100 признаков для ОВ, сформированной из всего изображения, точность составила 59,6 %, а после предварительной пространственной обработки достигла 89,2 %, тогда как для ОВ близкого объема, сформированной из части изображения, точность не превысила 43,1 % и практически не менялась при пространственной обработке.

Таким образом, показано, что качественная классификация трудноразличимых подклассов растительности достижима только при использовании обучающих выборок с максимальной степенью распределения пикселей по изображению.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бондур В. Г. Современные подходы к обработке больших потоков гиперспектральной и многоспектральной аэрокосмической информации // Исследование Земли из космоса. – 2014. – № 1. – С. 4–16.
2. Борзов С. М., Потатуркин О. И. Исследование эффективности спектрально-пространственной классификации данных гиперспектральных наблюдений // Автометрия. – 2017. – № 1. – С. 32–42.

© С. М. Борзов, 2017

СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ НЕКОТОРЫХ ЗАВИСИМОСТЕЙ КЛИМАТИЧЕСКИХ ДАННЫХ НОВОСИБИРСКОЙ ОБЛАСТИ ЗА 36 ЛЕТ

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

Людмила Юрьевна Анопоченко

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

Наталья Сергеевна Богданова

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плеханова, 10, студент, тел. (996)382-40-69, e-mail: natasha-bogdanova-2016@mail.ru

В статье анализируются некоторые климатические данные по Новосибирской области за 36 лет, проверяется нормальность распределения данных, выявляются некоторые зависимости этих данных между собой, строятся графики линейной регрессии и исследуется разброс данных относительно этих графиков.

Ключевые слова: статистический анализ, климатические данные, нормальный закон распределения, коэффициент корреляции, критерий Пирсона, линия регрессии.

STATISTICAL ANALYSIS OF SOME CLIMATIC DEPENDENCIES OF NOVOSIBIRSK REGION DATA FOR 36 YEARS

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

Liudmila Yu. Anopchenko

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., Ph. D., Assoc. Prof., Department of Ecology and Land Management, tel. (383)361-08-86, e-mail: milaa2006@ngs.ru

Natalia S. Bogdanova

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., student, tel. (996)382-40-69, e-mail: natasha-bogdanova-2016@mail.ru

Some climatic data for Novosibirsk region (for 36 years) are analyzed, normality of data distribution is checked, some dependencies between these data are revealed, graphs of linear regression are constructed and the data scattering with regard to these graphs is examined.

Key words: statistical analysis, climate data, normal law of distribution, correlation coefficient, Pearson's criterion, the regression line.

В XX веке в связи с развитием метеорологии впервые стали возможны точные измерения климатических показателей практически на всей территории планеты. В этом же столетии впервые и очень остро встал вопрос о глобальном воздействии человека на климат планеты.

Характерным для современной эпохи является научно-технический прогресс, охвативший индустриально развитие страны мира. Сопутствующее прогрессу интенсивное развитие различных отраслей промышленного производства, воздушного и автомобильного транспорта привело к значительному загрязнению атмосферы химическими примесями. Это создало угрозу нарушения о равновесия в природе [1].

В системной литературе приведены следующие временные интервалы: период похолодания (до 20-х гг. XX в.), период потепления (до конца 40-х гг.) и период последующего похолодания (в 50-х, 60-х, 70-х гг. XX в.), потепления (до конца XX в.), аналогичные тенденции потепления наблюдаются в начале XXI в. Анализируя литературные источники, можно сделать выводы, что в XX и начале XXI в. на территории Новосибирской области наблюдалось незначительное увеличение суммарного количества осадков по сравнению со среднемноголетними месячными суммами количества осадков [2, 3].

В статье исследуются климатические данные [4] по Новосибирской области: содержание кислорода в воздухе, температура и влажность воздуха за период 1967–2002 годы.

Цель данной работы: выявление зависимостей вышеперечисленных данных друг от друга.

Каждая выборка данных проверялась на нормальность распределения по критерию χ^2 . По средним интервальным данным рассчитывались коэффициенты корреляции парной зависимости. Данные корреляции уточнялись с помощью t-критерия Стьюдента. Для проверки распределений на предмет соответствия нормальному закону вычисляем выборочную среднюю (математическое ожидание) и среднее квадратическое отклонение, а затем вычисляем теоретические частоты. С помощью критерия согласия Пирсона (χ^2) проверялась гипотеза о том, что данные распределены по нормальному закону.

В табл. 1 приведены результаты расчетов, согласно которым все выборки имеют нормальное распределение, кроме одной (декабрьской), которая имеет распределение Пуассона. Критерий χ^2 (табл. 1, последняя строка) для декабря месяца не позволяет сделать вывод о нормальности распределения содержания кислорода. Поэтому в дальнейших расчетах декабрьские данные не рассматривались.

Вышеперечисленные расчеты позволяют сделать вывод о том, что распределения рассматриваемых выборок подчиняются нормальному (гауссовому) закону распределения, что делает возможным использование коэффициента корреляции, который предполагает возможное наличие линейной связи между признаками.

Таблица 1

Месяц	Температура (X)			Влажность (Y)			Содержание кислорода (Z)		
	М	σ	χ^2	М	σ	χ^2	М	σ	χ^2
Январь	–15,7	4,38	1.72	83,6	3,35	3.5	320,9	7,25	7.04
Февраль	–14,6	3,95	5.07	81,8	4,26	3.67	319,3	6,47	4.2
Март	–8,6	3,18	1.35	77,9	3,14	1.28	310,1	5,07	0.29
Апрель	2,2	3,05	0.65	67,2	7,03	3.77	298,1	2,47	8.32
Май	10,3	2,36	4.68	58,7	6,08	0.7	288,7	1,86	7.32
Июнь	17,3	1,8	5.19	65,2	5,69	4.74	280,8	1,63	7.81
Июль	18,8	1,6	0.94	71,9	4,97	1.96	276,5	1,45	0.91
Август	16,4	1,54	4.57	74,6	5,19	1.38	280,4	1,18	1.8
Сентябрь	10,5	1,6	6.28	74,2	5	1.57	288,8	1,36	4.41
Октябрь	1,6	2,26	0.68	79,3	4,59	0.99	297,5	2,07	4.51
Ноябрь	–7,8	3,7	2.37	84,2	3,7	1.31	310	5,95	5.69
Декабрь	–11,2	7,48	8.23	83,9	3,01	1.96	317,6	6,04	9.79

Выборочный парный коэффициент корреляции, найденный по конечному числу статистических данных, практически всегда отличен от нуля, однако не всегда неизвестный парный коэффициент корреляции в генеральной совокупности также не равен нулю, поэтому корреляционная зависимость обеспечивается конечным числом статистических данных. Требуется дополнительно осуществить проверку предположения о значимости коэффициента корреляции, на пример с помощью t-критерия.

Далее были рассмотрены подробно парные зависимости факторов X, Y и Z между собой. В ходе исследования выяснилось, что факторы Y и Z проявили слабую зависимость между собой, поэтому в дальнейших исследованиях они не фигурируют.

При исследовании парной зависимости X и Z была выявлена сильная обратная зависимость. Результаты приведены в табл. 2.

По данным 3 столбца табл. 2 во всех перечисленных месяцах выяснилось, что экспериментальные данные не противоречат гипотезе о зависимости случайных величин X и Z.

Климатические изменения являются результатом комплексного воздействия антропогенных, связанных с деятельностью человека (например, повышение концентрации CO₂) и естественных факторов, таких как температура воздуха, влажность воздуха, содержание кислорода в воздухе и др.

По результатам исследований можно утверждать, что от температуры воздуха напрямую зависит содержание кислорода в воздухе. При большей температуре газа скорость молекул увеличивается, и их количество на единицу объема сокращается. Таким образом, с повышением температуры содержание кислорода будет снижаться. Данное утверждение подтверждается диаграммами рассеяния (рис. 1–4).

Таблица 2

Месяц	r_{xz} корреляции	Проверка гипотезы зависимости случайных величин X и Z	Уравнение линейной регрессии
Январь	-0.986	$t = 33,93 > t_{кр.\alpha} = 2,576$	$Z = 295,81 - 1,56 X$
Февраль	-0.985	$t = 32,97 > t_{кр.\alpha} = 2,576$	$Z = 296,56 - 1,56 X$
Март	-0.965	$t = 21,59 > t_{кр.\alpha} = 2,576$	$Z = 299,51 - 1,44 X$
Апрель	-0.812	$t = 8,10 > t_{кр.\alpha} = 2,576$	$Z = 300,49 - 0,781 X$
Май	-0.876	$t = 10,58 > t_{кр.\alpha} = 2,576$	$Z = 296,715 - 0,69 X$
Июнь	-0.825	$t = 8,5 > t_{кр.\alpha} = 2,576$	$Z = 293,82 - 0,75 X$
Июль	-0.730	$t = 6,25 > t_{кр.\alpha} = 2,576$	$Z = 289,59 - 0,65 X$
Август	-0.763	$t = 6,87 > t_{кр.\alpha} = 2,576$	$Z = 290,15 - 0,58 X$
Сентябрь	-0.697	$t = 5,67 > t_{кр.\alpha} = 2,576$	$Z = 295,23 - 0,59 X$
Октябрь	-0.746	$t = 6,53 > t_{кр.\alpha} = 2,576$	$Z = 299,101 - 0,73 X$
Ноябрь	-0.902	$t = 12,16 > t_{кр.\alpha} = 2,576$	$Z = 299,66 - 1,29 X$

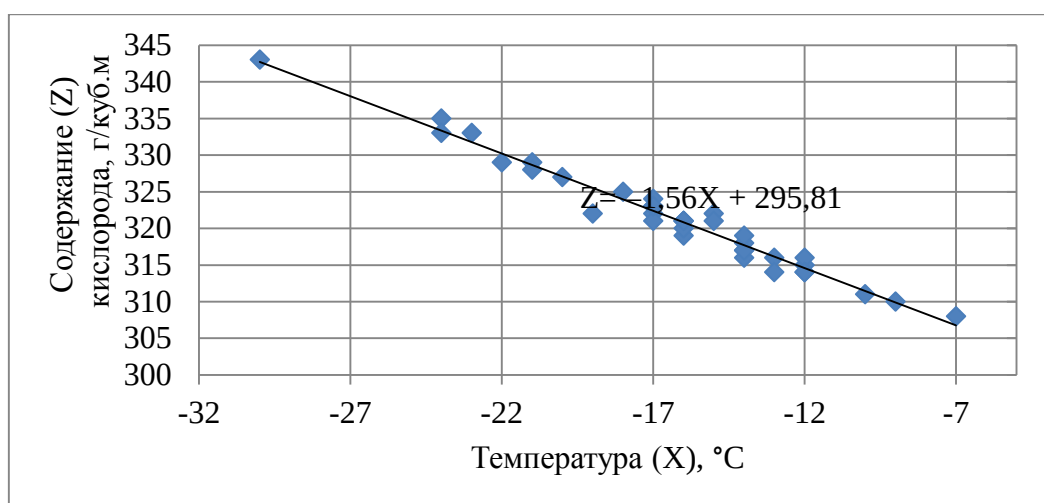


Рис. 1. Диаграмма рассеяния января

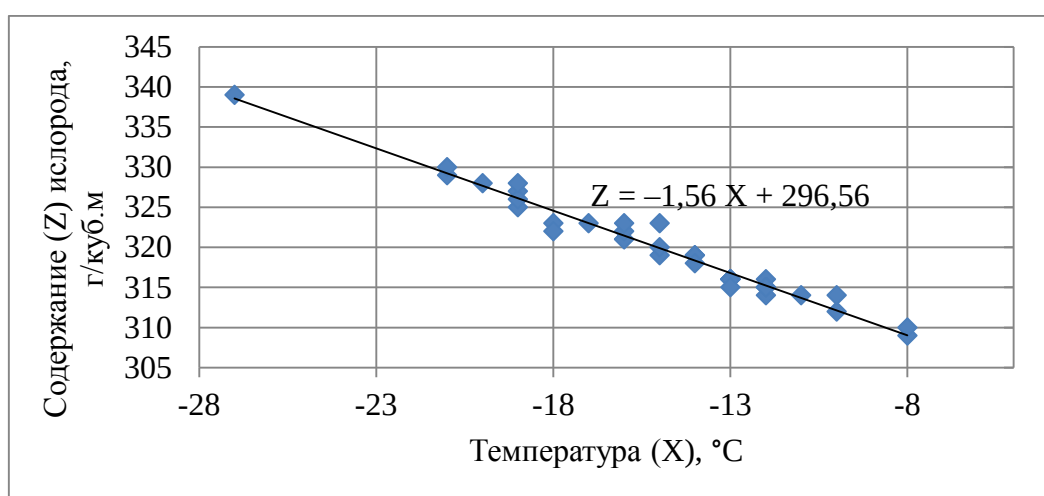


Рис. 2. Диаграмма рассеяния февраля

Диаграммы (рис. 1–3) показывают очень малое рассеяние наблюдаемых данных относительно линии регрессии. На последней диаграмме (рис. 4) разброс данных относительно линии регрессии существенно увеличился, что говорит о возможном влиянии других неучтенных факторов.

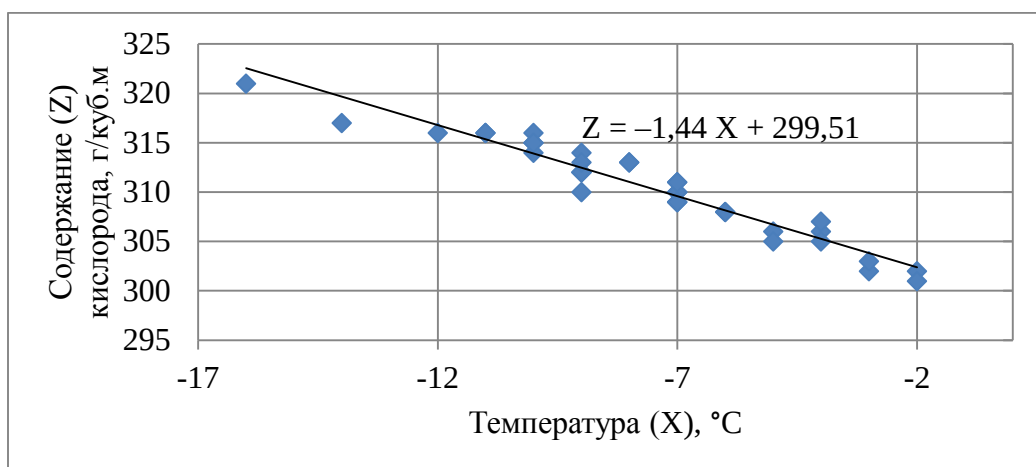


Рис. 3. Диаграмма рассеяния марта

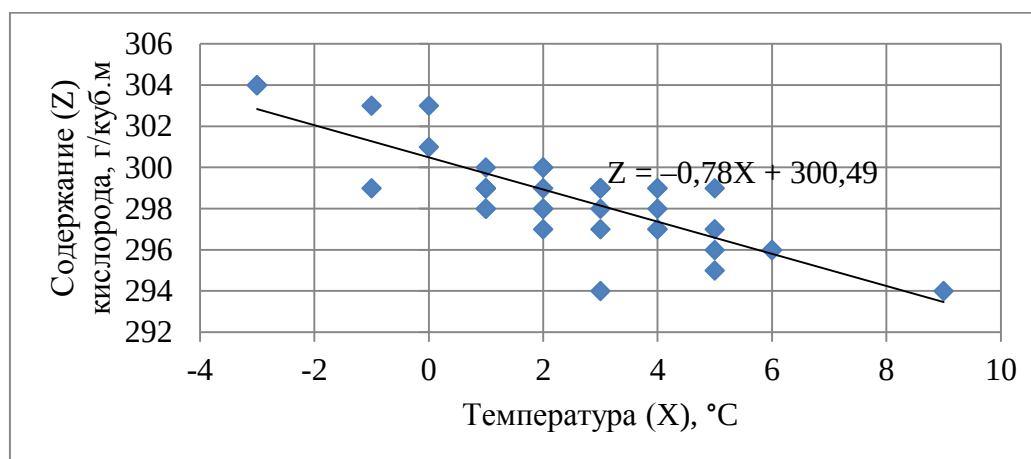


Рис. 4. Диаграмма рассеяния апреля

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Анопченко Л. Ю., Баранова Е. И., Бочкарева И. И. Экология : учеб. пособие. – Новосибирск : СГУГиТ, 2016. – 152 с.
2. Анопченко Л. Ю. Климат в XX веке и обсыхание озер Барабинской равнины // ГЕО-Сибирь-2005. Науч. конгр. : сб. материалов в 7 т. (Новосибирск, 25–29 апреля 2005 г.). – Новосибирск : СГГА, 2005. Т. 5.– С. 128.
3. Анопченко Л. Ю., Луговская А. Ю. Использование различных методов для экологического мониторинга атмосферного воздуха // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2014. X Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Дистанционные методы зондирования Земли и фото-

грамметрия, мониторинг окружающей среды, геоэкология» : сб. материалов в 2 т. (Новосибирск, 8–18 апреля 2014 г.). – Новосибирск : СГГА, 2014. Т. 2. – С. 84–88.

4. Статистика городов России [Электронный ресурс] / Статистика погоды по годам; ред. Кравцев Л. С. – Режим доступа: <http://www.atlas-yakutia.ru>, свободный.

5. 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.

© Г. П. Мартынов, Л. Ю. Анощенко, Н. С. Богданова, 2017

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ СОСТАВЛЯЮЩАЯ В КАДАСТРОВЫХ РАБОТАХ В ОТНОШЕНИИ ЗЕМЕЛЬНЫХ УЧАСТКОВ, ЗАНЯТЫХ ВОДНЫМИ ОБЪЕКТАМИ ИСКУССТВЕННОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ

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

Людмила Константиновна Трубина

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

Пруды и затопленные карьеры на землях населенных пунктов более подвержены экологическому дисбалансу по сравнению с естественными водными объектами, так как в силу своего короткого периода существования и малых объемов воды не обладают достаточной устойчивостью к антропогенным воздействиям. Учет экологической составляющей является достаточно актуальным при проведении кадастровых работ в отношении земельных участков с такими водными объектами искусственного происхождения.

Ключевые слова: земельный участок, водный объект, береговая полоса, экологические характеристики, антропогенное воздействие.

ECOLOGICAL COMPONENT OF CADASTRAL WORKS AS REGARDS LAND PLOTS WITH ARTIFICIAL RESERVOIRS

Igor M. Lamkov

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

Lyudmila K. Trubina

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., D. St., Prof., Department of Ecology and Land Management, tel. (383)361-08-86, e-mail: kaf.ecolog@ssga.ru

Ponds and flooded career in the land settlements more susceptible to environmental imbalance, compared with natural water objects, as because of their short duration and small volumes of water are not sufficiently resistant to human impacts. Addressing the environmental component is quite relevant when carrying out cadastral works concerning the ground areas with such water bodies of artificial origin.

Key words: land plot, water object, foreshore, environmental characteristics, human impact.

Рациональное и эффективное использование водных ресурсов является важным элементом планирования концепции территориального развития урбанизированных территорий [1]. Среди водных объектов искусственного проис-

хождения в отдельную категорию выделяются пруды и обводненные карьеры, поскольку земельные участки с такими водными объектами могут быть предоставлены в собственность [2, 3]. Гражданским кодексом земельные участки с искусственными водоемами отнесены к недвижимому имуществу [4], однако их постановка на государственный кадастровый учет осложняется отсутствием методики кадастровых работ, которая бы учитывала особенности техногенной природы возникновения водных экосистем.

Затопленные карьеры, пруды, также как и естественные водные объекты непрерывно взаимодействуют с урбанизированными территориями. Однако, в отличие от крупных водных объектов, рукотворные аквасистемы из-за короткого периода существования и недостаточно больших объемов воды не обладают достаточной устойчивостью перед антропогенными воздействиями [5]. Пруды и затопленные карьеры уязвимы перед источниками загрязнения и в правовом статусе, так как не относятся к водным объектам, для которых устанавливается водоохранная зона и прибрежная защитная полоса. Следует отметить, что при определении кадастровой стоимости не учитывается экологическое состояние водоема.

Экологическое состояние водного объекта взаимосвязано с санитарно-эпидемиологическими показателями воды. Несоответствие качества воды гигиеническим нормативам даже по одному показателю приводит к ограничению водопользования, что является неприемлемым для собственника водного объекта.

Водные экосистемы рукотворного происхождения находятся во взаимосвязи со многими компонентами окружающего ландшафта – рельефом, почвами и растительностью. Изменение береговой линии вследствие эрозионных процессов приводит к земельным спорам с собственниками соседних земельных участков. Разрушение береговых склонов, осыпание грунта, вымывание пород способствует изменениям морфологии дна, поэтому требуется информация о подводном рельефе и основных морфометрических характеристиках водоема.

Поэтому, при проведении кадастровых работ в отношении земельных участков, занятых прудами и обводненными карьерами, требуется разработка научно-обоснованных подходов, учитывающих их особенности.

На основании проведенного обзора научно-технической литературы [6–11], предлагаются экологические характеристики и методы их сбора для земельного участка, занятого водным объектом искусственного происхождения при постановке на государственный кадастровый учет (рис. 1).

Перечисленные экологические характеристики могут использоваться при обосновании факторов, влияющих на кадастровую стоимость объекта недвижимости.

Предоставление в собственность земельных участков, занятых водными объектами, сопровождается возникновением спорного вопроса о правовом статусе береговой полосы вдоль водоема шириной 20 м. Традиционно, границы земельного участка с водоемом устанавливаются по линии пересечения воды с сушей (по положению береговой линии), как представлено на рис. 2.



Рис. 1. Экологические характеристики и методы их сбора для земельного участка, занятого водным объектом искусственного происхождения



Рис. 2. Границы земельного участка, занятого водным объектом

Уровень воды может изменяться в короткий промежуток времени, поэтому береговая линия представляет собой условное понятие границы водного объекта, а также занимаемого им земельного участка.

В целях регулирования вопроса о правовом статусе береговой полосы и формирования защитной зоны от источников антропогенного воздействия (непосредственного сброса сточных вод, стоянки автотранспорта, размещения бытовых отходов), предлагается иная схема установления границ предоставляемого в собственность земельного участка, занятого водным объектом искусственного происхождения (рис. 3).



Рис. 3. Предлагаемые границы земельного участка, занятого водным объектом искусственного происхождения

Подготовка сведений о местоположении береговой полосы в составе кадастровых данных является важной составляющей как обеспечения экологической безопасности аквасистемы техногенного происхождения, так и защиты прав собственника объекта недвижимости.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Зятькова Л. К. Методы геоэкологической паспортизации природных объектов и новая кадровая политика : монография. – Новосибирск : СГГА, 2009. – 274 с.
2. Волков Г. А. Правовой режим прудов и обводненных карьеров: кто собственник? // Экологическое право. – 2012. – № 5. – С. 24–27.
3. Лёмкина Е. Н. Право собственности на водные объекты // Сибирский юридический вестник. – 2010. – № 3 (50). – С. 57–62.
4. Гражданский кодекс Российской Федерации (ГК РФ) от 30.11.1994 № 51-ФЗ (принят ГД ФС РФ 21.10.1994) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.consultant.ru/popular/gkrfl/>.
5. Хомич С. А. Карьерные водоемы как лимнические системы // Вестник Белорусского государственного университета. Сер. 2. География. – 1986. – № 1. – С. 73–74.
6. Афанасьев Ю. А., Фомин С. А. Мониторинг и методы контроля окружающей среды Ч. 1. – М. : МНЭПУ, 1988. – 468 с.

7. Галеева А. И., Мингазова Н. М. Использование универсальной лимно-экологической классификации для региональной типизации и инвентаризации озерного фонда на примере г. Казани // Известия Самарского научного центра РАН. – 2010. – Т. 12 (33), № 1(4). – С. 925–929.
8. Карпик А. П. Методологические и технологические основы геоинформационного обеспечения территорий : монография. – Новосибирск : СГГА, 2004. – 260 с.
9. Николаева О. Н. Геоинформационное моделирование природно-ресурсных данных для эффективного управления природопользованием региона // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2016. XII Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Глобальные процессы в региональном измерении: опыт истории и современность» : сб. материалов в 2 т. (Новосибирск, 18–22 апреля 2016 г.). – Новосибирск : СГУГиТ, 2016. Т. 2. – С. 157–162.
10. Николаева О. Н. Использование картографических моделей природных ресурсов на различных этапах ведения рационального природопользования // Вестник СГГА. – 2015. – Вып. 3 (31). – С. 79–86.
11. Трубина Л. К., Селезнев Б. В., Панов Д. В. Геоинформационный анализ форм рельефа для оценки земель г. Новосибирска // 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. 54–58.

© И. М. Ламков, Л. К. Трубина, 2017

ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ БИОЗЕМЛЕДЕЛИЯ И ЗАКОНА ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВ

Юрий Степанович Ларионов

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плеханова, 10, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, кафедра экологии и природопользования, тел. (383)351-19-24, e-mail: larionov42@mail.ru

Ольга Александровна Ларионова

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плеханова, 10, кандидат сельскохозяйственных наук, тел. (383)351-19-24, e-mail: larionov42@mail.ru

Николай Александрович Ярославцев

ООО «ЭкоПроба», 644120, Россия, г. Омск, п.г.т. Дальний, 20, оф. 19, научный консультант, тел. (3812)348-369, e-mail: yaroslavcev_na@mail.ru

Рассмотрены основные экологические функции почв, в связи с биоземледелием и законом плодородия почв, с целью углубить системное понимание эволюционной и экологической сущности почвы и ее плодородия. Последнее обусловлено рядом экологических процессов, имеющих прямое отношение к большому и малому круговоротам веществ в биосфере. Экологические особенности плодородия почв дают возможность проводить целенаправленный поиск технологических приемов обеспечивающих сохранение и повышение плодородия почв при возделывании сельскохозяйственных растений.

Ключевые слова: почва, органическое вещество, минеральные элементы, гумус, биомасса, биосфера, экология, эволюция.

ENVIRONMENTAL IMPORTANCE OF BIODEGRAPHY AND THE LAW OF FERTILITY OF SOILS

Yury S. Larionov

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., D. Sc., Prof., Department of Ecology and Natural Resources Management, tel. (383)361-08-86, e-mail: larionov42@mail.ru

Olga A. Larionova

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., Ph. D., tel. (383)361-08-86, e-mail: larionov42@mail.ru

Nikolay A. Yaroslavtsev

“EcoProba” company, 644120, Russia, Omsk, 20 set.of city type Dalny, of. 19, scientific consultant, tel. (3812)348-369, e-mail: yaroslavcev_na@mail.ru

The main ecological functions of soils are considered in connection with biomass and the law of soil fertility, in order to deepen the systemic understanding of the evolutionary and ecological essence of the soil and its fertility. The latter is due to a number of ecological processes that are directly related to the large and small cycles of substances in the biosphere. Ecological features of soil

fertility make it possible to conduct a purposeful search for technological methods that ensure conservation and improvement of soil fertility in the cultivation of agricultural plants.

Key words: soil, organic matter, mineral elements, humus, biomass, biosphere, ecology, evolution.

Современное состояние научных исследований и сформированные на их основе концепции и представления, на базе огромного количества экспериментального материала, часто сталкиваются с недостаточной воспроизводимостью и противоречиями в их трактовке, которые носят системный характер и труднопреодолимы в связи с отсутствием универсальных обобщающих идей, теорий и законов. Фактически, говоря о науке в широком обобщающем аспекте, можно констатировать, что период описания и зарисовок с натуры (анализ и статистика) закончился. Настало время заниматься обобщением (синтезом) изученного ранее в деталях материала, и делать выводы. Образно выражаясь, пришло время собирать плоды предыдущей деятельности и формировать реальное мировоззрение, чтобы слышать, видеть и понимать мир (эволюцию материи, нашей планеты и Вселенной), т. е. современный период развития науки совершенно другой. Сегодня ни одна модель не будет работать без глубокого знания законов сложнейших взаимодействий различных уровней организации материи. Из общей и сельскохозяйственной экологии хорошо известно значение почвы для биосферы и человечества как главного средства сельскохозяйственного производства, обеспечивающего основную массу продуктов питания. При этом наиважнейшим свойством почвы является ее плодородие и роль в круговороте веществ в биосфере [1–9]. Критический анализ влияния современных технологий возделывания культурных растений на деградацию земель и повсеместное падение почвенного плодородия позволил нам разработать и предложить новый подход (парадигму, концепцию) наращивания плодородия и использования почвы в сельскохозяйственной отрасли. Он назван нами биоземледелием [7–9], а разрабатывая принципы биоземледелия мы смогли сформулировать закон плодородия почв.

Биоземледелие – это управляемый человеком процесс возделывания культурных растений и повышения плодородия почвы в конкретных агроэкологических условиях, основанный на взаимодействии с другими видами растений, животными, микроорганизмами, обеспечивающим их защиту от болезней, вредителей и сорных растений биологическим путем. Биоземледелие, основанно на законе плодородия почв, имеет три тесно взаимосвязанных блока (систему). 1. Блок корнеоборота. 2. Эдафитный блок. 3. Эпифитный блок, в которых осуществляются специфические процессы.

Говоря о почве в масштабах биосферы следует отметить, что она является одним из важнейших ее компонентов, а закон плодородия почв в агроэкологическом аспекте звучит так: плодородие почвы в любой агроэкологической зоне пропорционально балансу органического вещества в ней и подвижных минеральных элементов, находящихся в биосферном круговороте. Включает синтез

органического вещества и всей биоты в агроэкосистеме, разложение и трансформацию его в сложные органо-минеральные комплексы, минерализацию, гумификацию и другие процессы (Ю. С. Ларионов, [7–9]).

Фактически почву необходимо представлять сложнейшей агроэкологической системой, сформировавшейся на основе многомиллионной эволюции нашей планеты [3–11, 13, 14]. Она как научный объект населенный живыми организмами, взаимодействует с окружающей средой и оказывает, в свою очередь, влияние на все геосферы (литосферу, атмосферу и гидросферу). В процессе почвообразования на Земле произошло существенное изменение всех геосфер и, прежде всего, литосферы.

Горная порода становится почвой, только тогда, когда она приобретает экологические функции. Ученик В. В. Докучаева В. И. Вернадский [2] развил учение о биосфере и биокосных телах, к которым он отнес почву. Он считал, что главная заслуга В. В. Докучаева в том, что он открыл целый класс природных тел, образование которых сопряжено с взаимодействием живой и неживой природы. К таким телам относят почву, воды морей, озер, рек, болота, нижние слои атмосферы, донные отложения водоемов. Главная особенность биокосных тел – они компоненты экосистем и в целом биосферы.

Современное почвоведение рассматривает почву не только как результат почвообразовательного процесса, но и как многофункциональную природную структуру, играющую огромную и разнообразную экологическую роль в биосфере. Оценивая почву как природное тело, обладающее экологическими функциями, следует определить само содержание понятия «экологическая функция». Г. В. Добровольский Е. Д. Никитин, В. А. Ковда, Б. Г. Розанова [3–5] относят к экологическим функциям воздействие почв на живые организмы и другие природные тела. Рассматривая экологические функции почв как проявление свойств природного тела, следует помнить, что разные почвенные фазы (воздух, вода, твердая фаза) играют неодинаковую роль в реализации функций. Кроме того, сам объем понятия функций не очень четко определен. Функцией можно считать снабжение растений питательными веществами вообще, или, например, одним калием. Кроме того, одно и то же свойство почвы участвует в реализации разных функций почвы. Так, кислотность почв действует на функцию снабжения растений питательными веществами, устойчивость растений к вредителям, грибным заболеваниям и является показателем потребности почв в мелиорации.

В настоящее время вполне определенно установлено, что устойчивость экологических функций почв обеспечивающих круговорот элементов в экосистемах является основным условием устойчивости биосферы в целом, а следовательно, и устойчивости обеспечения жизни на Земле.

С известной долей условности все эти функции можно разделить на три группы: глобальные, общебиосферные и биогеоценотические. Их совокупность Г. В. Добровольский [3] резюмирует следующим образом.

1. Почва – это уникальная среда обитания наземных организмов, обеспечивающая почвенную биоту водой, воздухом, минеральными и органическими

элементами питания, защиту от экстремальных гидротермических и других колебаний внешней среды.

2. Почва выполняет в экосистемах функцию связующего звена в биологическом круговороте веществ и энергии, иначе говоря, почвенный покров Земли представляет собой связующее звено между биосферой, атмосферой, гидросферой и литосферой.

3. Биологическая продуктивность, т. е. плодородие почв, является основным источником питания не только человечества, но и всего наземного мира живых существ.

На основании принципов действия функции можно разделить на следующие группы:

1. Химические:

- трансформация состава природных веществ (минералов, других неорганических и органических соединений, живых организмов);
- синтез новых веществ, включая комплексы и смеси;
- каталитическая активность.

2. Биохимические:

- деструкция органических веществ;
- воспроизводство гумуса.

3. Биологические:

- накопление биологических и органических веществ, стимуляторов и ингибиторов;
- среда обитания живых организмов;
- источник питательных веществ и воды;
- стимулятор и ингибитор жизнедеятельности.

4. Физико-химические:

- сорбция и десорбция веществ;
- диффузия веществ;
- окислительно-восстановительный режим;
- кислотнo-щелочная буферность почв.

5. Физические:

- механическая опора;
- устойчивость к дефляции;
- континентальное аэрозольное соленакопление;
- влияние на остаточные электромагнитные поля.

Кроме этого почвой регулируются водный и тепловой режимы экосистем. Обмен теплом и водой между почвой и атмосферой часто замедлен из-за того, что верхний слой почвы мульчирует более глубокие горизонты и замедляет диффузию водяного пара и теплоты. В результате в почве сохраняется влага и уровень температуры, обеспечивающие функционирование растений, микроорганизмов и почвенных животных.

Кроме того, имеются еще многие другие, частные экологические функции, например информационная, которая также обуславливает определенную роль почв в биосфере. Как только среднесуточная температура почвы переходит рубеж 5°C , то в почве резко возрастает подвижность таких питательных веществ, как Р, К, NH_4 . Другими словами, это сигнал для начала вегетационного периода большинства растений, для начала накопления и потребления питательных веществ из почвы. Следующий температурный градиент – $10\text{--}12^{\circ}\text{C}$ – информационный сигнал для прорастания многих видов культурных и сорных растений, таких как овсюга и большей части других однолетних сорняков. Но, например, такие сорняки, как щирица и куриное просо в посевах картофеля и кырлык (гречиха татарская) в посевах яровой пшеницы ожидают дополнительных сигналов, тем самым уходя от большинства отработанных годами мероприятий по борьбе с сорняками. К этому же виду явлений относится массовое появление растений одуванчика и др.

Явление сорбции веществ частицами почвы длительное время не привлекало внимания исследователей. Лишь благодаря работам сибирских ученых стало понятно, что процесс сорбции – функция минеральной, органической и органоминеральной матриц, которые представляют собой поверхность всех почвенных частиц, составляющих почвенную массу. Почвенная матрица определяет сорбцию катионов, матричный потенциал почвенной воды и ряд других свойств, имеющих важное экологическое значение для растений [1, 8, 9, 12 и др.]

С экологической точки зрения почва – источник вещества и энергии для биоты. Как отмечает В. Ковда [4, 5] в ней обычно выделяют три фазы: твердую, жидкую и газообразную. При рассмотрении почвы как компонента биосферы целесообразнее принимать ее за пятифазную систему. Это – органическое вещество (не разложившееся, гумифицированное, полуразложившееся), минеральное вещество, почвенный раствор, почвенный воздух и живое вещество. Общий запас энергии почвы составляется из энергии всех этих фаз.

Энергия, связанная с почвенным органическим веществом и гумусом, закономерно убывает с глубиной [1, 9, 15, 17–19], т. е. находится в соответствии с распределением гумуса в почвенном профиле. Начало этому процессу дает фотосинтез, причем фотосинтезирующие организмы усваивают в среднем не более 0,5 % приходящей на земную поверхность солнечной энергии, и лишь от 2 до 5 % этой энергии аккумулируется в почвенном гумусе, т. е. на формирование почвенного гумуса идет около 0,01–0,02 % поступающей солнечной энергии. Но и этого незначительного количества вполне достаточно для обеспечения непрерывного процесса жизнедеятельности биоты и поддержание почвенного плодородия.

Исследованиями И. М. Абловой в условиях Западной Сибири было установлено, что величина ФАР (фотосинтетически активная радиация Солнца), поступающая к посевам в период с температурой выше 10°C , в условиях Западной Сибири широтно изменяется от 700 до 1400 МДж/м. Наблюдения за величиной использования ФАР посевами яровой пшеницы (1955–2000) показали, что в Омской и Новосибирской областях она составила лишь 0,37–0,38 % при-

ходящей ФАР, в Томской и Кемеровской областях – 0,44–0,45, а максимум – 0,52 – в Тюменской области. За этот период за счет технологии возделывания существенно повысилась средняя урожайность зерновых культур в Омской области – с 0,9 до 1,24 т/га, в Томской – с 0,99 до 1,37 и Кемеровской – с 1,02 до 1,39 т/га. В Тюменской области благодаря сохранению элементов интенсивной технологии даже в период экономического кризиса в годы общей перестройки (90-е) экономической структуры народного хозяйства урожайность пшеницы поднялась с 0,76 до 1,87 т/га. Если бы все хозяйства региона смогли бы обеспечить внедрение научно обоснованных агротехнологий и уровня урожайности, получаемого на сортоиспытательных участках в пределах использования 2 % ФАР, то климатически обусловленная урожайность, например, яровой пшеницы достигла бы 4,03–4,32 т/га в северной части региона на широте 60–62° с.ш. (при использовании мероприятий по сохранению тепло-обеспеченности посевов), а южнее г. Омска – на уровне 52–54° с.ш. – 6,93–7,21 т/га (при условии применения комплекса мероприятий по сохранению и накоплению влаги и борьбе с эрозией почвы).

Следует обратить внимание на еще один важный экологический аспект почвы, как связующего звена биологического и геологического круговоротов вещества [4, 5, 9]. До возникновения жизни на Земле происходил только большой, геологический, круговорот веществ между сушей и океаном. В геологическом круговороте вода, испаряющаяся с поверхности океана, выпадает на поверхность суши в виде атмосферных осадков, производя разрушение горных пород и перенос продуктов разрушения. При этом все растворимые вещества, в том числе зольные элементы пищи растений, уносятся в реки и моря.

С возникновением жизни появился новый – малый биологический круговорот веществ. В биологическом круговороте живые организмы извлекают из большого геологического круговорота элементы пищи (N, P, S, многие макро- и микроэлементы) и накапливают их в форме органических соединений своего тела, откуда они не могут быть вымыты. Растения, в свою очередь, в качестве пищи поступают в организм животных, где синтезируются новые органические соединения. После отмирания растений и животных органические соединения разрушаются микроорганизмами, и элементы пищи накапливаются как в органической, так и минеральной части почвы [2, 4, 5]. Итак, малый биологический круговорот происходит между почвой и живыми организмами. Элементы из большого геологического круговорота при этом включаются в малый биологический, который *развивается в форме непрерывно расширяющейся спирали, обеспечивая развитие жизни на Земле. Биоземледелие как раз нацелено на усиление малого биологического круговорота, обеспечивающего наращивание плодородия почв* [6–9].

Для решения продовольственной проблемы демографического взрыва народонаселения Земли задачей всей агропочвенной науки на XXI в. является разработка технологии максимального использования ресурсов тепла и влаги для реализации ФАР на уровне 3 %. В таком случае на основе существующих технологий может быть достигнута потенциальная урожайность основной зер-

новой культуры пшеницы в зернопроизводящих районах даже в условиях короткого лета Сибири (на широте 52–56°) – 9,5–10,8 т/га. Но это потребует мобилизации финансовых ресурсов и потенциального плодородия почв, внесения больших доз минеральных удобрений и пестицидов, что вряд ли будет осуществимо.

Основываясь на принципах биоземледелия и законе плодородия почв, где плодородие почвы базируется на ресурсе органического вещества выше поставленная задача может быть успешно решена. О масштабах проявления накопительной, или ресурсной, функции почвы можно судить по круговороту и аккумулярованию органического вещества. Сам процесс накопления органического вещества и связанный с ним процесс накопления энергии – одна из основных экологических функций почвы. Органическое вещество почвы состоит в основном из С (до 60 %), О (30–40 %), Н (не более 7 %), N (2–6 %), S (не более 1,5 %), Р (не более 4 %). Кроме того, конституционными элементами органического вещества являются многие макро- и микроэлементы. Если принять во внимание, что в основном почва представлена минеральной частью (до 90 %), а органического вещества даже в целинных черноземах не более 15 %, то трудно представить наличие в почве органических соединений в чистом виде. Они представлены в почве органоминеральными (комплексными) соединениями и коллоидами.

В зависимости от природы минеральной почвенной основы и степени выветривания материнских пород находится и степень связывания минеральных компонентов с органическим веществом. Так, ряд микроэлементов в почвах Западной Сибири (Си, Мо) связан в основном с органическим веществом, другие (Zn), наоборот, с минеральной частью.

Основным элементом, входящим в состав органического вещества, является С, поэтому об экологической роли органического вещества скорее всего судят по накоплению этого элемента. Достаточно отметить, что даже в карбонатных почвах, где в балансе С немалую роль играют прежде всего карбонаты щелочно-земельных элементов, более 80 % С принадлежит органическому веществу, а что касается N, то более 95 % его во всех почвах связано с органическим веществом. Судя по элементному составу органического вещества, можно считать, что роль S и Р в нем представляется незначительной, однако следует иметь в виду, что в среднем это более 50 % их валового содержания в почве.

Все вышеуказанные факты позволяют в «лице углерода и гумуса» судить об аккумулялирующей роли почвы для всех элементов, необходимых для функционирования живого вещества биосферы и выращивания растений. Роль почв в аккумуляции этих элементов раскрыта еще далеко не полностью. Но убедительно показано на примере углерода, что почва – его мощный резервуар. Так, в работах [4, 5, 13 и др.] отмечается, что запасы биомассы организмов суши составляют около 200 т/га, запас же гумуса, в составе которого в среднем содержится 58 % С, – около 160 т/га. По другим оценкам, количество аккумулярованного гумуса превышает количество органического материала, заключенного в биомассе. Ссылаясь на различные источники, Д. С. Орлов [17] утверждает,

что количество углерода в почвах (в педосфере) вдвое выше, чем в живых организмах. По обзорам Б. Г. Розанова и А. А. Роде [13, 14], в почвенном резервуаре углерода в виде гумуса в 4 раза выше, чем в живой биомассе суши и в 3 раза выше, чем во всей современной атмосфере, невзирая на то, что в последней количество углекислоты в силу проявления парникового эффекта увеличилось. Таким образом, большинство расчетов независимо друг от друга сводится к тому, что биокосное тело почва по сравнению со всеми другими геосферами представляет собой основной накопитель органического углерода, на основе которого построено все живое [5, 7–9, 18, 19].

Биомасса растений и других организмов поступающая в почву под действием биоты обуславливает все многообразие биохимических процессов и свойств почвы, в том числе и плодородие. Почва, представляя собой сложнейшую биохимическую и физико-химическую органо-минеральную систему, имеет ряд эмерджентных свойств, отличающих ее от материнской породы [1, 5, 7, 9, 13, 17].

Органическое вещество, поступающее в почву, а это в основном продукт фотосинтеза растений, являясь одновременно источником энергии для биоты трансформируется ею (минерализуется, гумифицируется, деструктурируется, катализируется и т. д.), обеспечивая различные стороны ее плодородия. Органическое вещество подвергнутое разнообразной биотой биохимическим преобразованиям обеспечивает плодородие и регулирует фактически все биохимические процессы растительной клетки и многих живых организмов обитающих в почве. Оно активизирует поглощение макро и микроэлементов, ультрафиолетового излучение растениями и ускоряет процесс фотосинтеза в листьях. Листья приобретают интенсивную зеленую окраску и др.

Обобщение научных исследований влияния органических удобрений в агрономической практике за последние 20–25 лет [1, 7–11, 14–16, 18 и др.] показывает, что на различных видах злаковых и многих других видах растений, в фазу кущения органические удобрения на гуминовой основе, обеспечивают закладку большого числа побегов. Определенное количество серы, азота, бора и других веществ поступает в растение через листья и корни. Чем быстрее разворачивается рабочая листовая и корневая поверхность, и чем большую площадь она будет составлять, тем эффективнее осуществляется корневое и воздушное питание растений и большее количество вышеизложенных питательных веществ будет освоено растением. Что, в свою очередь, ведет к увеличению урожая и его качества. Последующая минерализация растительных остатков увеличивает в почве содержание легко растворимых в воде калийных, азотных и фосфорных соединений в несколько раз, что позволяет уменьшить дозу вносимого NPK от 50 до 80 %. Биохимические преобразования органических веществ в гуминовые вещества обуславливает такое направление обменных процессов в растительном организме, которое приводит к стимуляции синтеза этих веществ (фитогормонов). Следует напомнить [13, 14, 16–19 и мн. др.], что одним из составляющим органического вещества в почве являются: гуминовые, гиметомелановые, фульвокислоты. Основу последних составляет широкий спектр низ-

комолекулярных органических веществ: а) аминокислот; б) углеводов (глюкоза, фруктоза, сахароза, мальтоза и другое); в) водорастворимых карбоновых кислот, среди которых преобладают янтарная, щавелевая, яблочная, фолевая, галловая, лимонная, бензойная, салициловая и другие; г) витамины (В1, В2, В12, РР и другие); д) макро- и микроэлементы в форме биодоступных органических соединений и минерализованном, доступном для растений и других живых форм виде. Гуминовые вещества обладают также: ауксино-цитокинином подобным эффектом – стимулируют рост и деление клеток, антистрессовым эффектом – повышает устойчивость растения к климатическим, техногенным и прочим стрессам, повышает содержание витаминов в плодах и обладает другими стимулирующими эффектами.

Органика содержит в своем составе целый ряд ценных микроэлементов (медь, цинк, бор, марганец, молибден, кобальт), которые при разложении образует с гуминовыми веществами комплексы, легко усваиваемые растениями, и именно гуминовые вещества наиболее эффективно транспортирует микроэлементы в растение. Даже достаточно краткое обобщение роли органического вещества синтезируемого растениями и другими представителями живой материи (биотой), т. е. видами обитающими в почве показывает огромное значение органического вещества и биоты почвы в существовании самой почвы, биосферы и экологии планеты.

Таким образом, почва сложная органо-минеральная система – та среда, где постоянно совершается двухсторонний процесс перехода одной формы вещества в другую, синтеза и разрушения органического вещества, непрерывный круговорот питательных элементов. Благодаря этим процессам органические и минеральные вещества меняют свои свойства, переходя то в растворимое, то в нерастворимое состояние. Эти противоположные процессы и составляют сущность малого биологического круговорота, который и нашел отражение в законе плодородия почв и принципах биоземледелия.

Большой геологический и малый биологический круговороты взаимосвязаны, невзирая на их противоположную направленность. Медленно протекающий на протяжении столетий геологический круговорот вызывает снос вещества с плакоров и накопление в межводораздельных пространствах или акваториях. Малый биологический круговорот за год или несколько более удлиненный отрезок времени обеспечивает создание биомассы, ее частичную минерализацию и трансформацию. Функция малого биологического круговорота аккумулятивная. Накопление элементов биологического круговорота, в первую очередь органического вещества, создаваемого на основе фотосинтеза, происходит именно в почве и, в частности, ее обменных свойствах и всей биоты, которые обеспечиваются органо-минеральными соединениями и вторичными минералами. Таким образом, почва – это связующее звено между биологическим и геологическим круговоротами, задерживающее вещества, которые могли быть вынесены большим геохимическим потоком.

При нарушении почвенного покрова (распашка почв, внесение минеральных удобрений, пестицидов и мелиорантов, сведение лесов и другие антропо-

генные воздействия) могут происходить принципиальные изменения в соотношении круговоротов: ослабление биологического и усиление геологического, что негативно сказывается на экологическом состоянии агроландшафтов и плодородии почв.

Становится очевидным, что переход сельскохозяйственного производства на принципы биоземледелия и закон плодородия почв объективно необходим, учитывая экологическую и эволюционную сущность появления и существования почвы в биосфере планеты.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Березин Л. В., Кленов Б. М., Леонова В. В. Экология и биология почв. – Омск Изд-во ФГОУ ВПО ОмГАУ, 2008. – С. 122.
2. Вернадский В. И. Биосфера. – М. : Мысль, 1967. – 376 с.
3. Добровольский Г. В., Никитин Е. Д. Функции почв в биосфере и экосистемах. – М. : Наука, 1990. – 261 с.
4. Ковда В. А., Розанова Б. Г. Почвоведение. В 2 ч. – М. : Высшая школа. 1983. – Ч. 1. – 400 с.; Ч. 2. – 368 с.
5. Ковда В. А. Биогеохимия почвенного покрова. – М. : Наука, 1985. – 363 с.
6. Ларионов Ю. С. Основы эволюционной теории (Концепции естествознания и аксиомы современной биологии в свете эволюции материи) : учеб. пособие. – Омск : ИП Скорнякова Е. В., 2012. – 233 с.
7. Ларионов Ю. С. Биоземледелие и закон плодородия почв / Сибирская гос. геодез. академ. ; Омский ГАУ. – Омск, 2012. – 207 с.
8. Ларионов Ю. С. Альтернативные подходы к современному земледелию и наращиванию плодородия почв (новая парадигма) // Вестник СГГА. – 2013. – Вып. 1 (21). – С. 49–60.
9. Биоземледелие – новая парадигма сельскохозяйственного производства и повышения плодородия почв. В 2 т. / Ю. С. Ларионов, О. А. Ларионова, Е. И. Баранова, Б. В. Селезнев. – Новосибирск : СГУГиТ, 2016. – Т. 1. – 288 с.; Т. 2. – 209 с.
10. Каштанов А. Н. Сохраним и приумножим плодородие земли // Земледелие. – 1999. № 3. – С. 7–8.
11. Кирюшин В. И. Теория адаптивно-ландшафтного земледелия и проектирование агроландшафтов. – М. : КолосС, 2011. – 443 с.
12. Кленов Б. М. Гумус почв Западной Сибири. – М. : Наука, 1981. – 144 с.
13. Роде А. А. Генезис почв и современные процессы почвообразования. – М. : Наука, 1984.
14. Розанов Б. Г. Морфология почв. – М. : МГУ, 1983. – 320 с.
15. Баланс углерода в черноземе выщелоченном при использовании его в различных севооборотах лесостепи Приобья / А. Н. Власенко, И. Н. Шарков, А. Г. Шепелев, Л. М. Самохвалова, А. С. Прозоров // Сиб. вестник с.-х. науки. – 2009. – № 6. – С. 5–13.
16. Овсянников Ю. А. Теоретические основы эколого-биосферного земледелия. – Екатеринбург : Изд-во УрГУ, 2000. – 263 с.
17. Орлов Д. С. Гуминовые вещества в биосфере. – М. : Наука, 1993. – С. 14.
18. Сафонов А. Ф. Воспроизводство плодородия почв агроландшафтов : учеб. пособие. – М. : Изд-во РГАУ МСХА им. К. А. Тимирязева, 2011. – 390 с.
19. Сорокин И. Б. Возобновляемые биоресурсы повышения плодородия пахотных почв подтаежной зоны Западной Сибири : дис. ... д-ра с.-х. наук. – Омск, 2013.

© Ю. С. Ларионов, О. А. Ларионова, Н. А. Ярославцев, 2017

ПРЕДОТВРАЩЕНИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ТРАНСПОРТОМ

Валерий Павлович Зайцев

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

Оксана Вячеславна Рослякова

Сибирский государственный университет водного транспорта, 630099, Россия, г. Новосибирск, ул. Щетинкина, 33, кандидат технических наук, доцент кафедры техносферной безопасности, тел. (383)201-49-96, e-mail: kzvchs@nsawt.ru

В работе представлены экспериментальные результаты о влиянии воды в топливных системах – в виде водотопливной эмульсии и в растворенном состоянии в дизельном топливе.

Ключевые слова: водотопливная эмульсия, оксиды азота, окись углерода, соль четвертичного аммониевого основания, неводные растворы, дизельное топливо.

PREVENTING ENVIRONMENTAL POLLUTION FROM TRANSPORTATION

Valerij P. Zaicev

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., D. Sc., Professor of Department of ecology and nature management, tel. (383)361-08-86, e-mail: kaf.ecolog@ssga.ru

Oksana V. Roslyakova

Siberian State University of Water Transport, 630099, Russia, Novosibirsk, 33 Schetinkina St., Ph. D., assistant professor of Department of technosphere safety, tel. (383)201-49-96, e-mail: kzvchs@nsawt.ru

Thos works presents experimental results of influence of water in heating systems – in a form of water-fuel emulsion and in the form of solution in diesel fuel.

Key words: water-fuel emulsion, nitrogen oxides, carbon oxide, quaternary ammonium salt, non-aqueous solutions, diesel fuel.

Практически весь современный транспорт в качестве топлива использует продукты переработки нефти, следовательно, по качественному составу выбросов он будет оказывать однотипное воздействие на природные комплексы. В совокупности все виды транспорта потребляют атмосферный кислород, участвуют в пополнении объема токсичных газов: оксидов углерода, азота и полициклических ароматических углеводородов. Существенное влияние на снижение выбросов в атмосферу оказывает вода в топливных системах [1, 2].

Были проведены исследования влияния воды в топливных системах на выбросы одного из самых токсичных компонентов выхлопных газов дизелей – оксидов азота (NO_x). Указанные исследования имеют большое значение для судов

речного флота. На основании экспериментальных результатов, проводимых на двигателе 1Ч15/18 установлена одна из причин снижения интенсивности образования оксидов азота при переводе работы дизеля с мазута на водотопливную эмульсию (ВТЭ). Она определяется тем, что при использовании эмульсии существенно сокращается объем активной зоны камеры сгорания (КС), где возможно образование NO_x . Эти зоны характерны тем, что в них имеют место высокие значения концентраций кислорода и температур рабочего тела [1].

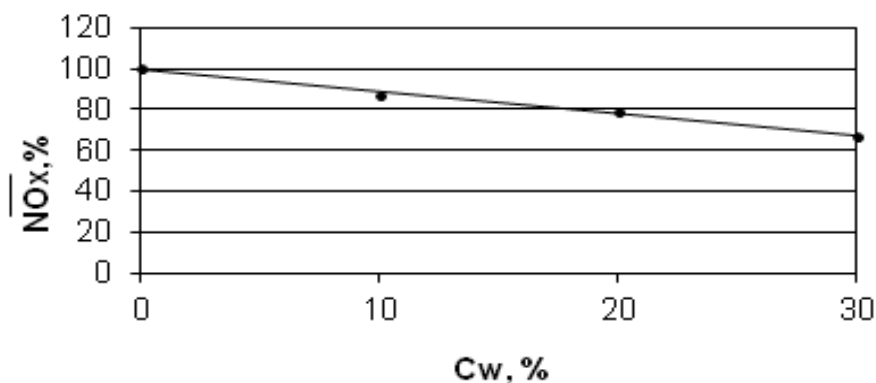


Рис. 1. Зависимость снижения выбросов $\overline{\text{NO}_x}$ оксидов азота от концентрации C_w воды во ВТЭ

По результатам экспериментов можно отметить, что с увеличением содержания воды во ВТЭ выбросы оксидов азота существенно сокращаются на всех режимах работы двигателя. На рис. 1 в качестве примера, представлена зависимость величины $\overline{\text{NO}_x} = \frac{\text{NO}_x}{\text{NO}_{x_0}} \cdot 100$, от концентрации C_w воды во ВТЭ для

двигателя 1Ч15/18. Здесь обозначено: NO_x , NO_{x_0} , текущая концентрация оксидов азота и та же величина при $C_w = 0$. Опыты проводились на номинальном режиме. Содержание оксидов азота в отработанных газах определяли при помощи газоанализатора ПЭМ-2М. Из рис. 1 следует, что в данных условиях величина $\overline{\text{NO}_x}$ с ростом C_w практически линейно снижается.

Рис. 2 иллюстрирует влияние присадки воды на удельный эффективный расход топлива. Из рисунка следует, что при номинальной величине $C_w \cong 20 \%$ наблюдается снижение расхода топлива примерно на 10 %.

Таким образом, можно констатировать, что применение ВТЭ в двигателе 1Ч15/18 ведет к существенному снижению выбросов NO_x и повышению экономичности дизеля по расходу топлива.

В данной области было проведено еще две серии экспериментов:

- с присадкой к водной фазе ВТЭ мочевины;
- с присадкой к воде аммиака.

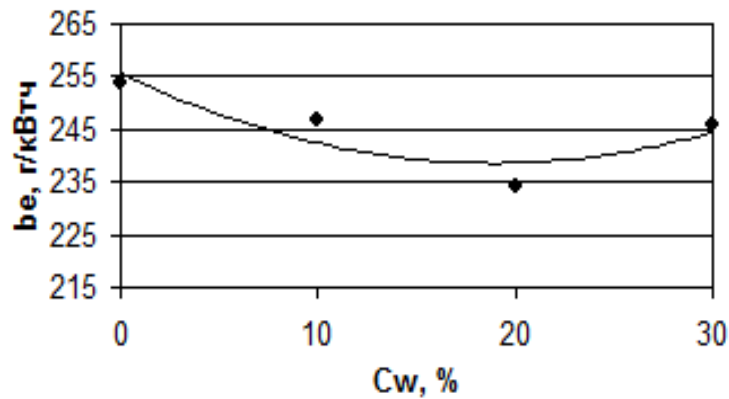


Рис. 2. Зависимость удельного эффективного расхода топлива от содержания воды во ВТЭ

Эксперимент был проведен на ВТЭ, приготовленной на основе водного раствора мочевины. Эмульсию получали на стенде. Состав данной эмульсии был следующий: 80 % – дизельное топливо, 19 % – водный раствор мочевины, 1 % – нефти (использовали для стабильности эмульсии). Концентрация мочевины в воде составляла 10 % по массе.

Опыты проводились на двигателе 1Ч15/18 по нагрузочной характеристике. Результаты испытаний приведены на рис. 3.

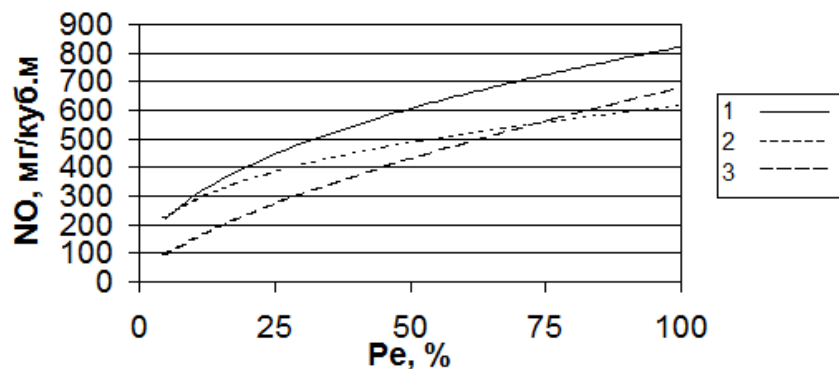


Рис. 3. Влияние присадки мочевины на концентрацию оксидов азота:

1 – работа на чистом дизельном топливе; 2 – работа на 20 % ВТЭ; 3 – 20 % ВТЭ с мочевиной

Из рис. 3 следует, что переход с чистого дизельного топлива на ВТЭ несколько уменьшает выбросы оксидов азота. При использовании мочевины, присаживаемой к водной фазе ВТЭ, на долевых нагрузках ($P_e < 50$ % от $P_{ен}$, где $P_{ен}$ – номинальная нагрузка) имеет место заметное снижение выбросов NO . Наоборот, при $P_e > 50$ % выбросы оксидов азота возрастают. Это говорит о том, что данный метод приемлем лишь для вспомогательных дизелей, которые большую часть времени работают на долевых нагрузках.

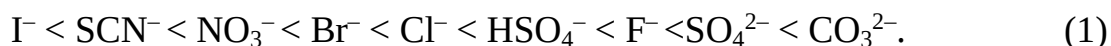
Удельные эффективные расходы топлива в процессе исследования на номинальном режиме работы дизеля оказались следующими:

- на чистом дизельном топливе – $b_e = 255$ г/э.л.с.ч;
- на ВТЭ с $C_w = 20$ % – $b_e = 237$ г/э.л.с.ч;
- на ВТЭ с $C_w = 20$ % с присадкой мочевины – $b_e = 233$ г/э.л.с.ч;

Таким образом, можно констатировать, что применение водотопливных эмульсий при работе дизеля ведет к существенному снижению выбросов NO_x и повышению экономичности дизеля по расходу топлива. Экспериментально установлено, что добавка к водной фазе ВТЭ (с $C_w = 20$ %) мочевины заметно уменьшает выбросы оксидов азота на долевых нагрузках (по нагрузочной характеристике) по сравнению со случаем использования аналогичной чистой эмульсии. Наоборот, при мощности более 50 % от номинала экологические показатели дизеля ухудшаются по сравнению с исходным вариантом. Учитывая сказанное, данный метод можно рекомендовать для вспомогательных дизелей, которые, как правило, работают на долевых нагрузках. Добавка к водной фазе ВТЭ аммиака сокращает как выбросы азота, так и расход топлива. Для обеспечения безопасной работы обслуживающего персонала система приготовления такой ВТЭ должна быть закрытой.

Исследование состояния воды в неводных растворах, в частности в топливе расширяет границы эффективного использования водотопливных смесей, которые могут существовать не только в эмульсионном состоянии, но и в мицеллярном состоянии и в виде истинных растворов. Эффективность сгорания топлива в двигателе зависит от наличия в топливе добавок и присадок. Для повышения детонационной стойкости товарных бензинов применяют антидетонаторы на основе алкилзамещенных аминов. За рубежом широкое применение нашли ароматические амины – производные анилина ($C_6H_5NH_2$). Долгое время для оценки антидетонационной стойкости бензинов служил эталоном «анилиновый эквивалент» [3]. Таким образом, исследование состояния систем содержащих амины, соли аминов и четвертичных аммониевых оснований (ЧАО), представляют научный и практический интерес, поскольку открывают возможности целенаправленного выбора состава топливных смесей, которые удовлетворяли бы техническим и экологическим требованиям.

В качестве объекта исследования были выбраны соли ЧАО. Указанные соли, по сравнению с солями аминов, значительно соэкстрагируют воду в органическую фазу в результате их гидратации [4]. Исследование солей ЧАО в неводных растворах показали увеличение растворимости воды в органической фазе в ряду анионов



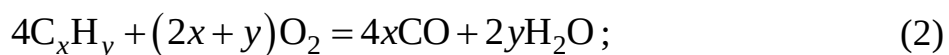
Из проведенных исследований следует, что наибольший интерес представляет соль триалкилбензиламмонийкарбонат (ТАБАК), где радикал алкил равен $C_7 - C_9$. Соль, согласно ряда анионов (1), является высокогидратируемой, при

термическом разложении аниона CO_3^{2-} в отличие от других ионов, не вносит в состав выхлопных газов новых примесей и не образует угарный газ CO .

Соль ТАБАК получена путем анионообменных межфазных реакций из товарной соли триалкилбензиламмонийхлорид растворенной в дизельном топливе. Насыщение топлива водой проводили посредством смешения фаз при соотношении $V_{\text{орг}} : V_{\text{в}} = 1000 : 100$. После расслаивания фаз, водную фазу удаляли. Испытания модифицированного топлива приводились на отсеке дизеля Ч10,5/12 по нагрузочной характеристике при частоте вращения коленчатого вала равном 1500 об/мин.

В результате испытаний было установлено, что присутствие соли ТАБАК и растворенной воды в модифицированном дизельном топливе приводит к снижению токсичных компонентов выхлопных газов – по окиси углерода до 40 %, по окислам азота до 28 %.

Механизм действия солей ЧАО и воды, содержащихся в топливе, еще не изучен. Можно предположить, что процесс сгорания топлива протекает в две стадии



Присутствие воды в топливе способствует протеканию реакции (3). На этой реакции основано использование окиси углерода в качестве топлива [5], что в конечном итоге существенно снижает участие кислорода в окислении азота.

Таким образом, модификация дизельного топлива посредством добавления в него воды заметно улучшает экологические характеристики дизеля без его модификации и регулировок, что указывает на перспективность исследования топливных систем насыщенных водой и водотопливных эмульсий.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Рослякова О. В. Снижение интенсивности образования оксидов азота в судовых дизелях : автореф. дис. ... к.т.н. – Новосибирск, 2005. – 17 с.
2. Перспективы использования солей четвертичных аммониевых оснований для улучшения экологических характеристик двигателя внутреннего сгорания / В. П. Зайцев, Г. С. Юр, Н. В. Усова, Д. А. Сибриков, А. В. Карабанцев, М. Н. Карпушин // Труды 3-й Междун. науч.-техн. конф. «Энергетика, экология, энергосбережение, транспорт. – Омск : Иртышский филиал ФГОУ ВПО «НГАВТ», 2007. – С. 261–262.
3. Сафронов А. С., Ушаков А. И., Чечкенов И. В. Автомобильные топлива / НПИКЦ. – СПб., 2002. – 263 с.
4. Зайцев В. П., Усова Н. В. Исследование состояния воды в неводных растворах солей четвертичных аммониевых оснований применительно к топливным системам // Науч. пробл. трансп. Сибири и Дальнего Востока. – 2005. – № 1–2. – С. 109–113.
5. Неницеску К. Общая химия – М. : Мир., 1968. – 816 с.

© В. П. Зайцев, О. В. Рослякова, 2017

ДИНАМИКА НАДЗЕМНОЙ ФИТОМАССЫ КУСТАРНИЧКОВ РЯМА ЛЕСОСТЕПНОЙ ЗОНЫ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Наталья Павловна Косых

Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Лаврентьева, 8/2, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, тел. (383)386-18-23, e-mail: npkosykh@mail.ru

Екатерина Александровна Сайб

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

Дана количественная оценка разных фракций запасов надземной фитомассы вересковых кустарничков экосистем ряма лесостепи Западной Сибири. Максимальные запасы надземной фитомассы кустарничков на ряме формируются в начале или в конце вегетационного сезона, минимальные в середине сезона. Вклад разных фракций надземной фитомассы изменяется в течение сезона по разному. Вклад фракции одревесневших побегов составляет около 50 %. Фракции листьев и побегов текущего увеличиваются в течение сезона, весной они минимальны, осенью достигают максимума. Фракция листьев прошлого года уменьшается в течение сезона.

Ключевые слова: рям, надземная фитомасса, вересковые кустарнички, лесостепь, Западная Сибирь.

DYNAMICS OF PHYTOMASS RYAMA IN FOREST-STEPPE ZONE OF WEST SIBERIA

Natalia P. Kosykh

Institute of Soil Science and Agrochemistry of SB RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, 8/2 Akademik Lavrentiev Prospect, Ph. D., senior researcher, tel. (383)386-18-23, e-mail: npkosykh@mail.ru

Ekaterina A. Sajb

Institute of Soil Science and Agrochemistry of SB RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, 8/2 Akademik Lavrentiev Prospect, lab. technician, tel. 8 (383)363-90-18, e-mail: sajb.katerina@yandex.ru

The quantitative estimation of various fractions of stocks of the aboveground phytomass of shrubs in the ecosystem of forest-steppe of Western Siberia. The maximum phytomass of shrubs on the ryama are formed at the beginning or at the end of the growing season, the minimum in the middle of the season. The contribution of different fractions of the aboveground phytomass varies throughout the season in different. The contribution of the fraction perennial shoots of shrubs is about 50 %. Fractions of leaves and shoots of the current increase during the season, in spring they are minimal, in autumn they reach a maximum. The leaf fraction of previous year decreases during the season.

Key words: raym, veresk of shrub, phytomass, forest-steppe, Western Siberia.

В лесостепи вересковые кустарнички встречаются только на олиготрофных болотах. На территории лесостепной зоны олиготрофные болота – рямы встречаются редко и занимают не более 9 % территории, так как здесь они находятся на границе своего ареала [1]. Доминантами олиготрофных болот лесостепи выступают вересковые вечнозеленые ксероморфные кустарнички «эрикоидного типа» с деревянистыми побегами, которые покрыты мелкими кожистыми листьями, свернутыми внутрь на нижней стороне. Наиболее распространенным семейством олиготрофных болот является семейство вересковых (*Ericaceae*), представители которого не имеют травянистых форм и имеют ксероморфное строение, из-за невозможности потребления грунтовых вод. Эти кустарнички сочетают в себе ксероморфные и гидроморфные черты. Их корневая система распространяется в верхнем аэрируемом слое кочек ряма лесостепи. Корневые системы болотных кустарничков являются поверхностными, что типично для высших растений олиготрофных болот [2]. Несмотря на бедность минерального питания и высокой кислотности субстрата они приспособились к интенсивному росту и дают довольно хорошую продукцию.

Объектом исследования являются 4 вида вечнозеленых вересковых кустарничка (*Chamaedaphne calyculata*, *Ledum palustre*, *Andromeda polifolia* и *Vaccinium vitis-idaea*), которые являются доминантами Николаевского ряма, который находится в лесостепной зоне Новосибирской области (55° 09' с. ш., 79° 03' в. д.). Рям представлен сосново-кустарничково-сфагновым сообществом. Верхний ярус 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: мирт болотный (*Chamaedaphne calyculata*), багульник (*Ledum palustre*), подбел (*Andromeda polifolia*) и брусника (*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* L. Доминантами мохового яруса выступают 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. Мощность торфяной залежи в центральной части достигает 4.3 м.

В течение вегетационного сезона 2015 года (с мая по сентябрь) были сделаны геоботанические описания и отбор проб надземной фитомассы один раз в месяц в течение всего теплого периода года. Надземную фитомассу на учетных площадках, размером 40 × 40 см, срезали на уровне мха, разбирали по видам и на следующие фракции: побеги и листья текущего года, прошлого года и многолетние побеги [3]. Все фракции сушили до постоянного веса и взвешивали. В результате статистической обработки были получены данные по запасам фитомассы в пересчете на г/м².

Как показали исследования, средний запас живой фитомассы вересковых кустарнички на ряме составляет 418 г/м². Наибольший вклад вносит багульник до 50 %, чуть меньше мирт – 35 %, подбел и брусника – 15 %. Многолетние побеги составляют половину надземной фитомассы 48–50 %, прирост текущего года – 20 %, прирост прошлого года – 30–32 %. В зависимости от вида кустарничка динамика роста разных фракций происходит по-разному. Но всегда в середине лета, в самые жаркие месяцы происходит уменьшение запасов фитомассы, так как происходит зарастание одревесневших многолетних побегов кустарничков мхами и поверхность поднимается на 2–3 см (рис. 1). Вклад одревесневших многолетних побегов составляет 63 % от всей фитомассы в начале вегетационного сезона, в середине уменьшается до 34 %, в конце сезона происходит увеличение до 42 %.

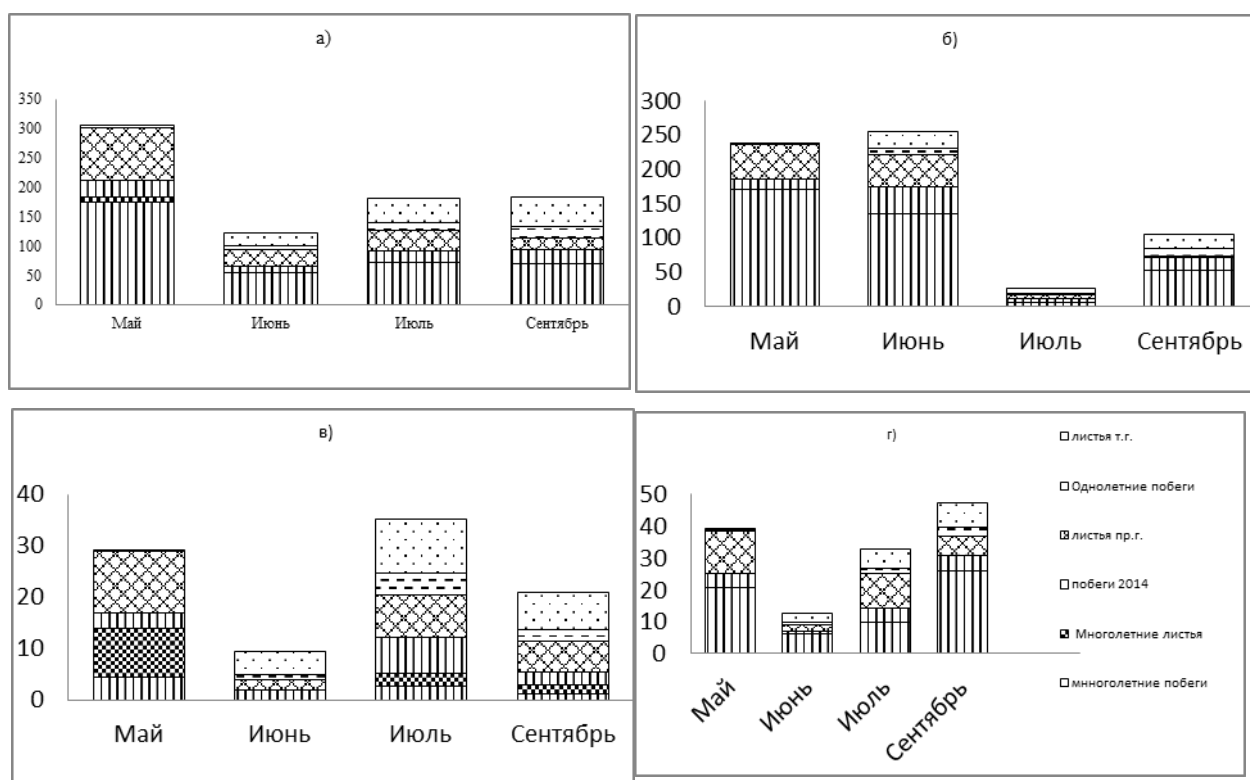


Рис. 1. Сезонная динамика запасов надземной фитомассы кустарничков:
а – багульник; б – мирт болотный; в – брусника; г – подбел

В течение сезона происходит нарастание фракции листьев побегов текущего года. Все виды кустарничков весной сохраняют большой запас прошлогодних листьев, который уменьшается в конце сезона (рис. 2). И только мирт весной полностью сбрасывает многолетние листья, оставляя минимальное количество во фракции листьев прошлого года, уменьшая ее с 50 до 3 г/м². Фракция листьев текущего года нарастает в течение всего сезона и достигает максимальной величины в сентябре месяце у всех видов кустарничков.

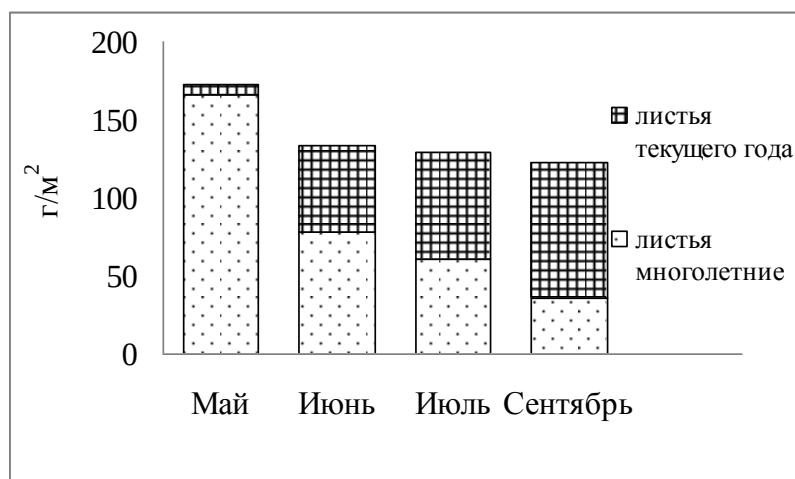


Рис. 2. Изменение соотношения разных фракций листьев кустарничков в течение вегетационного сезона

Фракции листьев и побегов текущего увеличиваются в течение сезона. Весной они минимальны и вносят всего 1,5 % от надземной фитомассы. Осенью достигают максимума, фракция увеличивается до 35 %. Фракция листьев прошлого года уменьшается в течение сезона. И если в начале сезона она составляет 35 % от надземной фитомассы, то в конце сезона снижается до 23 %.

Таким образом, в растительном покрове рья доминируют 2 вида кустарничков – багульник и мирт, вклад которых составляет 85 % от всей надземной фитомассы. Все виды вечнозеленых вересковых кустарничков рья имеют сходную динамику роста надземной фитомассы в течение сезона. Максимальные запасы надземной фитомассы кустарничков формируются в начале или в конце вегетационного сезона, минимальные в середине сезона. Фракции листьев и побегов текущего увеличиваются в течение сезона, весной они минимальны, осенью достигают максимума. Фракция листьев прошлого года уменьшается в течение сезона до минимальной величины в конце сезона.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Болотные системы Западной Сибири и их природоохранное значение / О. Л. Лисс, Л. И. Абрамова, Н. А. Авертов, Н. А. Березина, Л. И. Инишева, Т. В. Курникова, З. А. Слука, Т. Ю. Толпышева, Н. К. Шведчикова. – Тула : Гриф и К°, 2001. – 584 с.
2. Тюремнов С. Н. Торфяные месторождения. – М. : Недра, 1976. – 488 с.
3. Above- and below-ground phytomass and net primary production in boreal mire ecosystems / N. P. Kosykh, N. G. Koronotova, N. B. Naumova, A. A. Titlyanova // Wetlands ecology and management. – 2008. – № 16. – P. 139–153.

© Н. П. Косых, Е. А. Сайб, 2017

ПРОБЛЕМЫ МОНИТОРИНГА ПЛОДОРОДИЯ ЗЕМЕЛЬ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Юрий Степанович Ларионов

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плеханова, 10, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, кафедра экологии и природопользования, тел. (383)351-19-24, e-mail: larionov42@mail.ru

Людмила Константиновна Трубина

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

Борис Васильевич Селезнев

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

Евгения Ивановна Баранова

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, Плеханова, 10, кандидат технических наук, доцент кафедры экологии и природопользования, тел. (383)361-08-86, e-mail: evg.dxn@yandex.ru

Ольга Александровна Ларионова

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плеханова, 10, кандидат сельскохозяйственных наук, тел. (383)351-19-24, e-mail: larionov42@mail.ru

Коротко рассмотрены биогеоценотические функции почв, принципы и основы воспроизводства плодородия почв.

Проблема состоит в том, что современные науки о почве и ее плодородии не имеют четкого и однозначного ответа на вопрос, что же такое плодородие и чем оно, главным образом, обуславливается, как эволюционно, так и ежедневно. Наука не сформулировала экономически и экологически приемлемые принципы наращивания плодородия почвы и не открыла (не сформулировала) Закон ее плодородия.

Сегодня необходимы эффективные методы контроля за технологиями использования почвенного плодородия. В качестве таковых, учитывая сегодняшнее развитие науки, необходимо разработать новые оперативные методы дистанционного зондирования и контроля (мониторинг) за почвенным плодородием и влияние на него используемых в сельском хозяйстве технологий выращивания продукции растениеводства для питания людей и кормов для животных.

Новая концепция земледелия – биоземледелие, основанная на законе плодородия почв, определяет содержание и поддержание требуемого уровня плодородия почв, и более обоснованных методов его мониторинга, как контроля за этим важнейшим природным ресурсом. По-существу, сегодня необходима разработка специального геоинформационного обеспечения проектирования, создания и мониторинга агроландшафтных систем земледелия на основе объединения усилий многих наук.

Ключевые слова: почва, плодородие, органическое вещество, баланс, биота, Закон плодородия почв, дистанционное зондирование.

PROBLEMS OF MONITORING THE FERTILITY OF AGRICULTURAL LAND PLANTS

Yury S. Larionov

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., D. Sc., Prof., Department of Ecology and Natural Resources Management, tel. (383)361-08-86, e-mail: larionov42@mail.ru

Lyudmila K. Trubina

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

Boris V. Seleznev

Siberian State University of Geosystems and Technology, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., Ph. D., associate prof., Department of Ecology and Natural Resources Management, tel. (383)361-09-11, e-mail: lab.ite@ssga.ru

Yevgeny I. Baranova

Siberian State University of Geosystems and Technology, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., Ph. D., associate prof., Department of Ecology and Natural Resources Management, tel. (383)361-08-86, e-mail: evg.dxn@yandex.ru

Olga A. Larionova

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., Ph. D., tel. (383)361-08-86, e-mail: larionov42@mail.ru

The biogeocoenotic functions of soils, principles and principles of soil fertility reproduction are briefly considered.

The problem is that modern science on soil and its fertility do not have a clear and unequivocal answer to the question of what is fertility and what it is mainly conditioned, both evolutionarily and daily. Science did not formulate economically and environmentally acceptable principles for increasing soil fertility and did not open (did not formulate) the law of its fertility. Today, effective methods of monitoring the technologies of soil fertility are needed. As such, given the current development of science, it is necessary to develop new operational methods for remote sensing and monitoring (monitoring) of soil fertility and the impact on it of technologies used in agriculture for the cultivation of plant products for human nutrition and animal feed.

The new concept of agriculture – biomedical farming, based on the law of soil fertility, determines the maintenance and maintenance of the required level of soil fertility, and more valid methods for monitoring it, as monitoring of this most important natural resource. Essentially, today it is necessary to develop a special geoinformation support for the design, creation and monitoring of agro-landscape farming systems on the basis of combining the efforts of many sciences.

Key words: soil, fertility, organic matter, balance, biota, soil fertility law, remote sensing.

Многовековая практика свидетельствует о том, что главными источниками жизнеспособности стабильности и процветания любого государства являются принадлежащие ему земельные ресурсы.

Современная сельскохозяйственная наука характеризует плодородие почв как способность почв удовлетворять потребности растений в элементах питания, воде, обеспечивать их корневые системы достаточным количеством возду-

ха, тепла и благоприятной физико-химической средой для нормального роста и развития [1–9]. Очевидно, недостаточно оценивать плодородие почвы с точки зрения достижения урожайности растений без учета условий, характера и последствий ее использования. Несомненно, традиционная трактовка плодородия почвы лишь с позиций оценки производительных функций должна быть приведена в соответствие с требованиями современного эволюционно-экологического императива, т. е. в современных технологиях плодородие почвы должно рассматриваться, как способность не только производить урожай растений, но и обеспечивать воспроизводство самой почвы как среды жизнеобеспечения всего живого на Земле [9–13, 14–19]. Однако, несмотря на всем хорошо известные научные достижения о сохранении плодородия почв, из отчетов и многочисленных книг по почвоведению, агрохимии, микробиологии, растениеводству, земледелию и др. науках о почвах и оценки их плодородия – сегодня плодородие почв продолжает падать [1, 4–9, 11–13, 20, 21]. Следовательно, современная наука о почве не владеет эволюционно и эколого-генетическими знаниями о законе ее плодородия, на основе которого необходимо строить технологии ее использования при возделывании сельскохозяйственных культур [4, 9, 11–13]. Фактически, проблема взаимодействия почв и общества, обостряющаяся современной высокой техногенной нагрузкой на биосферу, становится проблемой не только прикладных наук о почве, а проблемой социальной и может быть решена только с широким использованием образовательного и воспитательного процессов [10–14].

Следует подчеркнуть, что в процессе использования почва интегрирует свои качества с условиями окружающей среды, проявляя плодородие как эмерджентный результат совместного воздействия живых организмов, почвы, тепла и света, выражающийся биопродуктивностью возделываемых растений, что указывает на почву как объект биосферы, имеющий сложные системные взаимодействия с ее различными элементами в эволюционном и экологическом аспектах [1–9]. В случае пастбищных и сенокосных угодий проявляется естественное плодородие, при использовании пашни – плодородие экономическое, включающее эффекты земледельческих технологий. Отметим, что плодородие динамично, подвержено влиянию, как естественных факторов почвообразования, так и антропогенной деятельности [1–9, 15–20]. Учитывая, что понятие плодородия многогранно в теории и практике любой вид землепользования (природного ресурса) связан с охраной земель, особо выделяемой и определяемой современным законодательством [15–19, 22–25] системы мер предотвращения и ликвидации разнообразных негативных факторов природного и техногенного характера.

Анализ научной литературы биологического, физико-химического и сельскохозяйственного профилей [1–7, 14–19] показывает, что энергетическая основа почвенных процессов связанных с ее образованием и плодородием эволюционно обусловлена использованием живой материей (в первую очередь растениями) солнечной и различных других космических источников энергии. При этом синтезированное органическое вещество (биомасса) является той основ-

ной формой энергии, которая используется живой материей в процессе ее эволюции, являясь одновременно связующим звеном живой и косной материи в биосфере и, вероятно, не только на Земле, но и в космосе. Органическое вещество, имея сложную биохимическую структуру, содержит в себе всю таблицу Д. Менделеева и в процессе последующей за фотосинтезом деструктуризацией (различной трансформацией) под действием биоты используется различными организмами (гетеротрофами) для своего существования. А применительно к почве ее появлению и формированию плодородия в процессе эволюции [1, 2, 8, 9, 14, 16, 17].

Биомасса растений и других организмов поступающая в почву в различных экологических условиях создает под действием биоты все многообразие биохимических процессов и свойств почвы, в том числе и плодородие. Почва, представляя собой сложнейшую геобиохимическую и физико-химическую органо-минеральную систему, имеет ряд эмерджентных свойств (плодородие, средо- и жизнеобеспечение биоты и др.), отличающих ее от материнской породы [1, 2, 4, 6, 8, 9, 20 и др.]. Органическое вещество, поступающее в почву, являясь одновременно источником энергии для биоты трансформируется ею (минерализуется, гумифицируется, деструктурируется, катализируется и т. д.), обеспечивая различные стороны ее плодородия. Органическое вещество, подвергнутое разнообразной биотой биохимическим преобразованиям обеспечивает плодородие и регулирует фактически все биохимические процессы в почве, растениях, клетках и, активизирует поглощение макро и микроэлементов, ультрафиолетового излучения растениями и ускоряет процесс фотосинтеза в листьях и мн. др.

Традиционные технологии земледелия и достаточно однообразная практика их применения (глубокая обработка почвы, огромные объемы минеральных удобрений, пестицидов и гербицидов, целый ряд иных методов и агроприемов) подобного разнообразия используемых почв учесть не могут, приводя к все более усугубляющимся негативным эффектам, в том числе в окружающей агроландшафты среде [4, 6, 8, 9].

В агрохимии и практическом земледелии, принято считать, что урожаи культур формируются преимущественно за счет минеральных элементов самой почвы, значимость органического вещества определяется, прежде всего, его ролью в формировании питательного режима почвы, через минерализацию и гумификацию его. Обращает на себя внимание также общепризнанное мнение, что ухудшение баланса гумуса, содержание углерода в почве и отсутствие оптимального сочетания элементов минерального питания для каждой культуры, в конкретных почвенно-климатических и агроэкологических условиях, в определенные фазы роста и развития – главные причины недобора урожаев и низкой стабильности земледелия [1, 3, 5, 6, 14, 15, 18 и др.]. Думается, что это очень общие и относительно условные представления, так как для каждой культуры и множества агроэкологических условий, причем в каждый конкретный момент и фазу развития растений, существуют свои оптимальные показатели соотношений и оптимумов в сочетании со всей биотой почвы и ее агрофизиче-

скими свойствами. То есть, вся агроэкологическая система представляет собой сложнейшую неопределенную систему с нелинейными процессами, управлять которой могут только универсальные сложно интегрированные признаки и свойства непрерывно эволюционирующей материи [1, 3, 4, 6, 13, 16, и др.]. Именно поиск таких универсальных интегральных показателей на системной основе, где присутствует иерархический принцип, позволяющий найти этот интегральный показатель, и может обеспечить открытие (формулировку) закона плодородия почв и разработку методов дистанционного зондирования этого плодородия в процессе возделывания сельскохозяйственных растений [1, 9–13, 23–26 и др.].

На современном этапе развития земледелия, несмотря на высокий уровень применения минеральных удобрений, значение гумуса как важнейшего показателя плодородия почв не только сохраняется, но и возрастает. Только при оптимальном гумусовом состоянии почв и содержании органического вещества возможна экономически выгодная реализация средств интенсификации земледелия и потенциальных возможностей высокопродуктивных сортов и гибридов без резкого увеличения доз минеральных удобрений. Власенко А. Н., Шарковым И. Н. и др. [1, 3, 14, 15, 22] сделан вывод, что значительное накопление гумуса в пахотных почвах возможно лишь при применении специальных мероприятий – удобрении культур мелиоративными дозами навоза (торфа) или переводе почвы в залежь. Однако необходимость в использовании таких мероприятий по И. Н. Шаркову возникает только для почв с содержанием гумуса ниже критического уровня, причем повышение гумусированности должно быть и в этом случае экономически обоснованным. Им определены основы стратегии и тактики современных земледельцев по проблеме воспроизводства почвенного гумуса, а наукой накоплено достаточно данных, подтверждающих это положение [1, 7, 14, 15, 18, 19 и др.]

Следует отметить, что роль залежи, промежуточных посевов, смесей, сидератов, пожнивных и поукосных культур в земледелии проявляется не только в накоплении органического вещества. Они являются важным средством ослабления водной и ветровой эрозии, имеют важное фитосанитарное значение в специализированных севооборотах, оказывают положительное влияние на снижение засоренность полей севооборота, уменьшают потери питательных веществ от вымывания и т. п. Технологии их выращивания разработаны и рекомендованы местными научными учреждениями каждой области, края, республики [14, 18, 21, 22 и др.]. В связи с этим, в настоящей работе обращается внимание лишь на некоторые общие агротехнические подходы. Однако до настоящего времени наибольшее значение имеет все-таки обогащение почвы органическим веществом путем внесения органических удобрений: навоза, торфа и перегноя нацеленное на воспроизводство почвенного гумуса. Традиционным остается путь (сегодня показавший свою экологическую несостоятельность) повышения плодородия путем внесения подвижных (легко усвояемых) минеральных удобрений и пестицидов [11–13, 14]. Альтернативный путь (никогда не устраивающий) это многолетняя залежь в течение 7–20 лет [18 и др.]. Та-

ким образом, несмотря на многочисленные научные исследования, земледельцев, агрохимиков, почвоведов и других ученых, а также практиков четкого и однозначного ответа, что такое почвенное плодородие и чем оно определяется – нет. А отсюда и отсутствие до недавнего времени формулировки закона плодородия почв [11–13].

В. В. Докучаев [20], а сегодня [6, 14, 21, 22] ратуют за метод экологической оптимизации аграрных ландшафтов, который основывается на устройстве устойчивых агроландшафтов, моделирующих действие самой природы. При этом производственная деятельность в них должна быть адекватной природным закономерностям окружающей среды, т. е. соответствовать эволюционно – и эколого-генетическим принципам существования живой материи и почвообразовательному процессу на Земле [4, 6, 12–14, 18, 21, 22 и др.]. К сожалению, сельскохозяйственная наука и практика сев на «химическую иглу» отклонились от этого пути.

Отметим, что почвенные организмы, почвообразователи делают то, что пока не может делать человек со своей мощной научно-технической базой [11–13, 14]. Но они (биота) нуждаются в стабильной среде. Им необходимы кислород в системе проделанных ходов и запас органических остатков, убежища и ходы, которые не нарушаются человеком. Разумное ведение хозяйства, щадящие методы обработки почвы и максимальный отказ от химических средств защиты растений означают создание условий для сохранения живого биомира почвы – залога ее плодородия.

Краткий обзор позволяет подойти к пониманию и формулировке Закона плодородия почв с агроэкологических и физико-химических позиций:

Закон плодородия почв – плодородие почвы в любой агроэкологической зоне пропорционально балансу органического вещества в ней и подвижных минеральных элементов, находящихся в биосферном круговороте. Включает синтез органического вещества и всей биоты в агроэкосистеме, разложение и трансформацию его в сложные органо-минеральные комплексы, минерализацию, гумификацию и другие процессы [10, 11, 13].

Формулировка базируется на эволюционно-генетическом, эколого-генетическом принципах, возникновения и существования биосферы и ее компонента почвы, которые сегодня осуществляются человеком на фоне действия естественного и искусственного принципов отбора [1, 2, 10–13]. В современном представлении основные положения осуществления закона плодородия биологического земледелия показывают теоретически обоснованный путь использования эволюционно-генетического и эколого-генетического принципов в создании антропогенного, устойчивого агроэкологического комплекса, повышающего потенциальный энергетический и биологически эффективный ресурс биосферы и сельскохозяйственного производства.

Отсюда следует, что успешное функционирование закона плодородия в биоземледелии связано с соблюдением в агроэкосистемах и биоценозе следующих условий: 1. Обязательное чередование культур, на каждом поле с различными типами корневых систем (корнеоборот), мочковатая (глубина проник-

новения -0–30 см), промежуточная (30–60 см), стержневая (до 100 см и более), сформировавшихся в результате эволюционно – и эколого-генетических процессов у различных видов растений. 2. Чередование культур в плодосмене, смешанных, промежуточных, пожнивных, поукосных культурах и сидератов, должно осуществляется на основе корнеоборота с обязательным оставлением их биомассы на поле (т. е. контроль за энергетическим балансом органического вещества в почве – источником плодородия), заделкой ее в верхний слой почвы и созданием мульчи, а также агролесомелиоративных мероприятий, обеспечивающих дополнительные условия для тесного взаимодействия всей биоты и косной материи в агроэкосистеме. 3. Сохранение и накопление влаги (воды), как основного энергоинформационного компонента агроэкосистемы в корнеобитаемом слое почвы. 4. Сохранение целостности пахотного и всех других горизонтов почвы и живых организмов, обитающих в ней и на прилегающих участках (в биоценозе), а также биологической регуляции их роста и развития для обеспечения защиты культурных растений от фитофагов, возбудителей болезни, сорных растений, а также проведение биостимуляции процессов разложения органических остатков.

Как видим, в основе биоземледелия на базе закона плодородия почв лежит накопление органического вещества почвы при условии осуществлении корнеоборота, обеспечивающего подъем (круговорот) элементов минерального питания из нижних слоев почвы (материнская порода является неисчерпаемым источником элементов минерального питания – фосфора, калия и др., но большинство их труднодоступно для растений) в верхний слой, испытывающий дефицит в связи с ежегодным отторжением минеральных элементов питания с урожаем и где наиболее активно работают все типы корневых систем. В корнеоборот обязательно входят бобовые культуры, обеспечивающие на основе симбиоза с бактериями фиксацию азота из атмосферы, отсутствующего в почве. Пожнивные и поукосные культуры выполняют функцию не только поставщиков дополнительной массы органики в почву, но и как мульчирующий агент, для сохранения влаги в почве и стабилизации продуктивности агроценоза. Обязательным элементом корнеоборота является использование микробиологических препаратов ускоряющих разложение органических остатков и усиливающих азотфиксацию бобовыми культурами [16, 29, 38, 39].

Таким образом, принципы биоземледелия базируются на биогеохимической основе моделируя в своей основе большой и малый биосферные круговороты веществ [1, 2, 8, 9–13].

Критический анализ влияния современных технологий возделывания культурных растений на плодородие почвы и повсеместное падение его позволил нам и ряду других ученых [8, 9, 11–14, 22] сделать вывод о необходимости смены старой научной парадигмы использования интенсивной химизации земель на новую – биоземледелие. Мы разрабатываем и предлагаем новую концепцию использования почвенных ресурсов и наращивания плодородия земель в сельскохозяйственной отрасли на трех принципах биоземледелия [11–13]. Во-первых, что такое биоземледелие?

Биоземледелие – это управляемый человеком процесс возделывания культурных растений и повышения плодородия почвы в конкретных агроэкологических условиях, основанный на взаимодействии с другими видами растений, животными, микроорганизмами, обеспечивающим их защиту от болезней, вредителей и сорных растений биологическим путем.

Разрабатывая принципы управления плодородием почв в биоземледелии [11–13] включивших: корнеоборот, эдафтиный и эпифитный процессы в основу биоземледелия, мы сформулировали закон плодородия почв, который приведен выше. Он показывает, что плодородие почвы, являющейся элементом биосферы, базируется на круговороте веществ в ней, а само биоземледелие практическая модель этого круговорота в сельскохозяйственном производстве.

Закон плодородия почв показывает, что все биогеохимические процессы в почве и на земле осуществляются на основе органического вещества, эволюционно участвующем в малом круговороте. Органика содержит в своем составе ценные макро и микроэлементы (азот, фосфор, калий, медь, цинк, бор, марганец, молибден, кобальт и др.), которые при разложении образует с гуминовыми веществами комплексы, легко усваиваемые растениями, и именно гуминовые вещества наиболее эффективно транспортируют микроэлементы в растение. Определенное количество серы, азота, бора и других веществ поступает в растение через листья и корни. Чем быстрее разворачивается рабочая листовая и корневая поверхность, и чем большую площадь она будет составлять, тем эффективнее осуществляется корневое и воздушное питание растений и большее количество вышеизложенных питательных веществ будет освоено растением. Что, в свою очередь, ведет к увеличению урожая. Последующая минерализация растительных остатков увеличивает в почве содержание легко растворимых в воде калийных, азотных и фосфорных соединений в несколько раз, что позволяет уменьшить дозу вносимого NPK от 50 до 80 %. Биохимические преобразования органических веществ в гуминовые вещества обуславливает такое направление обменных процессов в растительном организме, которое приводит к стимуляции синтеза этих веществ (фитогормонов) и усилению ростовых процессов. Следует напомнить [1, 3, 7, 13, 15, 16, 18 и др.], что одним из составляющих органического вещества в почве являются: гуминовые, гиметомелановые, фульвокислоты. Основу последних составляет широкий спектр низкомолекулярных органических веществ: а) аминокислот; б) углеводов (глюкоза, фруктоза, сахароза, мальтоза и другое); в) водорастворимых карбоновых кислот, среди которых преобладают янтарная, щавелевая, яблочная, фолевая, галловая, лимонная, бензойная, салициловая и другие; г) витамины (B1, B2, B12, PP и другие); д) макро- и микроэлементы в форме биодоступных органических соединений и минерализованном, доступном для растений и других живых форм виде. Гуминовые вещества обладают также: ауксино-цитокинином подобным эффектом – стимулируют рост и деление клеток, антистрессовым эффектом – повышает устойчивость растения к климатическим, техногенным и прочим стрессам, повышает содержание витаминов в плодах и обладает другими стимулирующими эффектами.

Учитывая все вышеперечисленное, можно сделать вывод, что органическое вещество и активность биоты почвы позволяют: поддерживать плодородие почвы, увеличить урожайность и качество, улучшить сохранность урожая при хранении; защитить растения от бактериальных и грибковых заболеваний, усилить развития корневой системы растений и их дыхание, повысить устойчивость растений к неблагоприятным факторам внешней среды (засуха, зной, избыточное увлажнение, заморозки и т. д.), производить более качественную и экологически чистую продукцию (с высоким содержанием витаминов, сахаров и других ценных веществ), повысить эффективность минеральных удобрений (сократить их дозы на 50–80 %) и пестицидов (сократить до 40–70 %) и мн. др.

Изучив все вышеперечисленные процессы и свойства, излагаемые в различных науках – биологии, биофизике, биохимии, физколлоидной химии, физиологии растений и животных, микробиологии, геологии, почвоведении, земледелии, растениеводстве и многих других науках, которые раскрывают физико-химическую, почвоведческую и агрономическую сущность синтезируемого в процессе фотосинтеза органическое вещество, можно сделать вывод, что органическое вещество в почве является основой ее плодородия и существования в процессе эволюции и позволяет на основе баланса поддерживать ее плодородие. Сегодня в результате антропогенного воздействия на почву интенсификации сельскохозяйственных технологий, уменьшение естественного плодородия – неоспоримый факт: снижение содержания гумуса, подвижных элементов питания, микроэлементов, органического вещества в верхнем слое почвы всем известные явления. Потери органического вещества сегодня восполняются лишь на одну треть.

А сегодняшний землепользователь в своем стремлении получить максимум продукции при минимальных затратах безразличен к качественному изменению земли, сделав основную ставку на химизацию земледелия и растениеводства (путь в никуда, требующий к тому же постоянно сильно возрастающих финансовых вложений).

В связи с этим вопросы охраны земель сельскохозяйственного назначения, их рационального использования являются наиболее актуальными с позиций дистантного оперативного мониторинга, представляют, по нашему мнению, стратегическую цель государственной политики.

Кратко остановимся на ряде подходов к дистантному контролю за плодородием почв, как одному из важнейших природных ресурсов для страны.

Необходимо отметить, что вопросы информационного обеспечения государственной кадастровой оценки земель сельскохозяйственного назначения, использование геоинформационных систем (ГИС) уже нашли место в народном хозяйстве [23–26]. При этом разработана технологическая схема и программное обеспечение (ПО) автоматизированной кадастровой оценки земель сельскохозяйственного назначения. ПО состоит из трех блоков, написанных на встроенном в геоинформационную систему MapInfo языке, – оценка продуктивности почв (по уровню урожайности культур, важный, но далеко недостаточный показатель, во многом зависящий не только от плодородия почв), оценка техноло-

гических свойств земельных участков, вычисление кадастровой стоимости земельных участков на основе капитализации расчетного рентного дохода [24]. Но, к сожалению, это налогово-экономические подходы, не отвечающие главной задаче стоящей перед оперативным мониторингом плодородия почвы, используемой в сельскохозяйственном производстве, с целью получения экологически чистого продовольствия для людей и кормов для животных, как сегодня, так и на дальнюю перспективу.

На уровне фермерского хозяйства или группы хозяйств ГИС-технологии в развитых странах и РФ получают новое направление – *recision agriculture* – точное земледелие. Смысл его в том, что внесение минеральных удобрений и пестицидов на поля производится по результатам агрохимического обследования и карт засоренности полей в зависимости от наличия их в почве согласно агрохимических контуров в данном месте для возделываемой культуры. А их объемы и качество определяются с помощью ДЗЗ и ГИС-технологий, при этом средства химизации для повышения урожайности возделываемой культуры дифференцируются в пределах различных участков поля, давая максимальный эффект в снижении общего расхода применяемых препаратов и удобрений. Но вопрос в целом не стоит о контроле за плодородием почв.

С развитием генной инженерии и появлением генетически модифицированных культур, например в США, большое внимание уделяется контролю за производством продуктов питания с применением генетически модифицированных ингредиентов. При этом отслеживается (в том числе дистанционно) происхождение продуктов вплоть до поля, на котором они были выращены, а механизм идентификации позволяет контролировать их производство.

Еще одно интересное применение ГИС в сельском хозяйстве связано с его растущей глобализацией. В США обозначена важная проблема вторжения инфекций и вредителей сельхозкультур из других стран. Так, например, по результатам исследований строились пространственные модели распространения грибкового поражения сои, возбудитель которого происходит из Бразилии, и к которому у местных растений нет иммунитета. Это имеет прямое отношение к бактериологической войне и методам биологической защиты. Но задачу оперативной оценки естественного и эффективного плодородия почв никто не ставит. Причин несколько. Первое, и пожалуй самая главная – это отсутствие у официальной академической науки представлений о показателях объективно и всесторонне оценивающих плодородие почв, особенно в процессе ее сельскохозяйственного использования (для этого нами разработаны принципы биоземледелия и Закон плодородия почв [11–13]). Второе, отсутствие дистанционных методов такой оценки, в которые должны быть заложены принципы биоземледелия и закона плодородия почв, отражающие баланс и процессы трансформации органического вещества в почве, т. е. перед учеными стоит задача разработки мониторинга на основе показателей, отражающих баланс органического вещества и круговорот подвижных химических элементов.

Следует отметить, что в некоторых направлениях уже ведутся работы по усовершенствованию методик синтеза изображений для выявления

комплексности почвенного покрова и растительности в геоинформационном дискурсе управления территориями [23–26 и др.]. Л. Березиным и М. Шайахметовым (2013, 2015) установлена возможность почвенного дешифрирования мультиспектральных космических снимков равнинных территорий без предварительного составления цифровой модели рельефа; определена возможность использования по характеру яркости отраженного сигнала прямого светотражения с соотношением длинно- и коротковолновой части спектра для составления картограмм. Усовершенствованная методика (М. Р. Шайахметова 2015 г.) почвенного дешифрирования на основе данных дистанционного зондирования Земли прошла проверку в хозяйствах Омской области на площади 17 тыс. га.

Таким образом, современные подходы к использованию ДЗЗ и ГИС не отвечают пока главной широкомасштабной задаче стоящей перед оперативным мониторингом плодородия почвы, используемого в сельскохозяйственном производстве, с целью получения экологически чистого продовольствия для людей и кормов для животных. Задача сегодняшнего дня ДЗЗ и ГИС разработка новых эффективных, подходов к контролю за почвенным плодородием (мониторингом его) для развития сельскохозяйственной отрасли и продовольственной безопасности страны.

Какими мы их видим:

1. Для осуществления оперативного контроля за состоянием плодородия почв, находящихся под воздействием сельскохозяйственных технологий необходимы новые методы оперативного автоматического мониторинга. В первую очередь это касается высокотехнологичных методов дистанционного зондирования земной поверхности, позволяющие в режиме онлайн отслеживать как положительные, так и отрицательные последствия влияния на агроэкологические свойства почв современных агротехнологий. И темпы наращивания биомассы на полях.

2. Ландшафты лесостепной и степной природных зон подвергаются наиболее интенсивному сельскохозяйственному воздействию и вместе с тем являются наиболее благоприятным ресурсом для развития земледелия, в связи с чем, они находятся в условиях повышенного риска и нуждаются в контроле и грамотном использовании для сохранения своего экосистемного аграрно-природного потенциала. Это связано с тем, что современные технологии производства растениеводческой продукции основаны на химизации (использовании для управления ростом и развитием возделываемых культур и сортов минеральных удобрений и химических средств защиты с болезнями и вредителями, а также сорными растениями), что, как было показано выше, является одной из главных причин деградации почв и экологического загрязнения полей и продукции растениеводства. Использование современных подходов для осуществления мониторинга состояния земель сельскохозяйственного назначения, а в частности высокотехнологичных методов дистанционного зондирования земной поверхности перспективно. Вместе с тем, казалось бы, на достаточно широкое использование в народном хозяйстве аэрофото- и космических снимков, в сельском хозяйстве тормозит отсутствие достаточно точных методов дистанционного зон-

дирования объективных показателей плодородия почв и универсальные методики почвенного дешифрирования аэрокосмических снимков для целей точного биоземледелия в конкретных природно-почвенных климатических зонах.

3. В связи, с чем необходимо для решение этой проблемы расширить поиск и разработку аэрокосмических показателей и оперативных методов оценки потенциального и эффективного плодородия почв их биологической активности в дополнение к существующим, не достаточно оперативным и трудоемким агрохимическим методам, а также применение их для обновления устаревшего картографического материала и мониторинга состояния окружающей среды.

4. Вполне закономерно, что целью поисковых работ может явиться изучение на основе материалов дистанционного зондирования Земли характера отражения-поглощения солнечной радиации почвами и агроценозами России для внедрения принципов биоземледелия, установление наличия и соотношения основных элементов питания и микроэлементов в почве, отражающих ее эффективное плодородие.

5. Вполне вероятно, что уже сегодня посредством выявления специфики поглощения солнечной радиации почвами и агроценозами на основе категориально-системного подхода возможно усовершенствование методики почвенно-агрохимического обследования земель сельскохозяйственного назначения любой почвенно-климатической зоны России. Контроль за формированием блоков биологической защиты растений и почвы на основе управления эдафитными и эпифитными процессами в агроэкосистемах с целью защиты растений биологическими методами, как фактора производства экологически чистой продукции.

6. Представляется целесообразным использование мультиспектральных космических снимков в целях корректировки почвенных карт установления наиболее информативных вариантов синтезирования диапазонов космической съемки для выявления комплексности почвенного покрова, состояние растительного покрова в плоть до его поражения болезнями и вредителями и составление картограмм для внедрения защитных и мелиоративных мероприятий в системе точного и биоземледелия.

7. В целях широкого внедрения биоземледелия в сельскохозяйственное производство, также необходимо расширение работ по уточнению спектрального состава диапазонов аэрокосмической съемки вегетирующих растений для составления картограмм по основным элементам питания, накоплению этих элементов, а возможно и микроэлементов, которые в первую очередь отражают состояние плодородия почв. К тому же эти направления необходимы для совершенствования в Российской Федерации кадастровой оценки земель.

В результате биоземледелия обеспечивает накопление органики, ее минерализацию, гумификацию, защиту возделываемых растений от болезней вредителей и сорняков и другие процессы, повышающие агрофизические свойства почвы, оптимизацию минерального питания растений, их защиту от болезней и вредителей, являющееся основными факторами почвенного плодородия. В этой связи особое значение приобретает комплекс задач по проектированию агроландшафтных систем биоземледелия.

Решение подобных сложных комплексных вопросов и внедрение биоземледелия возможно только на основе объединения усилий ученых различных наук о земле ее природных ресурсах и соответствующих отраслей практики.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Березин Л. В., Кленов Б. М., Леонова В. В. Экология и биология почв. – Омск : Изд-во ФГОУ ВПО ОмГАУ, 2008. – С. 122.
2. Вернадский В. И. Биосфера. – М. : Мысль, 1967. – 376 с.
3. Баланс углерода в черноземе выщелоченном при использовании его в различных севооборотах лесостепи Приобья / А. Н. Власенко, И. Н. Шарков, А. Г. Шепелев, Л. М. Самохвалова, А. С. Прозоров // Сиб. вестник с.-х. науки. – 2009. – № 6. – С. 5–13.
4. Добровольский Г. В., Никитин Е. Д. Функции почв в биосфере и экосистемах. – М. : Наука, 1990. – 261 с.
5. Каштанов А. Н. Сохраним и приумножим плодородие земли // Земледелие. – 1999. – № 3. – С. 7–8.
6. Кирюшин В. И. Теория адаптивно-ландшафтного земледелия и проектирование агроландшафтов. – М. : КолосС, 2011. – 443 с.
7. Кленов Б. М. Гумус почв Западной Сибири. – М. : Наука, 1981. – 144 с.
8. Ковда В. А., Розанова Б. Г. Почвоведение. В 2 ч. – М. : Высшая школа. 1983. – Ч. 1. – 400 с.; Ч. 2. – 368 с.
9. Ковда В. А. Биогеохимия почвенного покрова. – М. : Наука, 1985. – 363 с.
10. Ларионов Ю. С. Основы эволюционной теории (Концепции естествознания и аксиомы современной биологии в свете эволюции материи): учеб. пособие. – Омск : ИП Скорнякова Е. В., 2012. – 233 с.
11. Ларионов Ю. С. Биоземледелие и закон плодородия почв / Сибирская гос. геодез. академ. ; Омский ГАУ. – Омск, 2012. – 207 с.
12. Ларионов Ю. С. Альтернативные подходы к современному земледелию и наращиванию плодородия почв (новая парадигма) // Вестник СГГА. – 2013. – Вып. 1 (21). – С. 49–60.
13. Биоземледелие – новая парадигма сельскохозяйственного производства и повышения плодородия почв. В 2 т. / Ю. С. Ларионов, О. А. Ларионова, Е. И. Баранова, Б. В. Селезнев. – Новосибирск : СГУГиТ, 2016. – Т. 1. – 288 с.; Т. 2. – 209 с.
14. Овсянников Ю. А. Теоретические основы эколого-биосферного земледелия. – Екатеринбург : Изд-во УрГУ, 2000. – 263 с.
15. Орлов Д. С. Гуминовые вещества в биосфере. – М. : Наука, 1993. – С. 14.
16. Роде А. А. Генезис почв и современные процессы почвообразования. – М. : Наука, 1984.
17. Розанов Б. Г. Морфология почв. – М. : МГУ, 1983. – 320 с.
18. Сафонов А. Ф. Воспроизводство плодородия почв агроландшафтов : учеб. пособие. – М. : Изд-во РГАУ МСХА им. К. А. Тимирязева, 2011. – 390 с.
19. Сорокин И. Б. Возобновляемые биоресурсы повышения плодородия пахотных почв подтаежной зоны Западной Сибири : дис. ... д-ра с.-х. наук. – Омск, 2013.
20. Докучаев В. В. Русский чернозем // Докучаев В. В. Избран. соч. – М., 1954. – С. 149–188.
21. Кашеваров Н. И., Сапрыкин В. С. Поливидовые посевы кормовых культур как фактор повышения их продуктивности и сбалансированности кормов / РАСХН. Сиб. отд-е ; СибНИИкормов. – Новосибирск, 2012. – 76 с.
22. Яшутин Н. В., Дробышев А. П., Хоменко А. И. Биоземледелие (научные основы, инновационные технологии и машины). – Барнаул : Изд-во АГАУ, 2008. – 191 с.
23. Трубина Л. К., Селезнев Б. В., Панов Д. В. Геоинформационный анализ форм рельефа для оценки земель // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2013. IX Междунар. науч. конгр. : Между-

нар. 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. 54–58.

24. Каличкин В. К., Павлова А. И. Применение ГИС в кадастровой оценке сельскохозяйственных земель / РАСХН. Сиб. отд-е ; ГНУ СибНИИЗХим. – Новосибирск, 2006. – 76 с.

25. Карпик А. П., Осипов А. Г., Мурзицев П. П. Управление территорией в геоинформационном дискурсе. – Новосибирск : СГГА, 2010. – 279 с.

26. Березин Л. В., Шаяхметов М. Р. Применение методов ДЗЗ и ГИС для оценки потенциала поглощения солнечной энергии агроценозов // Geomatics. – 2013. – № 2. – С. 87–90.

© Ю. С. Ларионов, Л. К. Трубина, Б. В. Селезнев, Е. И. Баранова, О. А. Ларионова, 2017

ОБЗОР ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВА В ОБЛАСТИ ОХРАНЫ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ

Екатерина Игоревна Зыкова

АО «Швабе – Оборона и Защита», 630049, Россия, г. Новосибирск, ул. Дуси Ковальчук, 179/2, инженер по охране окружающей среды, тел. (961)847-33-96, e-mail: katya3396@mail.ru

Приводится обзор российского законодательства в области охраны атмосферного воздуха, предъявляющий требования к осуществлению хозяйственной деятельности и развитию территорий населенных пунктов, обеспечивающих благоприятные условия существования человека.

Ключевые слова: атмосферный воздух, градостроительная деятельность, гигиенические нормативы.

REVIEW OF LEGISLATION IN THE FIELD OF ATMOSPHERIC AIR PROTECTION

Ekaterina I. Zyкова

JSC «Shvabe – Defense and Protection», 630049, Russia, Novosibirsk, 179/2 Dusi Kovalchuk St., environmental protection engineer, tel. (961)847-33-96, e-mail: katya3396@mail.ru

Provides an overview of the Russian legislation in the field of atmospheric air protection, which requires the implementation of economic activities and the development of the territories of settlements that provide favorable conditions for human existence.

Key words: atmospheric air, urban planning activities, hygienic standards.

Атмосферный воздух, представляющий собой смесь газов атмосферы, является неотъемлемой частью окружающей среды и жизненно важным компонентом для существования человека. Поэтому закономерным является необходимость правового регулирования деятельности человека в этой области.

Основополагающим нормативным документом, регулирующим охрану атмосферного воздуха и связанные с этим отношения в России является Федеральный закон «Об охране атмосферного воздуха» № 96-ФЗ. Согласно этому закону [1], к атмосферному воздуху относится тот воздух, который находится за пределами зданий, помещений. Под его охраной подразумевается осуществление мер, способствующих улучшению качества и предотвращения его вредного воздействия на здоровье человека и окружающую среду. Кроме того, данный закон позволяет реализовать конституционное право граждан на благоприятную окружающую среду.

Санитарным законодательством [2] установлена необходимость обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения. Его соблюдение достигается при таком состоянии среды обитания человека, при котором отсутствует вредное воздействие на здоровье человека и обеспечиваются благоприятные условия для его жизнедеятельности. Одним из факторов среды обитания является атмосферный воздух, а точнее его качество.

Качество атмосферного воздуха населенных пунктов обеспечивается гигиеническими нормативами, установленными законодательством. В основу гигиенических нормативов положены предельно допустимые концентрации (ПДК), устанавливающие предельно допустимое содержание (концентрацию) в единице объема воздуха (м^3) конкретного загрязняющего вещества, при котором отсутствует прямое или косвенное неблагоприятное влияние на здоровье человека. Конкретные количественные показатели для отдельных загрязняющих веществ установлены нормативными актами [3, 4].

Закон [5] также предписывает то, что развитие территории городских поселений должно осуществляться при наличии мер по предупреждению или устранению негативного воздействия факторов окружающей среды на население.

Градостроительное законодательство [5] в состав деятельности по развитию территорий (градостроительной деятельности) включает территориальное планирование, разработку генеральных планов поселений, градостроительное зонирование, проектирование, строительство, реконструкцию и эксплуатацию зданий и сооружений. Таким образом, перечисленные виды градостроительной деятельности должны осуществляться с учетом требований санитарного законодательства и соблюдением установленных гигиенических нормативов в области атмосферного воздуха.

При планировании градостроительства необходимо исходить из фактического состояния атмосферного воздуха в отдельных районах населенного пункта, расположения источников загрязнения атмосферы, перспективы развития объектов негативного воздействия на окружающую среду. Только имея эти данные, можно будет принять рациональное решение, которое будет обеспечивать устойчивое развитие территорий.

Согласно санитарным правилам [6] в местах проживания населения должны соблюдаться ПДК. К местам массового отдыха предъявляются более жесткие требования – 0,8 ПДК. Следовательно, при принятии плана развития территории поселения необходимо объективно (на основании фактических данных и расчетов рассеивания загрязняющих веществ в воздухе) установить, что при размещении намечаемых к строительству объектов, а также реконструкции действующих, выделении новых или изменения границ ранее установленных функциональных зон, будет обеспечено соблюдение этих гигиенических нормативов.

Выбор площадки для строительства объектов производится с учетом аэроклиматической характеристики, рельефа местности, закономерностей распространения промышленных выбросов в атмосфере, а также потенциала загрязнения атмосферы (ПЗА). Предоставление земельных участков под строительство осуществляется только при наличии санитарно-эпидемиологического заключения, подтверждающего, что в случае реализации проекта строительства, будут соблюдены гигиенические нормативы. При этом в проектную документацию включается раздел «Охрана окружающей природной среды», содержащей сведения о результатах расчетах загрязнения атмосферного воздуха и фоновом за-

грязнении в районе планируемого размещения объекта капитального строительства.

Для лиц, в результате хозяйственной деятельности, которых осуществляется выброс загрязняющих веществ, законодательством предусмотрено обязательное осуществление мер по максимально возможному снижению такого выброса, реализуемых за счет технического перевооружения основного производства, обезвреживания выбросов.

Все объекты, негативно влияющие на атмосферный воздух, подразделяются на 5 классов вредности, в зависимости от вида производства и его мощности. В зависимости от класса вредности для таких предприятий устанавливаются санитарно-защитные зоны (СЗЗ), необходимые для обеспечения гигиенических нормативов за пределами производственной площадки и размеры которых установлены санитарными правилами [7].

СЗЗ накладывают ограничения на градостроительную деятельность, поскольку являются зонами особого регулирования [8]. Размещения объектов, предназначенных для проживания людей, в их границах не допускается.

Для объектов хозяйственной деятельности, имеющих источники загрязнения должны устанавливаться нормативы допустимого воздействия на окружающую среду. Так называемые предельно допустимые выбросы (ПДВ). Их рассчитывают индивидуально для каждого источника выбросов с целью установления максимально возможной массы выбросов загрязняющих веществ в единицу времени. Предельно допустимые выбросы устанавливаются из соображений, что после рассеивания загрязняющие вещества, поступившие из данного источника, в точке достижения своей максимальной концентрации с учетом фоновое загрязнение будут соблюдены гигиенические нормативы.

При принятии решений, которые могут оказать вредное воздействие на атмосферный воздух поселений, удобно использовать систему сводных расчетов. Под сводными расчетами подразумеваются такие расчеты приземных концентраций загрязняющих веществ по данным об их выбросах, в которых используется информация о выбросах всех источников загрязнения атмосферы, расположенных на определенной территории [9]. Такие расчеты могут проводиться для отдельных районов, для групп промышленных объектов, населенного пункта, региона или даже страны в целом.

Применение сводных расчетов достаточно широко. Это позволит иметь сведения о состоянии атмосферного воздуха населенного пункта, о зонах неблагоприятных для проживания населения, принятии решения о возможности строительства того или иного объекта, установления предельно допустимых выбросов, прогнозирования состояния атмосферного воздуха.

Несмотря на столь обширную область применения и очевидную необходимость, в настоящее время система таких расчетов развита слабо (в основном для крупных промышленных узлов). Далеко не во всех крупных городах произведен сводный расчет.

В связи с созданием в конце 2016 года государственного реестра объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду, в котором, в чис-

ле прочего, содержатся данные о количественном и качественном составе выбросов от источников загрязнения атмосферы, их координатах, возможностей к реализации системы сводных расчетов стало больше.

В случае создания такого масштабного расчета на территорию всей страны, возможна его визуализация и включение в Публичную кадастровую карту. Это позволит органам государственной власти, юридическим и физическим лицам получать актуальную информацию о состоянии атмосферного воздуха и руководствоваться ей при принятии решений.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Об охране атмосферного воздуха [Электронный ресурс] : Федеральный закон от 04.05.1996 № 96-ФЗ. – Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс». – Режим доступа: <http://www.consultant.ru>.
2. О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения [Электронный ресурс] : Федеральный закон от 30.03.1999 № 52-ФЗ (ред. от 03.07.2016). – Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс». – Режим доступа: <http://www.consultant.ru>.
3. ГН 2.1.6.1338-03 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест».
4. ГН 2.1.6.2309-07 «Ориентировочные безопасные уровни воздействия (ОБУВ) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест».
5. Градостроительный кодекс Российской Федерации [Электронный ресурс] : Федеральный закон от 29.12.2004 № 190-ФЗ (ред. от 19.12.2016) (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.01.2017). – Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс». – Режим доступа: <http://www.consultant.ru>.
6. СанПиН 2.1.6.1032-01. Гигиенические требования к обеспечению качества атмосферного воздуха населенных мест.
7. СанПиН 2.2.1/2.1.1.-14. Санитарно-защитные зоны, санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов.
8. СП 42.13330.2015. Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений.
9. Методическое пособие по выполнению сводных расчетов загрязнения атмосферного воздуха выбросами промышленных предприятий и автотранспорта города (региона) и их применению при нормировании выбросов. – СПб., 1999.

© Е. И. Зыкова, 2017

НАКОПЛЕНИЕ РТУТИ РЫБАМИ – НАДЕЖНЫЙ ИНДИКАТОР ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОДОЕМОВ РТУТЬЮ

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

Елецкий государственный университет им. И. А. Бунина, 399770, Россия, Липецкая область, г. Елец, ул. Коммунаров, 28, кандидат биологических наук, доцент кафедры химии и биологии, тел. (904)289-61-22, e-mail: Alena18er@bk.ru

Показаны пути поступления и основные потери металлической ртути производства ПО «Химпром», приводятся очаги ртутного загрязнения, указываются основные риски, приводятся химические формы ртути, показано, что ртуть, в основном, в неорганической форме, под воздействием естественных химических и биологических реакций с течением времени переходит в легко растворимые в воде органические соединения (метилртуть – CH_3HgCl , деметилртуть – CH_3HgCl и др.), обладающих сверхвысокой токсичностью. Эффект накопления ртути рыбами, позволяет использовать рыб в качестве надежных индикаторов при исследовании загрязнения водоемов ртутью.

Ключевые слова: ртутное загрязнение, формы нахождения ртути, индикатор при исследовании загрязнения водоемов ртутью.

ACCUMULATION OF MERCURY FISHING – RELIABLE INDICATOR IN RESEARCH OF POLLUTION OF WATER TANKS MERCURY

Aida A. Kaliyeva

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., Ph. D., Associate Professor of the Department of Ecology and Nature Management, tel. (913)45-30-780, e-mail: Kalieva_aida@mail.ru

Alena V. Ermienko

Yelets State University I. A. Bunin, 399770, Russia, Lipetsk region, Yelets town, 28 Kommunarov St., Ph. D., Associate Professor of the Department of Chemistry and Biology, tel. (904)289-61-22, e-mail: Alena18er@bk.ru

The ways of receipt and the main losses of metal mercury from the production of PO "Khimprom" are shown, the foci of mercury contamination are given, the main risks are indicated, the chemical forms of mercury are indicated, it is shown that mercury, mainly in inorganic form, under the influence of natural chemical and biological reactions over time Passes into water-soluble organic compounds (methylmercury – CH_3HgCl , demethylmercury – CH_3HgCl , etc.), which have ultrahigh toxicity. The effect of the accumulation of mercury by fish, allows the use of fish as reliable indicators in the study of mercury pollution of reservoirs.

Key words: mercury pollution, forms of mercury finding, indicator for mercury contamination of reservoirs.

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

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 противофильтрационной завесы «стена в грунте».

В накопитель Балкылдак ртуть поступала со сточными водами. Среднее содержание ртути в его поверхностных водах 0,01 мг/л, что в 20 раз выше ПДК_в. Исходя из объема сброшенных сточных вод и содержания в них ртути, можно приблизительно оценить общую массу ртути в воде и донных отложениях озера. Оно составляет 10–15. По данным санитарной лаборатории после остановки производства хлора и каустической соды содержание ртути в воде озера Балкылдак снизилось от 11,0 до 0,4 ПДК, что свидетельствует об интенсивности биохимического процесса естественной очистки водоема.

В настоящее время первичные источники ртутного загрязнения локализованы, но даже при изоляции они могут стать долговременным источником загрязнения подземных вод, а именно: полигон захоронения ртутьсодержащих отходов и грунтов; территория бывшего цеха ртутного электролиза; бывшая насосная № 6; бывшие пруды-накопители ртутьсодержащих вод; водоем-накопитель промышленных стоков оз. Балкылдак; «Язык» загрязненных подземных вод [1–5].

В этой связи необходимо отметить, что сохраняется вероятность рисков, связанных со следующими явлениями: загрязнение поверхностных вод и донных отложений в озере Балкылдак, а также обитающей там рыбы; поднятие уровня загрязненных подземных вод на поверхность пастбищ, используемых для выпаса крупного рогатого скота из пригорода Павлодара; возможная связь верхнего водоносного слоя с нижележащими и проникновение туда ртути; возможность вымывания ртути из вмещающих пород, находящихся внутри шлейфа загрязненных подземных вод. Ситуация усугубляется тем, что рядом с Балкылдаком сейчас создается свободная экономическая зона, в настоящее время на ее территории работает несколько предприятий, впоследствии их число увеличится до 45 предприятий, стоки будут сбрасываться Балкылдак.

Ртуть имеет три химические формы:

– элементарная (валентность 0), не очень токсична, но легко попадает в организм при вдыхании воздуха;

- химически активная неорганическая (валентность +1, +2), которая легко реагирует с другими молекулами и очень быстро выпадает из воздуха;
- органическая, метилртуть и родственные соединения, ртуть соединяющаяся с метиловыми группами с образованием новых молекул.

Эти различия влияют на токсические свойства ртути. Ртуть в двухвалентной форме, попав в водоем, может:

- восстановиться до элементарного состояния и улетучиться в атмосферу;
- образовать прочные нерастворимые соединения (сульфиды), связанные с донными отложениями;
- сорбироваться на поверхности бактериальных мембран и превратиться в метилированную форму.

Десятилетний период – минимальная временная величина реакции накопления ртути от объема поступления в озеро неорганической формы ртути (Porcella. 1994). Столь длительный период объясняется сложностью процессов перехода соединений ртути из одного состояния в другое, происходящих в воде. Известно, что для соединений ртути характерное высокое сродство твердой фазе и высокая прочность связывания донными отложениями. Снижение pH до 4,6 приводит к высвобождению ртути, которая связывается с фульвокислотами, при этом образуются растворимые ртутьорганические комплексы. Таким образом, фульвокислоты способствуют извлечению ртути из донных отложений и переводу их в водную толщу. Прежде всего, поэтому особую опасность представляют донные осадки оз. Былыкдак. В отсутствие фульвокислот возможно также образование гидрокомплексов, которые затем поглощаются гидробионтами. Ртуть накапливаемая в донных отложениях и в условиях закисления органической и микробной загрязненности, подвергается метилированию и переводу в более опасную органическую форму. Признано, что низшие трофические уровни играют основную роль в биоаккумуляции ртути, так как высший коэффициент биоконцентрации наблюдается в системе вода-фитопланктон (Сухенко, 1995; Кузубова и др., 2000). Более высокий уровень накопления ртути в бентосных организмах по сравнению с планктонным определяется, очевидно, большей продолжительностью жизни первых. Водные беспозвоночные, в основном из-за своего малого размера, короткого жизненного цикла и кормления на низком трофическом уровне, аккумулируют более низкие концентрации метилртути, чем рыба. Так, метилртуть составляет 1–30 % общей ртути в растениях, 20–80 % – в беспозвоночных и 80–100 % в рыбе и высших хищниках (а именно, хищных птицах и млекопитающих) (Сухенко, 1999). При переходе трофической цепи из воды к следующему звену на суше наблюдается значительное увеличение накопления ртути. Максимального уровня оно достигает в организме рыбоядных млекопитающих и птиц [6].

Результатом при ртутном загрязнении среды обитания, протекающие процессы могут стать причиной серьезных онтогенетических нарушений на всех этапах жизненного цикла живых организмов (рис. 1, 2) [7].

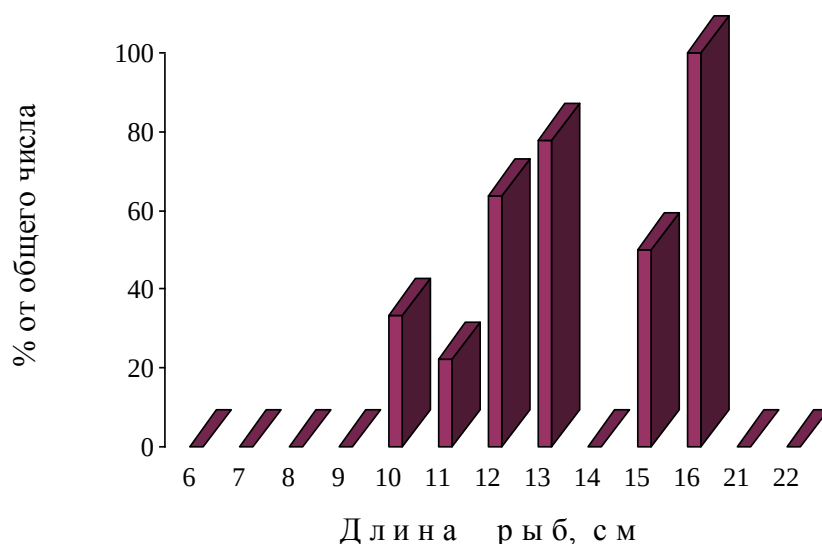


Рис. 1. Проявление «мопсовидности», в зависимости от длины рыб, в % к общему улову оз. Былкылдак



Рис. 2. Аномалии в форме рта карася серебряного оз. Былкылдак

Таким образом, ртуть, в основном, в неорганической форме, под воздействием естественных химических и биологических реакций с течением времени переходит в легко растворимые в воде органические соединения (метилртуть – CH_3HgCl , деметилртуть – CH_3HgCl и др.), обладающих сверхвысокой токсичностью и именно она интенсивно мигрирует по трофическим цепям водоема. Водная растительность обычно содержит меньшие количества метилртути, чем организмы более высоких трофических уровней.

Эффект накопления ртути рыбами в концентрациях, во много раз превышающих содержание ее в воде, позволяет использовать именно рыб в качестве надежных индикаторов при исследовании загрязнения водоемов ртутью.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Лушин Э. Н., Крахалева Т. Э., Крахалев А. Ф. Отчет о результатах работ по определению загрязнения ртутью промплощадки производства хлора и каустической соды Павлодарского химического завода (заключительный). – Павлодар : Научно-технический центр «Технолог», 1990. – 194 с.
2. 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» / В. А. Скрипник, А. А. Узбеков, А. Ю. Ноэль, М. И. Коршун. – Киев : КНИФ ГосНИИХЛОРПРОЕКТ, 1989. – 39 с.
3. 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.
4. Калиева А. А., Ермиенко А. В. К вопросу о ртутном загрязнении территории Павлодарского химзавода // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2016. XII Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Дистанционные методы зондирования Земли и фотограмметрия, мониторинг окружающей среды, геоэкология» : сб. материалов в 2 т. (Новосибирск, 18–22 апреля 2016 г.). – Новосибирск : СГУГиТ, 2016. Т. 2. – С. 116–120.
5. Рапуга 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.
6. Немова Н. Н. Биохимические эффекты накопления ртути у рыб. – М. : Наука, 2005. – 161 с.
7. Калиева А. А., Ермиенко А. В. К вопросу о биоиндикации загрязнений водных объектов на примере карася Серебряного *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.

© А. А. Калиева, А. В. Ермиенко, 2017

МАСШТАБЫ ВОЛНОВОЙ ЭРОЗИИ МОРСКОГО ДНА НА РЕГРЕССИВНОМ ЭТАПЕ РАЗВИТИЯ ЭПИКОНТИНЕНТАЛЬНОГО БАСЕЙНА

Ольга Николаевна Злобина

Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А. А. Трофимука СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Коптюга, 3, кандидат геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник лаборатории седиментологии, тел. (383)333-23-03, e-mail: Zlobina@ngs.ru

Рассмотрена роль волновой эрозии в переотложении осадков, накопившихся ранее в морской акватории. Предполагается, что на регрессивном этапе развития в эпиконтинентальном бассейне существуют собственные ресурсы (породы трансгрессивной серии), обеспечивающие формирование отложений при участии волновых процессов разного масштаба. Приведены примеры количественной оценки объема осадков, перемещенных в результате штормовой деятельности и придонных течений, которые свидетельствуют об интенсивной абразии прибрежно-морских аккумулятивных форм, если волны подходят к берегу под острым углом. Кроме того, вслед за отступающей в сторону моря береговой линией смещается область вреза в подводный склон вдольберегового течения. Таким образом, вначале регрессивного этапа кровля подстилающей трансгрессивной части разреза интенсивно размывается. Разгрузка наносов происходит на разных по глубине участках дна.

Ключевые слова: волновая эрозия, перемещение и накопление осадков, морфология берегового склона, регрессивная стадия морского бассейна.

SCOPE OF THE WAVE EROSION OF THE SEABED IN THE REGRESSIVE STAGE OF AN EPICONTINENTAL BASINS

Olga N. Zlobina

Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics SB RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, 3 Akademik Koptug Prospect, Ph. D., senior researcher of the Laboratory of sedimentology, tel. (383)333-23-03, e-mail: Zlobina@ngs.ru

The role of wave erosion in redeposition of sediments, which were accumulated earlier in the marine area, are discussed. It is assumed, that there are own resources on the regressive stage in the epicontinental basin (transgressive stage rock) providing the deposit formation with the participation of wave processes of different scale. Quantifying the volume examples of sediments, displaced as a result of storm activity and bottom currents, are listed; they testify the intense abrasion of littoral accumulative forms when waves approach the shore at an acute angle. In addition, incision area shifted in the underwater slope of the longshore current following the retreating seaward shoreline. Thus, the first stage of regressive part roof of underlying transgressive section part is heavily eroded. Unloading sediment occurs on different depths of the bottom.

Key words: wave erosion, movement and accumulation of the deposits, the morphology of the coastal slope, regressive stage of the sea basin.

Регрессивные циклы в развитии морских бассейнов считаются наиболее благоприятными для формирования мощных пластов-коллекторов, потенциальных вместилищ для месторождений углеводородов. Одним из обоснований

теории клиноформенного строения этих разрезов является представление о заполнении эпиконтинентального бассейна седиментации прогрессивно развивающимися дельтовыми отложениями [1]. Иначе, по мнению исследователей, сложно объяснить, каким образом накопилась большая масса осадков при отступающей в сторону моря береговой линии. В дополнение к этому предлагается геосолитонный механизм, основывающийся на импульсных геодинамических возмущениях, которые порождают землетрясения, цунами и связанные с ними мощные турбидитные потоки и подводные оползни. В данной работе рассматриваются особенности седиментации вне дельтовых систем. Следует отметить, что характер трансгрессивной и регрессивной фаз развития бассейна в нормальных, нестрессовых условиях зависит от степени выраженности двух процессов, протекающих одновременно: эрозии (абразии) морского дна и аккумуляции осадков. Сокращение масштабов водной поверхности не означает прекращения размыва прибрежно-морских отложений. Длина береговой линии при отступлении моря уменьшается более медленными темпами, по сравнению с площадью акватории (функция квадрата отношения величин возрастает быстрее функции отношений этих величин). Не меняется также объем воздушного пространства, в пределах которого разгонялся ветер, если только на его пути не появляются горы. В то же время, зона обрушения волн перемещается вниз по морскому склону вслед за мигрирующей береговой линией, поэтому в область интенсивного размыва попадают осадки, накопившиеся ранее в бассейне. Они еще слабо консолидированы и разрушаются гораздо быстрее скальных пород. Деятельность поверхностных волн, сгенерированных ветром, может приводить к размыву не только зоны прибоя, но и аккумулятивных форм рельефа предыдущих стадий – морских террас, отмелей, баров. Совместным результатом с волнами других типов (внутренних, приливно-отливных и др.) является перемещение отложений вдоль береговой линии и вглубь бассейна (рис. 1) [2].

В зависимости от силы и продолжительности ветров высота волн в современных акваториях изменяется от нескольких миллиметров во время штиля до 25 м в шторм. Длина штормовых волн достигает до 150–250 м. При скорости ветра около 10 м/с они поднимаются на высоту 2,5–3,5 м, при разгоне до 25 м/с – 12–15 м. Подходя к берегу, волны начинают свою разрушительную работу с глубины равной половине их длины в открытом море [3].

В перемещении донных отложений большую роль играют внутренние волны. Они образуются на границе раздела слоев воды с различной плотностью, могут иметь высоту более 100 м, но перемещаются значительно медленнее поверхностных. Граница раздела между слоями возбуждается (выводится из равновесия) по разным причинам: сильное поверхностное волнение, приливные течения, резкие изменения атмосферного давления и др. Кроме того, следует согласиться со сторонниками геосолитонной модели, что при реконструкциях обстановок седиментации необходимо учитывать вероятность катастрофических процессов, связанных с экстремальными волнами-убийцами и цунами.

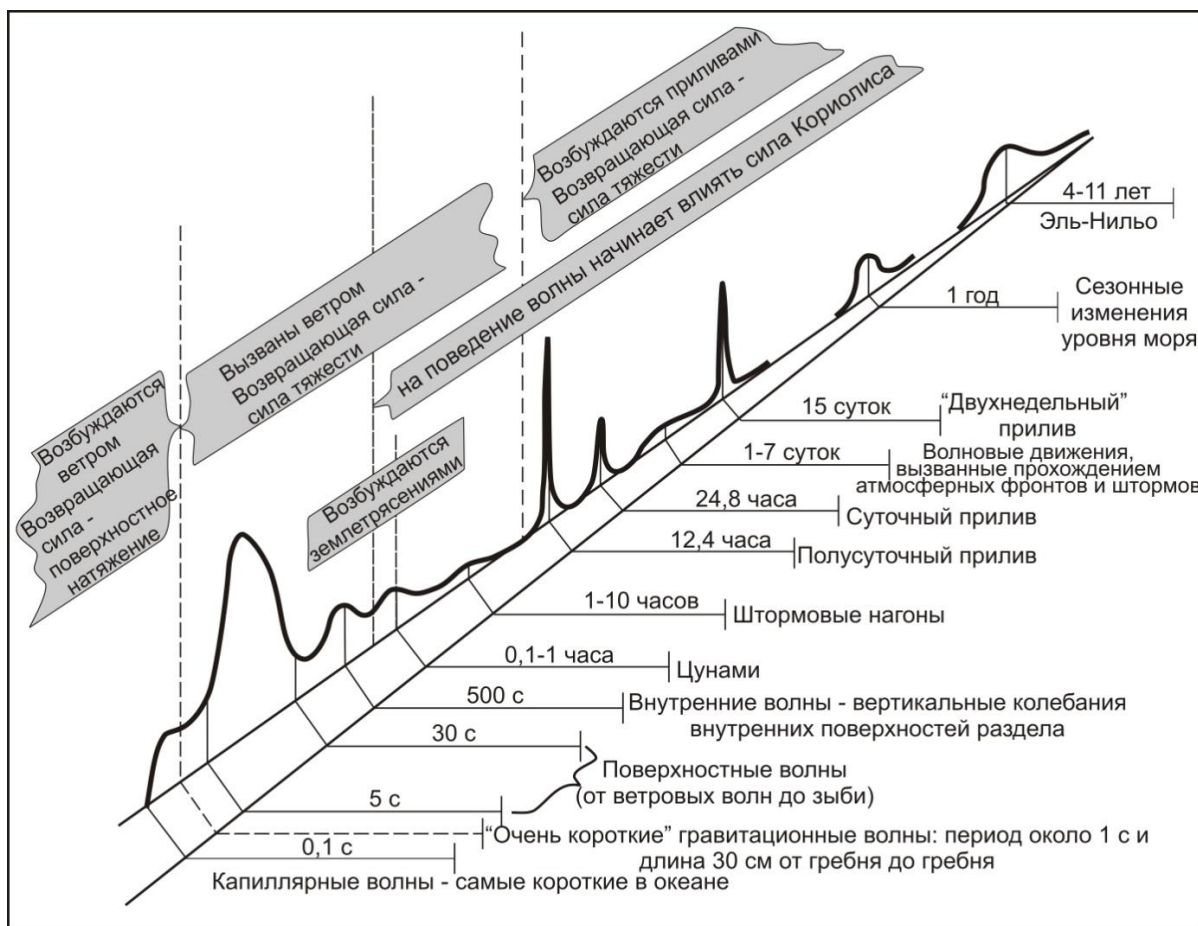


Рис. 1. Спектр волнения – распределение энергии между встречающимися в океанах всевозможными типами волн. Высота каждого пика кривой характеризует общее количество энергии, заключенное в волнах определенной длины в любой момент времени [2]

Для количественной оценки результатов волновой эрозии приведем контрольные расчеты, выполненные в «Своде правил по проектированию морских берегозащитных сооружений» [4]. В них заложены характеристики шторма длительностью 99 часов и параметры насыпной дамбы из мелкого песка (средний диаметр зерен 0,140 мм). Фронт штормовой волны подходил к дамбе под углом 45° . Высота волны в начале шторма составляла 0,05 м, через 51 час достигла – 1,5 м, затем постепенно уменьшалась до первоначальных значений к завершению события. Угол «мокрого» откоса (сторона дамбы, обращенная к морю) в начале шторма составлял 33° , в конце – около $2,8^\circ$. С одного погонного метра дамбы, вытянутой вдоль береговой линии, за 99 часов было вынесено в море $100,8 \text{ м}^3$ песка, т. е. она была практически полностью размыта. Если волны распространяются по нормали к берегу, то на подводном склоне с выдержанным уклоном и однородными осадками, в нижней части наблюдается вынос материала и перемещение его далее вниз по склону, а в верхней – размыв и миграция в сторону берега. Между этими крайними участками располагается нейтральная линия [5]. В зоне прибоя формируется пляж, окаймленный со стороны суши полосой береговых валов.

Энергия штормовых волн практически полностью гасится в пределах пляжа, если его ширина составляет не менее 20 м [6]. Неустойчивое (кратковременное) равновесие выработанного профиля нарушается при падении уровня моря. Положение нейтральной линии смещается вниз по склону и процесс переноса материала начинается снова, таким образом в верхней части формируется серия параллельных прислоненных друг к другу валов, сравнимых с вышеописанной насыпной дамбой. За время существования бассейнов направления преобладающих ветров, как правило, неоднократно меняются, это может происходить каждый год как сезонное явление. Например, в западном Средиземноморье в разные месяцы дуют восточный ветер *Levanter*, северо-восточный *Levantades*, юго-западный *Vendavales* и южный *Scirocco*. Поэтому, вероятность сохранения прибрежных аккумулятивных форм рельефа в регрессивную фазу очень мала. Когда море отступает с высокой скоростью за счет поднятия суши, или прогибания дна, то уклон берегового склона становится более крутым или ступенчатым и, следовательно, интенсивнее разрушается. Продукты абразии сносятся и перераспределяются течениями на морском дне. Вдольбереговой транспорт наносов в терминах локальных и интегральных характеристик проанализирован в работе И. О. Леонтьева [7]. По данным расчетов исследователя при подходе волны к побережью под углом 35° , высоте волн на относительном глубоководье (вне зон обрушения) 1,7 м, диаметре переносимых частиц $\sim 0,165$ мм, расход наносов, проходящих через сечение всего потока, составляет $782 \text{ м}^3/\text{ч}$. Под расходом наносов понимается количество взвешенного и влекомого обломочного материала, которое перемещает водоток за единицу времени. Локальный расход наносов выражается в м^3 , перемещенных вдоль 1 м берега в течение одного часа. Результаты натурных экспериментов на атлантическом побережье США (район Дак, Северная Каролина) и расчетные параметры приведены на рис. 2 [7].

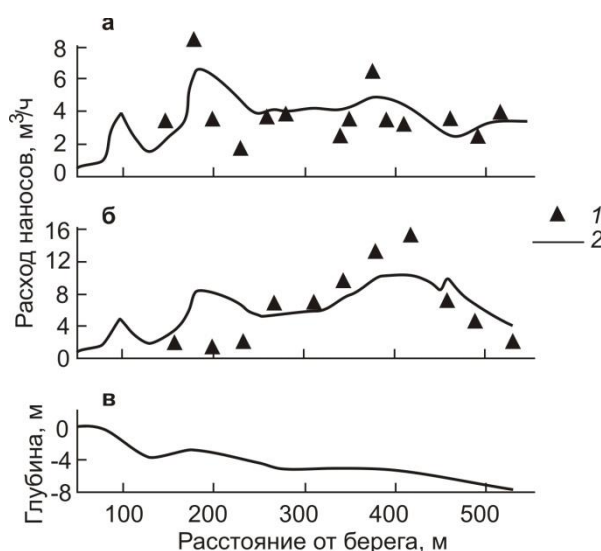


Рис. 2. Сравнение расхода вдольбереговых наносов в условиях сильного шторма по расчетным данным (2) и натурным измерениям (1) на Атлантическом побережье США, в районе Дак [7]:

а – наблюдения 20 октября 1997 г.; б – 4 января 1998 г.; в – морфология подводного склона

Одним из актуальных вопросов при реконструкциях древних обстановок седиментации является определение мощности отложений, которые были размывы в центральной части подводного склона в процессе достижения им профиля равновесия. Этот уровень при отступлении моря непрерывно передвигается вниз по склону. Вначале этапа размываются осадки трансгрессивной стадии, затем накопившиеся при регрессии. Очевидно, что величина потери мощности слоев, накопленных ранее, зависит от нескольких факторов – гранулометрического состава осадков, характера волновой деятельности, силе придонных течений и др. В рекомендациях к гидротехническим сооружениям приводятся зависимости неразмывающей скорости потока от диаметра частиц и глубины потока (при его определенной плотности и других характеристиках) [8]. Неразмывающая скорость характеризует устойчивость отложений на дне потока, при превышении этих предельных значений начинается донная эрозия. Исходя из данных следует, что частицы диаметром меньше 1 мм начнут отрываться от дна и вовлекаться в поток глубиной 10 м при скоростях больших 0,46-0,49 м/с. Для связанных (уплотненных грунтов) требуются большие скорости – 0,56-1,72 м/с. В современных акваториях скорость вдольбереговых течений на некоторых участках возрастает до 2,5 м/с. Таким образом, вначале регрессивного этапа кровля подстилающей трансгрессивной части разреза интенсивно размывается, разгрузка наносов происходит на разных по глубине участках дна. По мере значительного сокращения водной поверхности масштабы волновой эрозии будут уменьшаться. С учетом вышеизложенного автор считает обоснованным применение в исследованиях древних бассейнов седиментации математических моделей расхода вдольбереговых наносов, рассчитанных для современных отложений. Это важно для решения задач расчленения и корреляции разрезов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гулари Ф. Г. Строение и условия образования клиноформ неокотских отложений Западной Сибири: история становления представлений. – Новосибирск : СНИИГГиМС, 2003. – 140 с.
2. Нешиба С. Океанология. Современные представления о жидкой оболочке Земли : пер. с англ. – М. : Мир, 1991. – 414 с.
3. Планета Земля. Мировой океан. Морские волны: сайт Владимира Каланова [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://znaniya-sila.narod.ru/solarsis/zemlya/earth_ocean_06.htm.
4. Свод правил по проектированию морских берегозащитных сооружений. – М. : Корпорация Трансстрой, 1998. – 83 с.
5. Методическое руководство по морфологическим исследованиям. – Л. : Недра, 1972. – 384 с.
6. Инженерная геология : учеб. для строит, спец. вузов / В. П. Ананьев, А. Д. Потопов. – 3-е изд., перераб. и испр. – М. : Высш. шк., 2005. – 575 с.
7. Леонтьев И. О. О расчете вдольберегового транспорта наносов // Океанология. – 2014. – Т. 54, № 2. – С. 226–232.
8. Рекомендации по прогнозу трансформации русла в нижних бьефах гидроузлов, СО 34.21.204-2005. ОАО «ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева». – СПб., 2006. – 38 с.

© О. Н. Злобина, 2017

ЭЛЕМЕНТНЫЙ СОСТАВ ПЫЛЬЦЫ РАСТЕНИЙ, ПРИСУТСТВУЮЩЕЙ В ВОЗДУХЕ НОВОСИБИРСКА

Владимир Викторович Головкин

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

Ольга Васильевна Чанкина

Институт химической кинетики и горения им. В. В. Воеводского СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, ул. Институтская 3, кандидат биологических наук, научный сотрудник, тел. (383)330-77-43, e-mail: chankina@ns.kinetics.nsc.ru

Приводятся результаты исследования элементного состава 13 видов древесных растений, вносящих весомый вклад в массовую концентрацию грубодисперсной фракции атмосферного аэрозоля Новосибирска. Методом рентгенофлуоресцентного анализа с использованием синхротронного излучения (РФАСИ) на станции элементного анализа института ядерной физики им. Будкера на накопителе электронов ВЭПП-3 были достоверно определены концентрации 21 элемента (от K to Pb)

Ключевые слова: пыльца, многоэлементный состав.

COMPOSITION OF PLANT POLLEN ELEMENTS IN NOVOSIBIRSK ATMOSPHERE

Vladimir V. Golovko

V. V. Voevodsky Institute of Chemical Kinetics and Combustion SB RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, 3 Institutskaya St., Ph. D., lead engineer, tel. (383)330-77-43, e-mail: golovko@ns.kinetics.nsc.ru

Olga V. Chankina

V. V. Voevodsky Institute of Chemical Kinetics and Combustion SB RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, 3 Institutskaya St., Ph. D., scientific associate, tel. (383)330-77-43, e-mail: golovko@ns.kinetics.nsc.ru

Results from the studies on the elemental composition of the pollen of 13 species of arboreal plants contributing much to the mass concentration of a coarse-disperse fraction of atmospheric aerosol of Novosibirsk are presented. The concentrations of 21 elements (from K to Pb) were determined reliably by the method of X-ray fluorescence analysis using synchrotron radiation (SRXRF) at the station of element analysis of the Budker Institute of Nuclear Physics (VEPP-3 storage ring).

Key words: pollen, multielement structure.

Характерной особенностью атмосферных аэрозолей (АА), является многокомпонентность состава и широкий диапазон изменения содержания отдельных составляющих. Одновременное наличие в составе АА частиц минерального, биологического и антропогенного происхождения, низкая массовая концентрация полученных образцов затрудняют их химический анализ, оценку атмосферного переноса вещества. Без знания этих характеристик невозможно составить представление о региональном геохимическом фоне и состоянии экосистем в целом.

Важно выделить его природную и техногенную компоненты аэрозольного переноса. Природная компонента атмосферного аэрозоля представлена минераль-

ной и биогенной фракциями, резко отличающимися по своему составу. Наиболее распространенные в земной коре Si и Al не играют существенной роли в строении живого вещества, тогда как Co, Cu, Mo, Se, Cd и др., не отмеченные высокой распространенностью, присутствуют в живых тканях. В настоящее время в них обнаружены практически все элементы, известные на поверхности Земли (найденно примерно 70 элементов, причем 47 из них наблюдаются постоянно). Доминируют же лишь шесть элементов – H, O, N, C, P и S. Кроме главных шести наибольшее значение имеют четырнадцать элементов, десять металлов: пять непереходных с постоянной валентностью (Na, K, Mg, Ca и Zn), пять переходных с переменной валентностью (Mn, Fe, Co, Cu, Mo) и четыре галогена (F, Cl, Br, I) [1, 2]. Биогенная фракция аэрозоля достаточно весома. В ряде регионов Земли на ее долю приходится до 55-95 % массовой концентрации атмосферного аэрозоля [3-5]. Одной из наиболее массовых составляющих биоаэрозоля является пыльца растений, продуцируемая в огромных количествах. Зольность пыльцы растений составляет порядка 3-4 % [6]. Благодаря своей массовости она может играть важную роль в атмосферном переносе ряда биогенных элементов [7].

Данная работа посвящена исследованию элементного состава пыльцы 13 видов древесных ветроопыляемых растений, доминирующей в пыльцевом спектре АА г. Новосибирска.

Материалы и методы. Сбор пыльцы проводился по стандартной методике в природных популяциях растений в окрестностях г. Новосибирска [6, 8].

Элементный состав в образцах определяли методом рентгенофлуоресцентного анализа с использованием синхротронного излучения (РФАСИ). Измерения спектров проводили на станции элементного анализа в Сибирском Центре синхротронного и терагерцового излучения Института ядерной физики им. Г. И. Будкера СО РАН на накопителе электронов ВЭПП-3 при энергии возбуждения 23 кэВ. Первичная математическая обработка полученных спектров (идентификация элементов и определение площадей пиков) проводилась при помощи программы AXIL для флуоресцентных спектров. Для определения концентрации элементов применяли метод внешнего стандарта. В качестве образца сравнения, использован российский стандарт растительного материала СОРМ1 ГСО 8242-2003, как наиболее близкий по составу к определяемым образцам. При 20-кратных параллельных измерениях стандартного образца относительное стандартное отклонение (Sr, %) составляет 5–15 % и предел обнаружения от 10^{-7} г/г в зависимости от элемента. Определен следующий элементный состав: K, Ca, Ti, V, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, As, Se, Br, Rb, Sr, Y, Zr, Nb, Mo и Pb.

Результаты и обсуждение. В табл. 1 представлены результаты многоэлементного анализа рентгенофлуоресцентным методом с использованием синхротронного излучения пыльцы 13 видов древесных растений: березы бородавчатой, сосны обыкновенной, ели сибирской, лиственницы сибирской, клена ясенелистного, осины, дуба черешчатого, ивы пятитычинковой, липы сердцелистной, ольхи черной, облепихи крушиновой, ореха манчжурского собранных в Академгородке г. Новосибирска и его окрестностях. Приведены данные по элементам, имеющим концентрацию выше предела обнаружения.

Таблица 1

Содержание химических элементов в составе пыльцы древесных растений

Элемент	Содержание химических элементов, мкг/г													
	Береза бородавчатая	Сосна обыкновенная	Ель сибирская	Пихта сибирская	Лиственница сибирская	Клен ясенелистный	Осина	Дуб черешчатый	Ива пяти-тычинковая	Липа сердцелистная	Ольха черная	Облепиха крушиновая	Орех манчжурский	Почва
K	9919	11594	38743	22942	15225	13081	22799	12554	13632	10019	7721	5777	14727	14000
Ca	3778	556	640	924	1602	4167	3497	2731	4552	8633	2935	416	1643	15000
Sc	0,006			0,001	0,008	0,006	0,002	0,006	0,011	0,019	0,004			7
Ti	24	6	4	9	11	47	11	17	14	51	6	25	12	5000
V	0,54	0,05	0,28	0,24	0,52	0,67	0,05	0,07	0,26	0,84	0,43	0,23		90
Mn	116	22	38	39	235	74	41	132	71	53	43	28	33	1000
Fe	247	177	97	97	188	553	162	353	262	468	133	194	228	40000
Co	0,06	0,04	0,04	0,05	0,96	0,1	0,01	0,05	0,09	0,1	0,01	0,1	0,03	8
Ni	7,5	0,9	1,2	1	1	1,9	0,9	2,2	1,1	1,5	1,3	3,0	1,3	50
Cu	5,5	3,2	6,2	5	4,6	6,9	7,8	8	8,5	11,3	4,8	3,1	5,2	30
Zn	8,1	40	88	90	104	64	71	119	124	113	52	43	66	90
As	0,1	0,01	0,001	0,15	0,01		0,02		0,05	0,15		0,02	0,07	6
Se	0,07	0,02	0,06	0,04	0,08	0,08	0,03	0,07	0,07	0,04	0,05		0,07	0,4
Br	0,74	0,028	0,64	0,63	2,73	3,14	0,8	107	1,54	1,17	0,66	56	0,37	10
Rb	9	6	9	6	21	4	11	11	23	3	10	3,5	6	150
Sr	7	1	5	2	17	9	10	3	11	37	5	2,1	3	250
Y	0,17	0,21	0,22	0,32		0,51	0,26	0,45	0,3	0,15		0,66	0,13	40
Zr	3,4	1,3	1,2	0,4	1	8	1,5	4,6	4,6	39,9	0,2	2,25	1	400
Nb	0,38	1,234	1,6	1,13	0,56	2,8	0,45	0,46	1,4	2,44	0,52	0,94	0,69	10
Mo	0,64	1,3	0,65	0,74	0,15	0,68	0,48	0,58	0,15	1,16	1,64	0,16	0,53	1,2
Pb	0,57	0,43	0,44	0,37	0,49	1,4	0,34	0,7	0,55	1,4	0,21	2,32	0,47	35

Таблица 2

Относительное содержание химических элементов в составе пыльцы древесных растений

Элемент	Относительная концентрация химических элементов, нормированная относительно содержания железа													
	Береза бородавчатая	Сосна обыкновенная	Ель сибирская	Пихта сибирская	Лиственница сибирская	Клен ясенелистный	Осина	Дуб черешчатый	Ива пяти-тычинковая	Липа сердцелистная	Ольха черная	Облепиха крушиновая	Орех манчжурский	Почва
K	40,2	65,5	399,4	236,5	81,0	23,7	140,7	35,6	52,0	21,4	58,1	8,7	64,6	0,4
Ca	15,3	3,1	6,6	9,5	8,5	7,5	21,6	7,7	17,4	18,4	22,1	2,6	7,2	0,4
Sc	$2,4 \cdot 10^{-5}$	0	0	$1,0 \cdot 10^{-5}$	$4,3 \cdot 10^{-5}$	$1,1 \cdot 10^{-5}$	$1,2 \cdot 10^{-5}$	$1,7 \cdot 10^{-5}$	$4,2 \cdot 10^{-5}$	$4,1 \cdot 10^{-5}$	$3 \cdot 10^{-5}$	$4,7 \cdot 10^{-6}$	0	0,0002
Ti	0,0972	0,0339	0,0412	0,0928	0,0585	0,0850	0,0679	0,0482	0,0534	0,109	0,0451	0,111	0,0526	0,125
V	0,0022	0,0003	0,0029	0,0025	0,0028	0,0012	0,0003	0,0002	0,0010	0,0018	0,0032	0,0009	0	0,0023
Mn	0,470	0,1243	0,3918	0,4021	1,25	0,1338	0,2531	0,3739	0,2710	0,1132	0,3233	0,0454	0,1447	0,025
Fe	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Co	0,0002	0,0002	0,0004	0,0005	0,0051	0,0002	0,0001	0,0001	0,0003	0,0002	0,0001	0,0002	0,0001	0,0002
Ni	0,0304	0,0051	0,0124	0,0103	0,0053	0,0034	0,0056	0,0062	0,0042	0,0032	0,0098	0,0016	0,0057	0,0013
Cu	0,0223	0,0181	0,0639	0,0515	0,0245	0,0125	0,0481	0,0227	0,0324	0,0241	0,0361	0,0042	0,0228	0,0008
Zn	0,0328	0,2260	0,9072	0,9278	0,5532	0,1157	0,4383	0,33711	0,4733	0,2415	0,3910	0,0581	0,2895	0,0023
As	0,0004	$5,6 \cdot 10^{-5}$	$1 \cdot 10^{-5}$	0,0015	0,0001	0	0,0001	0	0,0002	0,0003	0	0	0,0003	0,0002
Se	0,0003	0,0001	0,0006	0,0004	0,0004	0,0001	0,0002	0,0002	0,0003	$8,5 \cdot 10^{-5}$	0,0004	$2,6 \cdot 10^{-5}$	0,0003	0,0000
Br	0,0030	0,0002	0,0066	0,0065	0,0145	0,0057	0,0049	0,3031	0,0059	0,0025	0,0050	0,0006	0,0016	0,0003
Rb	0,0364	0,0339	0,0928	0,0619	0,1117	0,0072	0,0679	0,0312	0,0878	0,0064	0,0752	0,0040	0,0263	0,0038
Sr	0,0283	0,0056	0,0515	0,0206	0,0904	0,0163	0,0617	0,0085	0,0420	0,0791	0,0376	0,0127	0,0132	0,0063
Y	0,0007	0,0012	0,0023	0,0033	0	0,0009	0,0016	0,0013	0,0011	0,0003	0	0,0011	0,0006	0,001
Zr	0,0138	0,0073	0,0124	0,0041	0,0053	0,0145	0,0093	0,0130	0,0176	0,0853	0,0015	0,0287	0,0044	0,01
Nb	0,0015	0,0070	0,0165	0,0116	0,0030	0,0051	0,0028	0,0013	0,0053	0,0052	0,0039	0,0045	0,0030	0,0003
Mo	0,0026	0,0073	0,0067	0,0076	0,0008	0,0012	0,0030	0,0016	0,0006	0,0025	0,0123	0,0004	0,0023	0,0000
Pb	0,0023	0,0024	0,0045	0,0038	0,0026	0,0025	0,0021	0,0020	0,0021	0,0030	0,0016	0,0015	0,0021	0,0009

Во флоре г. Новосибирска присутствуют хвойные (сосна, ель, пихта, лиственница), мелколиственные (береза, осина, ольха, ива) и, интродуцированные человеком, широколиственные (дуб, клен, липа, орех) древесные растения. Из таблицы 1 видно, что элементный состав пыльцевых зерен данных групп растений сходен и резко отличается от элементного состава почвы, являющейся основным источником минеральной компоненты атмосферного аэрозоля. Особенно наглядным это различие становится, если сравнивать не абсолютное, а относительное содержание элементов в различных образцах пыльцы и почвенной пробе.

В табл. 2 приводятся данные об относительном содержании различных элементов в пыльце растений и почве. Нормировка относительного содержания различных элементов проводилась по отношению к содержанию железа в тех же пробах. Относительное содержание таких элементов, как Sc, V в пробах пыльцы – меньше, чем в почве, Ti, Co, As, Sr, Zr – примерно равно их содержанию в почве, а K, Ca, Mn, Ni, Cu, Zn, Se, Br, Rb, Y, Nb, Mo, Pb – выше его относительного содержания в почве, причем различия могут достигать величины трех порядков. В период массового цветения древесных растений, концентрация их пыльцы в воздухе сопоставима с массовой период атмосферного аэрозоля в целом. Следовательно, несмотря на низкую зольность пыльцы, в отдельные дни она может существенно влиять на многоэлементный состав атмосферного аэрозоля.

Выводы

1. Получены количественные данные по содержанию 21 элемента в пыльце 13 видов ветроопыляемых древесных растений, доминирующих в растительном покрове в окрестностях Новосибирска.

2. Показано, что пыльца данных растений может оказывать заметное влияние на многоэлементный состав атмосферного аэрозоля.

© В. В. Головкин, О. В. Чанкина, 2017

СОВРЕМЕННЫЕ УРОВНИ ГЛОБАЛЬНЫХ РАДИОАКТИВНЫХ ВЫПАДЕНИЙ В РАЙОНЕ ТОМТОРСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ (СЕВЕРО-ЗАПАД ЯКУТИИ)

Владислав Егорович Ушницкий

Министерство охраны природы Республики Саха (Якутия), 677000, Россия, г. Якутск, ул. Дзержинского, 3/1, главный специалист, тел. (411)234-49-15, e-mail: ushnitski@mail.ru

Светлана Юрьевна Артамонова

Институт геологии и минералогии им. В. С. Соболева СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Коптюга, 3, доктор геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник, тел. (383)333-27-92, e-mail: artam@igm.nsc.ru

Михаил Сергеевич Мельгунов

Институт геологии и минералогии им. В. С. Соболева СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Коптюга, 3, кандидат геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник, тел. (383)333-27-92, e-mail: mike@igm.nsc.ru

Рассматривается современный уровень техногенного радиоактивного загрязнения северо-таежных ландшафтов района Томторского редкометалльного месторождения на северо-западе Якутии (71° С.Ш., 116° В.Д.). Установлено содержание ^{137}Cs и ^{90}Sr в почвах и мхах, они соответствуют глобальному фоновому уровню, в т.ч. сформированному радиоактивными выпадениями при ядерных испытаниях на Новоземельском полигоне.

Работа проведена в рамках подпрограммы «Обеспечение радиационной безопасности на территории Республики Саха (Якутия)» государственной программы «Охрана окружающей среды Республики Саха (Якутия) на 2012–2017 годы».

Ключевые слова: техногенные радионуклиды, глобальный фон, Якутия.

MODERN LEVEL OF GLOBAL RADIOACTIVE FALLOUT IN THE AREA OF TOMTOR DEPOSIT (NORTH-WEST OF YAKUTIA)

Vladislav E. Ushnitski

Ministry of Nature Protection of the Sakha Republic (Yakutia), 677000, Russia, Yakutsk, 3/1 Dzerzhinskogo St., Senior specialist, tel. (411)234-49-15, e-mail: ushnitski@mail.ru

Svetlana Yu. Artamonova

V. S. Sobolev Institute of Geology and Mineralogy SB RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, 3 Akademik Koptug Prospect, D. Sc., Senior researcher, tel. (383)333-27-92, e-mail: artam@igm.nsc.ru

Mikhail S. Melgunov

V. S. Sobolev Institute of Geology and Mineralogy SB RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, 3 Akademik Koptug Prospect, Ph. D., Senior researcher, tel. (383)333-27-92, e-mail: mike@igm.nsc.ru

The modern level of global technogenic radioactive pollution of the north-taiga landscape of Tomtor rare metal deposit area in north-west of Yakutia (71° north latitude, 116° east longitude) is considered. The activity of ^{137}Cs and ^{90}Sr in soil and moss is determined. These levels of radioactivity are practically equal to the global radioactive fallout, also fallout induced by nuclear testing in Novozemelski polygon.

The work was supported by State programme “Environmental Protection of Sakha Republic (Yakutia) in 2012–2017 yy.”, sub- programme “Radioactive Safety on the territory of Sakha Republic (Yakutia)”.

Key words: technogenic radionuclides, global radioactive fallout, Yakutia.

Томторское месторождение редких металлов расположено в бассейне р. Уджа на северо-западе Якутии (71° с. ш., 116° в. д.). На зандровой пологоувалистой равнинной местности развито лиственничное редколесье в условиях сплошной многолетней мерзлоты. До начала отработки месторождения необходима оценка исходного состояния природной среды. Из-за естественной радиоактивности томторских руд, вызванной примесью U и Th, большое внимание уделяется радиоэкологическому изучению района. Наряду с этими работами необходимо оценить современные уровни загрязнения природной среды техногенными радионуклидами, поскольку основной шлейф радиоактивных выпадений при ядерных испытаниях СССР на Новоземельском полигоне пролегал рядом [Радионуклидное..., 2004] (рис. 1).

Целью работы было установить активности ^{137}Cs , ^{90}Sr и Pu в почвах и мхах северо-таежных ландшафтов Томторского месторождения.

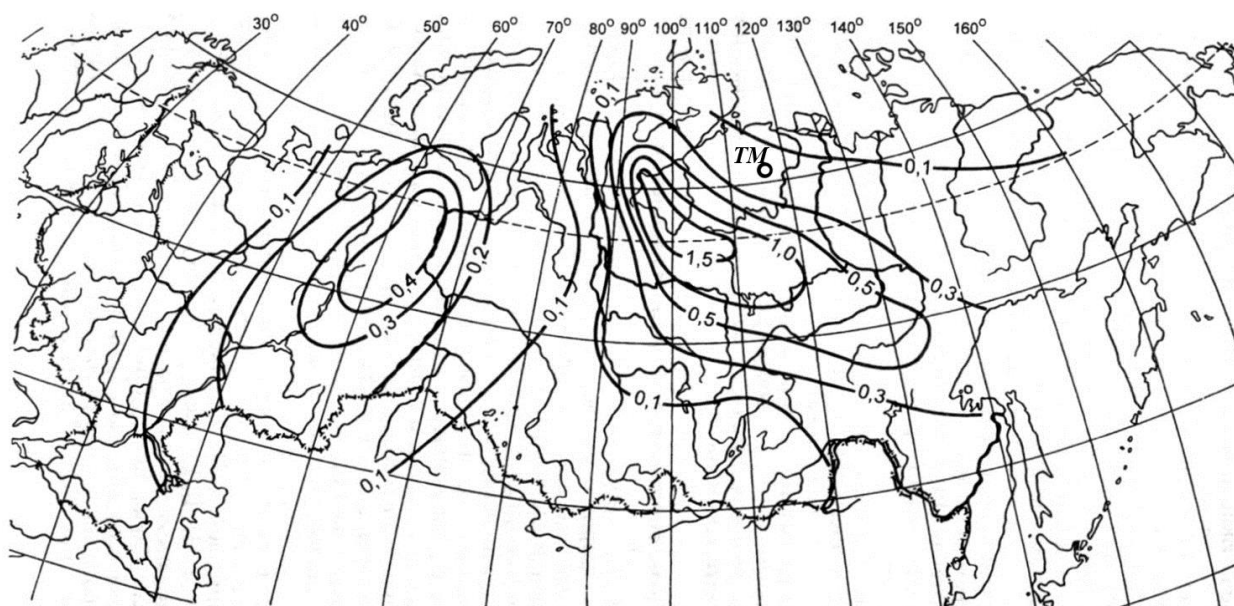


Рис. 1. Модель радиационной обстановки при ядерных испытаниях на Новоземельском полигоне (Р): ТМ – Томторское месторождение

Экспериментальная часть. Отобраны пробы почв и мхов на 4-х участках в 2015 г. На участке «Южный» пробы почв отобраны на водоразделе (135 абс. м) левого борта, на склоне (127 абс. м) и в долине руч. Онгучах (107 абс. м.) (рис. 2). Почвенные профили пройдены на глубину до 37 см. На водоразделе в т. 1 подстилка из неразложившегося органического материала составляет интервал 0–10 см, гумусовый горизонт очень тонкий и залегает

на глубине 10–12 см; ниже интервал 12–25 см составляют тяжелые влажные серые суглинки, 25–37 см – серые тяжелые суглинки сильновлажные.

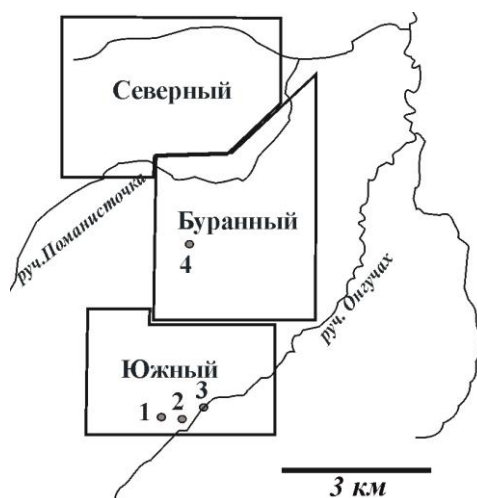


Рис. 2. Схема отбора проб почв и мхов на Томторском месторождении (контурами обозначены рудные участки с названиями)

На склоне мощность почвенно-растительного слоя (т. 2) меньше, чем на водоразделе (т. 1). Интервал 0–7 см сложен подстилкой, 7–8 см – гумусовым горизонтом, 8–20 см – серыми влажными суглинками, ниже они становятся сильновлажными. В почвах долины руч. Онгучах интервал 0–8 см сложен подстилкой, 8–10 см – гумусовым горизонтом, ниже 10 см – серыми влажными суглинками. Пробы мхов и дернины (подстилки в интервале 0–8 см) также отобраны на водоразделе между руч. Онгучах и Поманисточка на участке Буранный (т. 4).

Активность ^{137}Cs определялась с помощью высокоточной полупроводниковой γ -спектрометрии с колодезным ППД EGPC 192-P21/SHF 00-30A-CLF-FA фирмы EURISYS MEASURES (Франция). Предел обнаружения радиоцезия равен 2 Бк/кг, относительная погрешность не превышает 10 %. Время измерения 24 ч. Активности ^{90}Sr и изотопов Рн определялись после предварительной радиохимической пробоподготовки. Активность ^{90}Sr – по изотопу ^{90}Y с помощью β -радиометрии на РУБ-01П с использованием низкофонового блока детектирования БДЖБ-06П. Чувствительность метода составляет 0.01 Бк. Относительная погрешность не более 10 %. Активность изотопов Рн – α -спектрометрическим способом на одноканальном α -спектрометре 7184 фирмы EURISYS MEASURES (Франция) [Мельгунов и др., 2003]. Пределы обнаружения по изотопам Рн находятся на уровне $5 \cdot 10^{-4}$ Бк при времени измерения $2 \cdot 10^5$ с. Использованы стандартные растворы ^{242}Pu и ^{236}Pu .

Результаты. В районе развиты мерзлотные северо-таежные типичные глееватые почвы, сильно влажные. Мощность подстилки (A0) из неразложившегося органического вещества составляет 4–6 см, в ложбинах полигонального растрескивания увеличивается до 10–15 см. Мощность гумусового горизонта тон-

кий – всего около 1 см. Ниже залегает сильноувлажненный глеевый горизонт состоит из серых тяжелых суглинков.

В почвах водораздела и склона участка «Южный» в интервале от 0 до 12 см установлены активности ^{137}Cs 40–70 Бк/кг, ниже его активность не превышает предела детектирования (< 2 Бк/кг) (рис. 3).

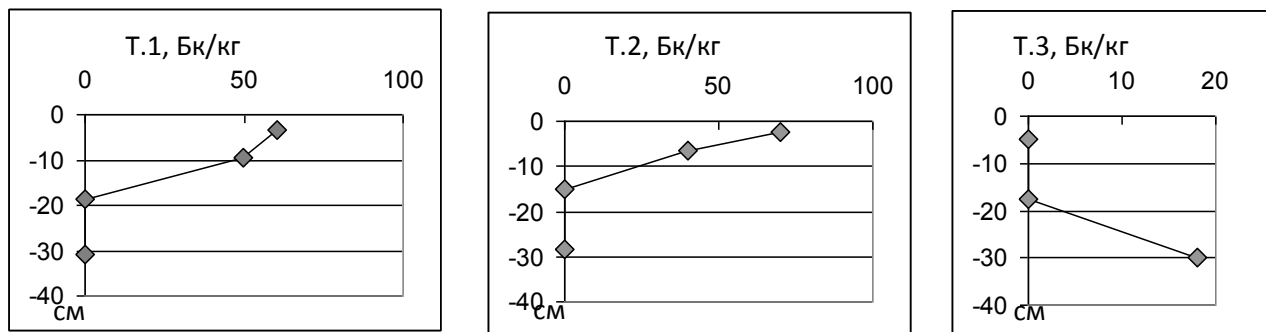


Рис. 3. Активность ^{137}Cs в почвенных профилях на водоразделе (т. 1), склоне (т. 2) и в долине (т. 3) руч. Онгучах (Бк/кг). Глубина в см

В верхних горизонтах почв долины (т. 3) ^{137}Cs не обнаружен, а в интервале глубин 25–35 см его активность составила 18 Бк/кг. По-видимому, из верхних горизонтов ^{137}Cs был размыт водными потоками, а на глубине 25–35 см произошло его накопление за счет вертикальной миграции.

Общая плотность загрязнения почв ^{137}Cs снижается в цепи сопряженных ландшафтов «водораздел – склон – долина» соответственно 1673 – 973 – 423 Бк/м². Полученные данные в целом сопоставимы с данными в 140 км северо-западнее – района пос. Саскылах [Собакин, 2009], где в верхних горизонтах тундровых глеевых почв активность ^{137}Cs составляет 34–68 Бк/кг, а общая плотность загрязнения ^{137}Cs оценивается в 434 Бк/м².

В почвах т. 1 в интервале 0–12 см установлена активность ^{90}Sr в 556 Бк/кг, при этом в склоновых почвах (т.2) она резко снижается до 66 Бк/кг. Несомненно, на водоразделе водный снос вещества слабее, чем на склоне, потому здесь активности ^{137}Cs и ^{90}Sr выше, чем в склоновых почвах, а изотопное отношение $^{137}\text{Cs}/^{90}\text{Sr}$ составляет всего 0.62, то есть активность ^{90}Sr больше активности ^{137}Cs . Подобная ситуация наблюдается в пробе дернины водораздельного участка «Буранный» (т. 4): здесь $^{137}\text{Cs}/^{90}\text{Sr}$ равно 0.79, хотя абсолютные активности изотопов в 2 и 10 раз ниже: ^{137}Cs – 25.6 Бк/кг, ^{90}Sr – 32.5 Бк/кг. По-видимому, современное распределение активности ^{90}Sr в почвах отличается высокой «мозаичностью», предопределяемой микрорельефом и другими факторами, влияющими на интенсивность миграции водоподвижного ^{90}Sr . В склоновых почвах помимо снижения содержания радионуклидов, изменяется их изотопное отношение: наблюдается рост $^{137}\text{Cs}/^{90}\text{Sr}$ с 0.62 до 6.9 вследствие более интенсивного смыва ^{90}Sr . Подобное перераспределение радионуклидов, но более яркое, наблюдается на радиоактивном следе аварийного ПЯВ «Кратон-3» в 800 км южнее: здесь в 2002 г. среднее $^{137}\text{Cs}/^{90}\text{Sr}$ составляло 0.51–0.67 (то есть актив-

ность ^{90}Sr была примерно в 2 раза выше активности ^{137}Cs), а в 2012–2015 гг. (через 10 и более лет) увеличилось до 3.1 (то есть активность ^{137}Cs стало примерно в 3 раза преобладать над активностью ^{90}Sr) [Артамонова, 2015]. По данным Собакина $^{137}\text{Cs}/^{90}\text{Sr}$ в пределах радиоактивного следа ПЯВ «Кратон-3» изменяется в диапазоне 1.2–9.1 [Собакин, 2016]. Поскольку изотопы ^{137}Cs и ^{90}Sr имеют примерно одинаковый период полураспада, то приходим к выводу, что выявленное увеличение изотопного отношения $^{137}\text{Cs}/^{90}\text{Sr}$ обусловлено более интенсивной миграцией водоподвижного ^{90}Sr по сравнению с ^{137}Cs .

В дернине участка «Буранный» Томторского месторождения обнаружены $^{239,240}\text{Pu}$ – 1.193 Бк/кг, ^{238}Pu – 0.127 Бк/кг, при этом отношение $^{239,240}\text{Pu}/^{137}\text{Cs}$ составило 0.047, а отношение $^{239,240}\text{Pu}/^{238}\text{Pu}$ – 0.11. Во мхах активность ^{137}Cs составила 17–25.5 Бк/кг, ^{90}Sr – 17.7 Бк/кг, $^{239,240}\text{Pu}$ – 0.148 и ^{238}Pu – 0.067, при этом $^{137}\text{Cs}/^{90}\text{Sr}$ – 1.44, $^{239,240}\text{Pu}/^{137}\text{Cs}$ – 0.006, $^{238}\text{Pu}/^{239,240}\text{Pu}$ – 0.45 (на воздушно-сухую массу). В пробах почв района обследования характерно более высокое содержание изотопов $^{239,240}\text{Pu}$, но более низкое содержание ^{238}Pu по сравнению с почвами Центральной Якутии [Сухоруков и др., 2001], где $^{239,240}\text{Pu}/^{137}\text{Cs}$ составляло 0.034, $^{239,240}\text{Pu}/^{238}\text{Pu}$ составляло 0.725, при этом относительно высокая активность изотопа ^{238}Pu осталась невыясненной.

Работа проведена в рамках государственной программы «Охрана окружающей среды Республики Саха (Якутия) на 2012–2017 годы». Авторы благодарят за помощь в отборе проб ФГУП «Якутскгеология», Ф. Р. Завадского, НИИ прикладной экологии Севера СВФУ, Я. Б. Легостаева.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Артамонова С. Ю. Современная радиоэкологическая ситуация на объекте мирного подземного ядерного взрыва «Кратон-3» (1978 г.) в Якутии // Астраханский вестник экологического образования. – 2016. – № 3 (37). – С. 14–24.
2. Аномалии радиоактивности на южном побережье озера Иссык-Куль (Кыргыстан) / М. С. Мельгунов, В. М. Гавшин, Ф. В. Сухоруков, И. А. Калугин, В. А. Бобров, J. Klerkx // Химия в интересах устойчивого развития. – 2003. – Т.11, № 6. – С. 869–880.
3. Собакин П. И., Ушницкий В. Е., Захаров Е. С. Глобальное загрязнение ^{137}Cs на территории Якутии // Радиоактивность и радиоактивные элементы в среде обитания человека : материалы Междунар. конф. (Томск, 4–8 июня 2013 г.). – Томск, 2013.
4. Собакин П. И., Ушницкий В. Е., Захаров Е. С. Глобальное загрязнение ^{137}Cs на территории Якутии // Радиоактивность и радиоактивные элементы в среде обитания человека : материалы III Междунар. конф. (Томск, 23–27 июня 2009 г.). – Томск : STT, 2009. – С. 532–535.
5. Радиоэкологическая обстановка на территории Республики Саха (Якутия) / П. И. Собакин, А. П. Чевычелов, Я. Р. Герасимов, А. А. Перк // Материалы VI Междунар. конф. (Томск, 13–16 сентября 2016 г.). – Томск: STT, 2016. – С. 591–592.
6. Экологическая обстановка радионуклиды и тяжелные металлы) территории Нюрбинского и Усть-Алданского улусов / Ф. В. Сухоруков, Б. Л. Щербов, В. Д. Страховенко, Б. С. Смоляков, В. И. Кириллина, Ю. Н. Прокопьева. – Якутск, 2001. – 155 с.
7. Радионуклидное загрязнение окружающей среды и здоровье населения / под. ред. И. Я. Василенко, Л. А. Булдакова. – М. : Медицина, 2004. – 400 с.

© В. Е. Ушницкий, С. Ю. Артамонова, М. С. Мельгунов, 2017

ЗАПАСЫ РАСТИТЕЛЬНОГО ВЕЩЕСТВА В ПОДЗЕМНОМ ЯРУСЕ В МОНИТОРИНГЕ СУКЦЕССИОННЫХ ЭКОСИСТЕМ БАРАБЫ

Людмила Юрьевна Анопченко

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

Михаил Владимирович Якутин

Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, 630090, Россия, г. 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

Итогом сукцессии экосистем в поймах обсыхающих озер является формирование остепненных лугов и степей на почвах черноземного ряда, которые занимают высокие элементы рельефа. Проведенное исследование продемонстрировало, что запас корней в экосистемах постепенно увеличивается в ходе сукцессии. Данные по запасам корней в слоях 0–10 и 10–20 см могут быть рекомендованы для целей экологического мониторинга. Этот показатель позволяет с достаточной точностью диагностировать отдельные стадии процесса сукцессии в тех случаях, когда проведение экологического мониторинга по другим параметрам состояния травяного яруса экосистемы по каким-то причинам невозможно.

Ключевые слова: Новосибирская область, Барабинская равнина, озеро Чаны, почва, засоление, травяные экосистемы, сукцессия, растительный покров, запас корней, экологический мониторинг.

STOCKS OF VEGETABLE SUBSTANCES IN THE UNDERGROUND LAYER IN THE MONITORING OF SUCCESSIONAL ECOSYSTEMS OF BARABA

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

Mikhail V. Yakutin

Institute of Soil Science and Agrochemistry SB RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, 8/2 Akademik Lavrentiev Prospect, 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

The result of the succession of ecosystems in the floodplains drying up of lakes is the formation of steppe meadows and steppes on Chernozem soils series, which are on high relief elements. The study has shown that the stock of roots in ecosystems is gradually increasing during succession. Data on stocks of roots in the layers 0–10 and 10–20 cm can be recommended for environmental monitoring purposes. This indicator allows with sufficient accuracy to diagnose individ-

ual stages of succession in cases where the conduct of environmental monitoring for other parameters of state of the herbaceous layer of the ecosystem for some reason impossible.

Key words: Novosibirsk region, Barabinsk plain, lake Chany, soil, salinization, grasslands, succession, vegetation cover, the stock of roots, and environmental monitoring.

Проблема поиска надежных методов мониторинга разнообразных экосистем является одной из важнейших в современной экологической науке. Для целей мониторинга привлекаются самые разные параметры: химические, физические и биологические. Проблем использования биологических характеристик наземных экосистем в последнее время приобретает все большую актуальность, поскольку биологические показатели состояния и особенностей функционирования любой экосистемы относительно просты в определении, малозатратны и точны [1].

В настоящее время достаточно хорошо разработаны методы мониторинга наземных экосистем по флористическому составу и наличию видов-индикаторов [2, 3]. Но применение этих методов после сильного выпаса, пала или сенокоса бывает затруднено. Важнейшим показателем состояния наземной экосистемы и особенностей ее функционирования является запас растительного вещества и структура этого запаса [4]. При этом в травяных экосистемах с отсутствующим по каким-то причинам травяным ярусом наиболее информативным показателем состояния становится запас корней [5].

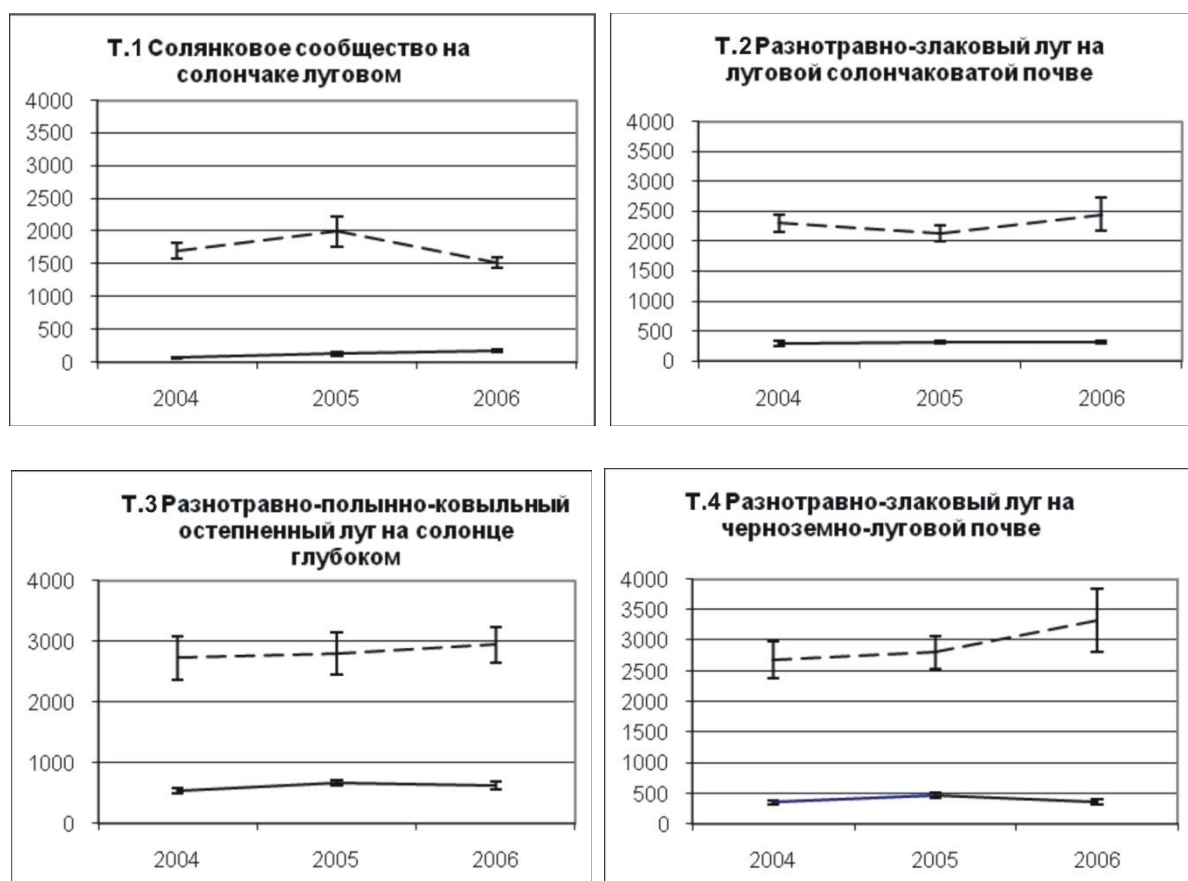
Известно, что количество зеленой фитомассы в травяных биогеоценозах находится в прямой зависимости от количества осадков, континентальности климата и степени засоленности почвы. Замечено, что при недостатке влаги и питательных веществ у растений сдерживается рост надземной массы и усиливается рост корней. Прослежено, что с севера на юг значительно возрастает доля корней в общем запасе биомассы травяных биогеоценозов. При этом показано, что чем хуже условия местообитания, тем относительно больше у растений образуется корней и чем экстремальнее условия местообитаний (сухость, засоленность), тем большее относительное количество живой фитомассы сосредоточено в подземной сфере сообщества. Величина прироста подземных органов максимальна в эволюционно молодых, неустойчивых биогеоценозах, и в биогеоценозах, подверженных резким изменениям внешних условий, и минимальна в эволюционно зрелых, сложившихся биогеоценозах [2].

Цель данного исследования состояла в оценке применимости показателей запасов корней в мониторинге сукцессионных биогеоценозов Причановской территории Барабинской равнины. Анализ запасов растительного вещества проводился по стандартной методике в 2004–2006 годах. После отмывки на ситах вся подземная фитомасса высушивалась 24 часа при 80 °С и взвешивалась [6]. Статистическая обработка результатов проводилась методами вариационного и дисперсионного анализов [7, 8].

Сукцессия экосистем непосредственно после выхода поймы из-под воды начинается с процесса аккумуляции в почве подвижных солей, вследствие чего

происходит засоление. На засоленных почвах на первом этапе развития экосистем формируются солянковое сообщество на солончаке луговом (Т. 1). По мере опускания базиса эрозии начинается и продолжается в дальнейшем вынос подвижных солей в более низко расположенные элементы рельефа. Вследствие этого происходит распреснение формирующихся почв. Вторым этапом сукцессии является разнотравно-злаковый луг на почве луговой солончаковой (Т. 2). Следующая стадия сукцессии экосистем – разнотравно-полынно-ковыльный остепненный луг на глубоком солонце (Т. 3). Наиболее старыми почвами на Причановской территории Барабинской равнины являются черноземные и черноземно-луговые почвы, расположенные на вершинах грив, сформировавшиеся под разнотравно-злаковыми лугами (Т. 4) [9].

Постоянное использование разнотравно-злаковых лугов в качестве пастбища (Т. 2) и сенокоса (Т. 4) не дает возможности оценить общие запасы надземной фитомассы в этих экосистемах, поэтому действительным отражением процессов формирования экосистем на этих стадиях сукцессии могли быть только данные по запасам корней растений. Динамика запасов корней в 2004–2006 гг. в исследованных экосистемах приведена на рисунке.



$$\text{НСР}(5\%)_{(0-10)} = 5,6 \quad \text{НСР}(5\%)_{(10-20)} = 0,8$$

Рис. Динамика запасов корней в 2004–2006 гг. в исследованных экосистемах (г/м²) (----- – корни в слое 0–10 см; ——— – корни в слое 10–20 см)

В 2004 году для стадии солянкового сообщества на солончаке луговом (Т. 1) запас корней в слое 0–20 см составляет 1763,0 г/м, и только 4 % этого запаса сосредоточено в слое 10–20 см. На стадии разнотравно-злакового луга на почве луговой солончаковатой происходит формирование мезофитных лугов, для которых характерно увеличение запаса корней в слое 0–20 см до 2594 г/м². При этом доля корней в слое 10–20 см увеличивается до 11 % от общего запаса. При переходе к стадии разнотравно-полынно-ковыльных остепненных лугов на солонцах глубоких происходит рост запаса корней в слое 0–20 см до 3273 г/м² и доля этого запаса, сосредоточенного в слое 10–20 см, увеличивается до 17 %. На стадии разнотравно-злакового луга на почве черноземно-луговой (Т. 4) общий запас корней в слое 0–20 см снижается на 13 % по сравнению с Т. 3. При этом 13 % корней находится в слое 10–20 см.

В 2005 году в Т. 1 запас корней в слое 0–20 см составляет 2120,0 г/м², и только 6 % этого запаса сосредоточено в слое 10–20 см. В Т. 2 происходит увеличение запаса корней в слое 0–20 см до 2445 г/м². При этом доля корней в слое 10–20 см увеличивается до 13 % от общего запаса. При переходе к Т. 3 происходит рост запаса корней в слое 0–20 см до 3481 г/м² и доля этого запаса, сосредоточенного в слое 10–20 см, увеличивается до 19 %. Общий запас корней в слое 0–20 см в Т. 4 составляет 3279 г/см², при этом 15 % корней находится в слое 10–20 см.

В 2006 году в Т. 1 запас корней в слое 0–20 см составляет 1695,9 г/м², и только 11 % этого запаса сосредоточено в слое 10–20 см. В Т. 2 происходит увеличение запаса корней в слое 0–20 см до 2756 г/м². При этом доля корней в слое 10–20 см увеличивается до 11 % от общего запаса. При переходе к Т. 3 происходит рост запаса корней в слое 0–20 см до 3568,3 г/м² и доля этого запаса, сосредоточенного в слое 10–20 см, увеличивается до 17 %. Общий запас корней в слое 0–20 см в Т. 4 составляет 3680,8 г/см², при этом 10 % корней находится в слое 10–20 см.

В целом можно сделать вывод, что солянковое сообщество на солончаке луговом (Т. 1) характеризуется минимальными значениями запаса корней в слое (0–10 см) в 2004 году, в 2005 году происходит увеличение этого показателя в 1,9 раза, в 2006 – в 2,7 раза. В слое (10–20 см) отмечено увеличение запаса корней в 1,1 раза в 2004 году и в 1,3 раза в 2005 году по сравнению с 2006 годом.

Для разнотравно-злакового луга на почве луговой солончаковатой (Т. 2) в слое (0–10 см) запас корней минимален в 2005 году, в 2004 году он увеличивается в 1,1 раза, в 2006 – в 1,2 раза. В слое (10–20 см) этот показатель минимален в 2004 году, в 2005 и 2006 годах он увеличивается в 1,1 раза по сравнению с запасами 2004 года.

Для разнотравно-полынно-ковыльного остепненного луга на солонце глубоком (Т. 3) минимальные значения запаса корней в слое (0–10) наблюдаются в 2004 году, в 2005 и 2006 годах отмечается незначительное увеличение этого показателя. В слое (10–20 см) минимальные величины запаса корней отмечены

так же в 2004 году, в 2005 году их запас увеличился в 1,2 раза, в 2006 году – в 1,1 раза по сравнению с 2004 годом.

В разнотравно-злаковом лугу на почве черноземно-луговой (Т. 4) в слое (0–10 см) минимальные значения запаса корней отмечены в 2004 году, в 2005 году происходит незначительное увеличение показателя, в 2006 году запас корней увеличивается в 1,2 раза по сравнению с 2004 годом. В слое (10–20 см) запас корней характеризуется практически одинаковыми значениями в 2004 и 2006 годах, в 2005 году отмечено увеличение данного показателя в 1,3 раза.

Результаты проведенного дисперсионного анализа продемонстрировали, что влияние на запас корней в слое (0–10 см) фактора, определяемого возрастом экосистемы, оказывается значительным при переходе от солончака (Т. 1) к почве луговой солончаковатой (Т. 2), и от почвы луговой солончаковатой (Т. 2) к солонцу глубокому (Т. 3). И, следовательно, запас корней в слое (0–10 см) является хорошим диагностическим показателем при переходе от солончака к почве луговой солончаковатой и от почвы луговой солончаковатой к солонцу глубокому.

Влияние на запас корней в слое 10–20 см фактора, определяемого возрастом экосистемы, оказывается значительным при переходе от солончака (Т. 1) к почве луговой солончаковатой (Т. 2), от почвы луговой солончаковатой (Т. 2) к солонцу глубокому (Т. 3) и от солонца глубокого (Т. 3) к черноземно-луговой почве (Т. 4). И, следовательно, запас корней в слое 10–20 см является хорошим диагностическим показателем при переходе от солончака к почве луговой солончаковатой, от почвы луговой солончаковатой к солонцу глубокому и от солонца глубокого к черноземно-луговой почве.

Таким образом, итогом сукцессии экосистем в поймах обсыхающих озер является формирование остепненных лугов и степей на почвах черноземного ряда (черноземы и лугово-черноземные почвы), которые занимают высокие элементы рельефа. Проведенное исследование продемонстрировало, что запас корней в экосистемах постепенно увеличивается в ходе сукцессии. Данные по запасам корней в слоях 0–10 и 10–20 см могут быть рекомендованы для целей экологического мониторинга. Этот показатель позволяет с достаточной точностью диагностировать отдельные стадии процесса сукцессии в тех случаях, когда проведение экологического мониторинга по другим параметрам состояния травяного яруса экосистемы по каким-то причинам невозможно.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Мелехова О. П. Биологический контроль окружающей среды: биоиндикация и биотестирование. – М. : Академия, 2007. – 288 с.
2. Вагина Т. А., Ковалев Р. В., Титлянова А. А. Структура, функционирование и эволюция системы биогеоценозов Барабы // Биогеоценозы и их компоненты. Т. 1. – Новосибирск : Наука, 1976. – 308 с.
3. Проблемы устойчивости экосистем и оценка их современного состояния / С. О. Ондар, Н. И. Путинцев, А. Ч. Ашак-оол и др. – ТуВИКОПР СО РАН, 2000. – 182 с.
4. Базилевич Н. И. Методы изучения биологического круговорота в различных зонах. – М. : Наука, 1978. – 182 с.

5. Подземные органы растений в травяных экосистемах / А. А. Титлянова, Н. П. Косых, Н. П. Миронычева-Токарева, И. П. Романова. – Новосибирск : Наука, 1996. – 128 с.
6. Методы изучения биологического круговорота в различных зонах / [под. ред. Н. И. Базилевич]. – М. : Наука, 1978. – 182 с.
7. Плохинский Н. А. Биометрия. – М. : Изд-во Моск. ун-та, 1970. – 367 с.
8. Сорокин О. Д. Прикладная статистика на компьютере. – Краснообск : ГУП РПО СО РАСХН, 2004. – 162 с.
9. Пульсирующее озеро Чаны / [отв. ред. Н. П. Смирнова, А. В. Шнитников]. – Л. : Наука, Ленингр. отд-е, 1982. – 304 с.

© Л. Ю. Анопченко, М. В. Якутин, 2017

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КАРТОГРАФИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В СИСТЕМЕ АГРОЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ ЗЕМЕЛЬ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Надежда Ивановна Добротворская

Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий, 630501, Россия, Новосибирская область, п. Краснообск, доктор сельскохозяйственных наук, зав. лабораторией рационального землепользования, тел. (960)795-08-95, e-mail: dobrotvorskaya@mail.ru

Александр Николаевич Радчиков

ООО «Беспилотные технологии», 630087, Россия, г. Новосибирск, ул. Немировича-Данченко, 138, заместитель директора, тел. (923)191-00-61, e-mail: ra.bpla@gmail.com

В статье описывается новый метод и инструментарий для осуществления агроэкологической оценки земель сельскохозяйственного назначения. В результате исследований получен пакет картографических материалов, составляющих цифровую модель местности (ЦММ), позволяющую выявить факторы, лимитирующие выращивание сельскохозяйственных культур, и разработать комплекс рациональных агротехнологических приемов.

Ключевые слова: агроэкологическая оценка земель, почвенный покров, рельеф, беспилотный летательный аппарат, цифровая модель рельефа, цифровой топографический план.

CARTOGRAPHIC MODELING IN SYSTEM OF AGRO-ECOLOGICAL ASSESSMENT OF AGRICULTURAL LANDS

Nadezhda I. Dobrotvorskaya

Siberian Federal Scientific Centre of Agro-biotechnologies, 630501, Russia, Novosibirsk region, Krasnoobsk, D. Sc., head of Laboratory for Efficient Land Use, tel. (960)795-08-95, e-mail: dobrotvorskaya@mail.ru

Alexandr N. Radchikov

Open corporation "Pilotless Technologies", 630087, Russia, Novosibirsk, 138 Nemirovicha-Danchenko St., assistant director, tel. (923)191-00-61, e-mail: ra.bpla@gmail.com

The article describes a new method and tools for agriecological diagnosis of the agricultural use lands. The cartographic material package was received. It is a digital terrain model (DTM), which allows you to identify the factors of agriculture restriction and to develop a complex of rational agrotechnical methods.

Key words: agriecological diagnosis of the agricultural use lands, soil cover, relief, unmanned flying vehicle, digital terrain model, digital topographic plan.

Агроэкологическая оценка земель сельскохозяйственного назначения – новое и актуальное направление, как в сельскохозяйственной науке, так и в агрономической практике, а также в планировании и управлении сельскохозяйственным производством. Это направление является составной частью концепции адаптивно-ландшафтного земледелия, ставшей продолжением и закономерным развитием систем зонального земледелия. В результате смены соци-

ально-экономических условий и перехода в рыночную экономику, отсутствия руководящих централизованных планов производства, сельскохозяйственный товаропроизводитель оказался перед необходимостью самому планировать использование своих земель, исходя из их специфических особенностей. Природные особенности и ресурсный потенциал земель существенно различаются в зависимости от ландшафтных условий. Важнейшим фактором дифференциации является рельеф местности: различия высоты над уровнем моря, характер поверхности, крутизна, форма и экспозиция склонов, наличие форм микрорельефа и т. д. В зависимости от перечисленных факторов находятся такие важные агрономические характеристики как тепло- и влагообеспеченность почв и агроценозов, уровень почвенного плодородия, которые в свою очередь определяют весь технологический комплекс выращивания тех или иных культур.

В 60–80-е годы XX века информация о природных ресурсах местности обеспечивалась почвенной съемкой территории региональными институтами системы Гипрозем. Методика полевого почвенного обследования этого периода опиралась в основном на использование в качестве топографической основы аэрофотоснимков, а также планов земле- и лесоустройства. Топопланы с линиями рельефа использовались в основном на территориях с сильно пересеченным рельефом, а так же при проведении почвенной съемки крупного и детального масштаба для проектирования мелиоративных (осушительных и оросительных) систем.

В 70-80-е годы вышла серия работ, посвященных проблемам составления детальных и крупномасштабных почвенных карт [1–3], в которых авторы поднимают вопросы отображения структуры почвенного покрова как способа достижения полноты и высокой точности информации об участке.

В конце 80-х годов сотрудники Института почвоведения и фотосинтеза РАН предложили свою картографическую концепцию почвенного тела-потока, основанную на идее существования единой конструкции латерального простирания почв, привязанной к геометрической конструкции топографической поверхности, то есть к линиям водного стока [4]. «В качестве элементарного почвенного ареала выступает не лоскутный «выдел» и не катенная «полоса», а литодинамический «поток», который включает в себя «выделы» и «полосы» как составные части для отражения частных законов почвообразования» [5]. В качестве картографической основы для создания почвенных карт авторы отдают предпочтение топографическим картам с линиями рельефа, как цифровой основе дифференциации почвенного покрова. Новые способы генерализации почвенных контуров на основе учета «пластики рельефа» были восприняты многими региональными филиалами системы Гипрозем и НИИ, хотя некоторые положения данной концепции до сих пор остаются дискуссионными.

В настоящее время в методологическом плане крупномасштабное почвенное картографирование рассматривается не только как основной метод изучения почвенного покрова, но и как необходимый инструмент при решении генетических и агроэкологических задач, изучении агрогенной трансформации почвенного покрова и разработке региональной диагностики почв. Возросшие тре-

бования к почвенным картам реализуются на основе расширения состава картографируемых признаков и изучаемых зависимостей, с применением новых методических средств и приемов, в том числе ГИС-технологий, с привлечением информации из других разделов почвоведения и смежных дисциплин.

В настоящее время развитие методов агроэкологического обследования земель видится в интеграции способов традиционной почвенной съемки, знаний и практического опыта с использованием современных приборов и инструментов для дистанционного зондирования. В данной статье приводится опыт использования картографического моделирования для целей агроэкологической оценки земель конкретного хозяйства путем создания пакета тематических цифровых карт.

Объектом исследований выбрана часть территории ООО «Альтаир» Локтевского района Алтайского края. Участок «Самарка» расположен в предгорной равнине Алтая. Рельеф исследуемой территории характеризуется значительной расчлененностью с преобладанием поверхностей с углом наклона $1,5...3,0^\circ$. Площадь участка составляет 1920 га. Координаты от $50,9$ до $50,95^\circ$ с.ш. и от $81,55$ до $81,63^\circ$ в.д. В качестве исходной информационной основы использовалась карта почвенного обследования 1975 года.

Методика исследовательской работы включала в себя обследование рельефа с использованием беспилотного летательного аппарата Supercam-250, оборудованного фотокамерой SONY Альфа 6000 24,3 мП, высокоточным бортовым приемником JAVAD TRE-G3TAT и полевого почвенного обследования, изготовления карты рельефа, почвенной карты и интегральной карты агроэкологических типов земель.

На рис. 1 представлен фрагмент почвенной карты хозяйства, составленной в 1975 году. Как видим, на карте применен «лоскутный» тип картографирования.

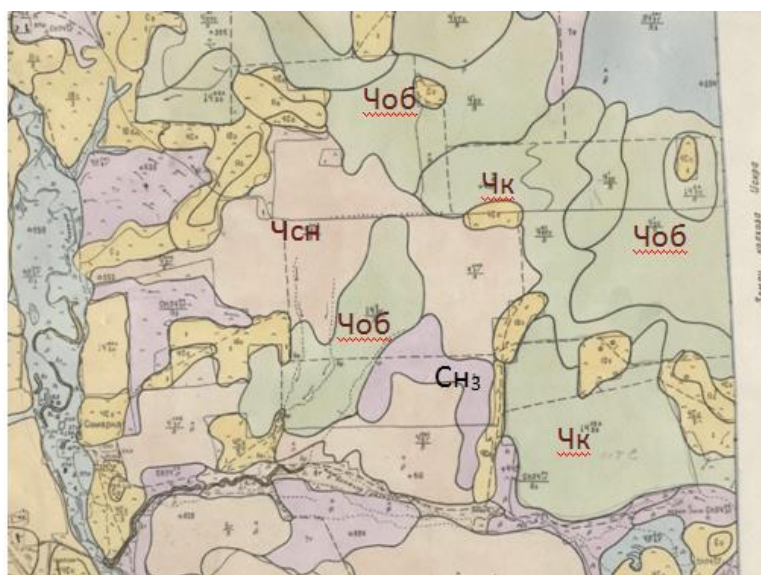


Рис. 1. Почвенный покров участка «Самарка» на карте 1975 г.:

Чоб – чернозем обыкновенный; Чк – чернозем обыкновенный карбонатный; Чсн – чернозем обыкновенный солонцеватый; Снз – солонец лугово-черноземный средний

Традиционные почвенные карты можно рассматривать как модель почвенного покрова [6], однако, учитывая постепенность накопления изменчивости признаков-свойств почв и неопределенность границ между элементарными почвенными ареалами, точность такой модели ограничивается субъективностью суждений почвоведа-картографа. Тем не менее карты прошлых лет являются важнейшим источником информации о состоянии почвенного покрова.

Точность почвенного обследования существенно возрастает при использовании картографической модели рельефа (ЦМР). В данной работе ЦМР создавалась по материалам цифровой аэрофотосъемки с БПЛА с разрешением снимков 9 см на пиксель, с использованием маркированных опорных и контрольных точек. Точность ЦМР порядка 25 см по высоте, что соответствует требованиям к высоте сечения рельефа 1 м. Построение ЦМР и ЦТП (цифрового топографического плана) осуществлялось с использованием программ Photoscan (Agisoft, Россия) и ГИС Панорама. ЦМР была представлена в двух вариантах: 1) высотная часть ЦТП масштаба 1 : 2000 в виде пикетов и горизонталей через 1 метр, наложенных на ортофотоплан. В этом варианте представлены те основные формы мезорельефа, которые должны быть отображены на ЦТП соответствующего масштаба; 2) матрица высот, в которой каждому пикселю соответствует квадрат на поверхности размером 0,5 × 0,5 м. Такой вариант ЦМР позволяет детализировать особенности поверхности, включая уровень микрорельефа – формы поверхности и элементы размером единицы и десятки метров даже с незначительными колебаниями высот.

Указанная картографическая модель позволяет рассчитывать и визуализировать такие характеристики как: уклон поверхности в градусах, направления поверхностного стока и эрозии, описать элементы рельефа, с указанием крутизны и экспозиции склона, создавать продольные и поперечные профили участков поверхности и т. п. В данной работе полученная цифровая картографическая модель позволила детализировать особенности поверхности, включая уровень микрорельефа – формы поверхности и элементы размером единицы и десятки метров с колебаниями высот до 1,0 м (рис. 2).

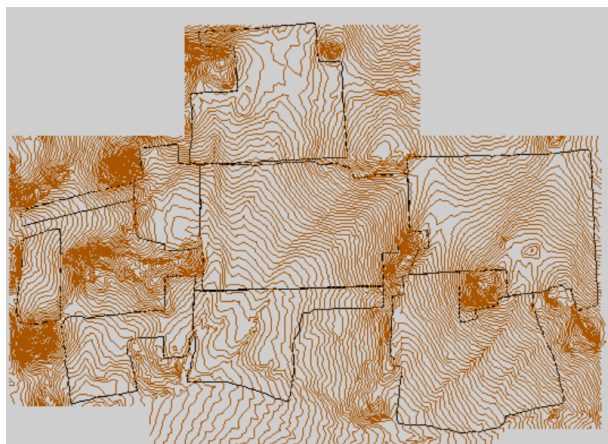


Рис. 2. Высотная часть ЦТП участка «Самарка»:

изолинии проведены через 1 м; черные линии – границы сельскохозяйственных полей

На представленном рисунке видно, что сельскохозяйственные поля расположены в межсочных пространствах. Отчетливо проявляется особенность рельефа – склоны сложной формы, называемые гофрированными. Такой характер склонов особенно способствует развитию процессов линейной эрозии, формирующих в течение короткого времени глубокие ложбины и промоины. Кроме того, на карте легко рассчитать длину склона, эта характеристика очень важна для прогнозирования скорости водного потока и возможных объемов сносимой почвы с талыми весенними водами.

По результатам почвенной съемки и на основании данных карты рельефа определены протяженность и площадь водосборных ложбин, которые ранее не могли быть выявлены в полной мере, более точно определены границы элементарных почвенных ареалов и комплексов. Полученная новая почвенная карта участка в упрощенном виде представлена на рис. 3.

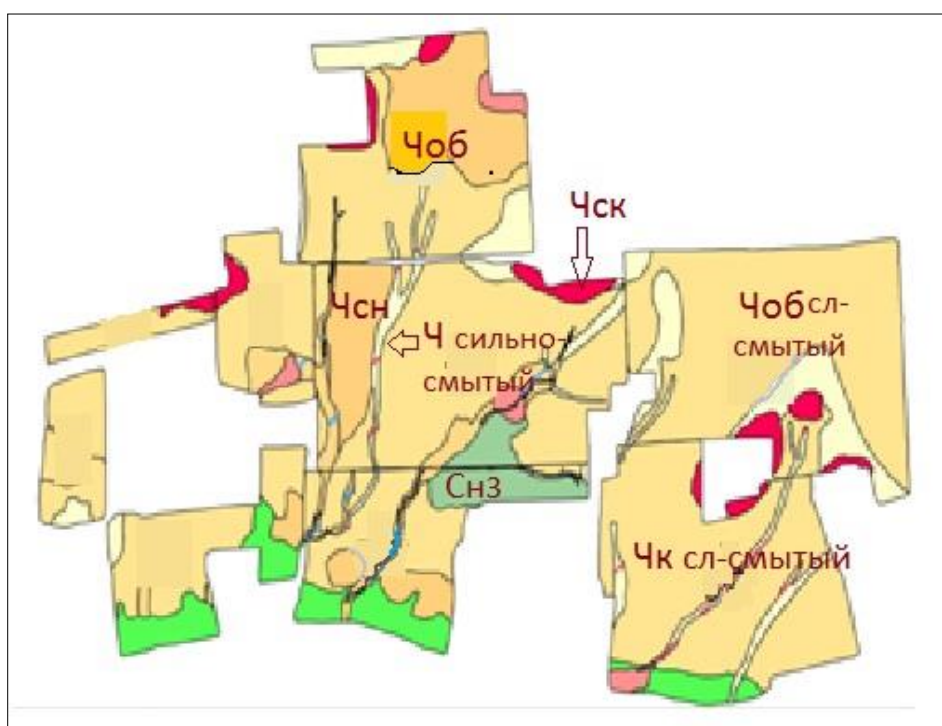


Рис. 3. Почвенная карта – корректировочное обследование 2016 г.

В обновленном варианте выявлены площадь и степень развития эрозионных процессов на севооборотных полях – главный фактор, лимитирующий выращивание сельскохозяйственных культур на исследуемом участке. Исходя из полученных данных, определяется рациональный способ использования земель, выбор культур и видов почвозащитной обработки почв. По границам полей на верхних частях склонов и вершинах сопков выявлены ареалы чернозема скелетного (Чск), т. е. отсутствие гумусового слоя и обнажения щебнистых почвообразующих пород, которые подлежат выведению из площади пашни.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Фридланд В. М., Сорокина Н. П., Шершукова Г. А. Принципы и методы почвенной картографии // Картография почв и структура почвенного покрова. – М., 1980. – С. 3–20.
2. Годельман Я. М. Структура почвенного покрова и землеустроительное проектирование // Почвоведение. – 1977. – № 9. – С. 13–25.
3. Сорокина Н. П. Уровни организации рельефа и почвенного покрова южного склона Клинско-Дмитровской гряды и их отражение на почвенных картах // Картография почв и структура почвенного покрова : науч. тр. Почв. ин-та им. В. В. Докучаева. – М., 1980. – С. 65–82.
4. Степанов И. Н. Структура почвенного пространства // Пространственно-временная организация и функционирование почв. – Пушкино, 1990. – С. 57–75.
5. Степанов И. Н., Лошакова Н. А. Анализ изменения контурности на почвенных картах // Геодезия и картография. – 1997. – № 10. – С. 31–37.
6. Кренке А. Н. Коррекция почвенных карт на основе данных дистанционного зондирования и цифровых моделей рельефа // Цифровая почвенная картография: теоретические и экспериментальные исследования : сб. статей. – М. : Почвенный институт им. В. В. Докучаева, 2012. – С. 284–301.

© Н. И. Доброворская, А. Н. Радчиков, 2017

ТРАНСФОРМАЦИИ СОЕДИНЕНИЙ УГЛЕРОДА И МАКРОЭЛЕМЕНТОВ В ТОРФЯНЫХ ЗАЛЕЖАХ БОЛОТ РАЗЛИЧНОЙ ТРОФНОСТИ

Евгения Константиновна Вишнякова

Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Лаврентьева, 8/2, кандидат биологических наук, младший научный сотрудник лаборатории биогеоценологии, тел. (383)363-90-18, e-mail: zhenya1579@rambler.ru

Наталья Геннадьевна Коронатова

Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Лаврентьева, 8/2, кандидат биологических наук, научный сотрудник лаборатории биогеоценологии, тел. (383)363-90-18, e-mail: coronat@mail.ru

Елена Владимировна Михайлова

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плеханова, 10, кандидат географических наук, старший преподаватель кафедры экологии и природопользования, тел. (383)361-08-86, e-mail: milek123@mail.ru

Изучение качества и количества запасов растительного вещества, а также процессов и компонентов его разложения позволит оценить основные звенья биологического круговорота макроэлементов и сделать выводы о настоящей и потенциальной роли изучаемых болотных экосистем в региональном балансе питательных элементов при смене климатических характеристик. Образовавшееся в течение вегетационного сезона растительное вещество начинает разлагаться и за первый год теряет 48 % углерода от продуцированного за год растительного вещества. Относительные потери азота в растительных остатках превышают потери углерода в 3–5 раз. При разложении корней вересковых кустарничков и мочажинного мха азот теряется медленнее, чем углерод. Относительные потери фосфора для листьев и корней в 1,5–3,0 раза больше, чем потери углерода.

Ключевые слова: болото, углерод, разложение растительных остатков.

TRANSFORMATION OF CARBON AND MACROELEMENTS COMPOUNDS IN MIRE PEAT DEPOSITS OF DIFFERENT NUTRITIONAL STATUS

Evgenia K. Vishnyakova

Institute of Soil Science and Agrochemistry SB RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, 8/2 Akademik Lavrentiev Prospect, Ph. D., Research Fellow of the Laboratory of Biogeocenology, tel. (383)363-90-18, e-mail: zhenya1579@rambler.ru

Natalia G. Koronatova

Institute of Soil Science and Agrochemistry SB RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, 8/2 Akademik Lavrentiev Prospect, Ph. D., Research Fellow of the Laboratory of Biogeocenology, tel. (383)363-90-18, e-mail: coronat@mail.ru

Elena V. Mikhailova

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., Ph. D., Senior Lecturer of the Department of Ecology and Nature Management, tel. (383)361-08-86, e-mail: milek123@mail.ru

The plant matter formed during the growing season begins to decompose and for the first year loses 48 % of carbon from the plant matter produced during a year. The relative losses of nitrogen from plant residues exceed the loss of carbon by 3–5 times. During the decomposition of the roots of *Ericaceae* shrubs and hollow mosses, nitrogen is lost more slowly than carbon. The relative loss of phosphorus from leaves and roots is 1.5–3.0 times greater than the loss of carbon.

Key words: mire, carbon, plant matter decomposition.

Последние десятилетия отмечены повышенным интересом к исследованию углеродного баланса в болотных ландшафтах, выявлены запасы углерода в органическом веществе, показаны механизмы его накопления.

Изучение биогеохимических циклов углерода и ряда других элементов в экосистемах Большого Васюганского болота и процессы трансформации соединений углерода и других элементов в этих экосистемах крайне важно, так как изменение климата может либо активизировать, либо затормозить процессы перераспределения питательных элементов в экосистеме, что в свою очередь вызовет смену режима биологического круговорота веществ. Изучение качества и количества запасов растительного вещества, а также процессов и компонентов его разложения позволит оценить основные звенья биологического круговорота макроэлементов и сделать выводы о настоящей и потенциальной роли изучаемых болотных экосистем в региональном балансе питательных элементов при смене климатических характеристик.

Используя количественные данные прироста и разложения растительного вещества, полученные на экспериментальных площадках двух болотных комплексов: евтрофном гипновом болоте в пойме реки Обь и мезотрофном кустарничково-осоково-сфагновом грядово-мочажинном болоте, были рассчитаны запасы и потери углерода и макроэлементов при деструкции растительного вещества в эксперименте.

Эксперименты по определению трансформации углерода и макроэлементов проводились в активном 30-сантиметровом слое торфяной залежи по единой методике.

Первая экспериментальная площадка – евтрофное гипновое болото. Оно представляет собой фрагмент поймы с комплексами осоково-гипновых, вахтово-осоково-гипновых, кустарничково-осоково-гипновых топей, чередующихся с вытянутыми параллельно течению реки грядами. Доминантами растительных сообществ являются *Carex lasiocarpa*, *C.rostrata*, *Menyanthes trifoliata*, *Thelypteris palustris*. Мхи образуют подушкообразные кочки округлой формы, 30-50 см в диаметре.

Кочки зеленых мхов имеют выпуклую поверхность и, в большинстве случаев, сложены несколькими видами мхов. Такая кочка представляет собой плотную полидоминантную моховую дернину, на которой размещаются цветковые растения. Первые 3–5 см в глубину от поверхности кочки заняты фотосинтезирующим слоем мхов. Ниже располагается моховой очёс – омертвевшие части мхов, но сохраняющие свою структуру. Очёс является тем субстратом,

в котором развиваются корни сосудистых растений. Ниже 20 см располагается более разложившийся моховой очёс.

Образовавшееся в течение вегетационного сезона растительное вещество теряет 48 % углерода от продуцированного за год растительного вещества. Для дальнейшей деструкции и закрепления в торфе остается 52 %. Относительные потери азота в растительных остатках превышают потери углерода в 3–5 раз.

Корни и корневища вахты имели максимальные потери всех четырех исследованных элементов – 92–99 % от их исходного количества. Минимальная потеря натрия наблюдалась для подземных органов осоки волосистоплодной (34 %), потери натрия остальными фракциями довольно значительны, и схожи с потерями калия. Наименьшие потери магния при разложении выявлены для корней и корневищ осоки вздутой – 22 %, что близко к потерям кальция для этой фракции. Значительное вымывание магния отмечено для очёса гипнового мха – 73 %. Кальций вымывается меньше других исследованных макроэлементов, потери для большинства фракций трав составили от 20 до 33 %.

Очёс гипновых мхов в процессе первого года разложения теряет около трети своей массы, из него вымывается от 80 до 90 % Na и K, 73 % Mg, и наименьшее количество Ca, всего 3 %. Цветковые растения в среднем за год теряют около 40 % зольных элементов.

Потери Na в экосистеме евтрофного болота в среднем за год разложения составили 78 %, K – 67 %, Ca – 54 %, Mg – 36 %, N – 26 %, P – 25 %. Подвижность макроэлементов при разложении растительных остатков уменьшается в ряду Na, K, Ca, Mg, N, P, C.

Потери в весе органической и минеральной частей у разных фракций растительного вещества неодинаковы. У корней кустарничков, ветоши осоки и очёса мхов потери зольных элементов в 1.5–2 раза больше, чем потери органического вещества. Изменения соотношений C : N и C : P в растительных остатках после эксперимента разложения свидетельствуют о неравнозначных потерях углерода, азота и фосфора. Соотношение C : N увеличилось у листьев кустарничков и *Sphagnum fuscum*, относительные потери азота в этих растительных остатках превысили потери углерода в 3–5 раз. У корней кустарничков и мочажинного мха *Sphagnum balticum* наблюдалось уменьшение соотношения C : N, что говорит о том, что азот в этих растительных остатках теряется медленнее, чем углерод. При разложении гипновых мхов наблюдалось небольшое увеличение соотношения C : N. Соотношение C : P у большинства проанализированных остатков растений увеличивалось, исключение составили очёс *Sphagnum fuscum* и гипновых мхов.

Вторая экспериментальная площадка расположена в мезотрофном кустарничково-осоково-сфагновом грядово-мочажинном болоте. Растительное сообщество двухярусное. На гряде доминируют в кустарничково-травяном ярусе, *Chamaedaphne calyculata*, *Oxycoccus microcarpus*, единично встречается *Betula nana*, в мочажине кустарничково-травяной ярус не выражен. Моховой ярус на кочках представлен *Sphagnum fuscum* (30 %), *S. magellanicum* (50 %),

S. angustifolium (20 %), в мочажине – *S. balticum* (50 %), *S. majus* (35 %), *Menyanthes trifoliata* (10 %), *Eriophorum vaginatum* (5 %).

Запас живого растительного вещества на гряде и в мочажине над головками мха и до глубины 30 см составляет в среднем 1295 гС/м², мортмассы – 2076 гС/м². Продукция за год составила 57 % от общего запаса фитомассы.

Разложение растительного вещества на болотах наиболее интенсивно происходит в теплое время года, когда уровень болотной воды снижается, и атмосферный кислород свободно проникает в верхние горизонты торфяной толщи. Фракция листьев трав и кустарничков, которая составляет около 10 % от общей продукции, почти полностью разрушается в течение первого вегетационного сезона. В эксперименте по определению скорости деструкции одного грамма отдельных фракций растительного вещества было установлено, что скорость разложения листьев доминанта *Chamaedaphne calyculata* составляет 40 % и *Carex rostrata* – 81 % от исходного количества. Скорость разложения корней *Chamaedaphne calyculata* составляет 44–48 % в год, что является максимальным показателем скорости деструкции для корней кустарничков. Фракция мхов, составляющая 20 % от общей продукции, наименее подвержена деструкции и большая часть ее переходит в торф. Наиболее доступным для разложения оказался *S. magellanicum* – за год в эксперименте разложилось 56 % от исходного количества. Скорость разложения в мочажине значительно ниже, чем на гряде, в связи с их переувлажнением. Доминант мочажины – *S. balticum* теряет за один год 12 % от исходного. За год разложение суммы всех фракций растительного вещества, пересчитанного на углерод составляет 30 % от первичной продукции грядово-мочажинного комплекса.

Бюджет углерода рассчитан по экспериментальным данным прироста и разложения растительного вещества. По расчетным данным – с дыханием растений выносилось из экосистемы до 130 гС/м² за сезон, со стоком болотной воды в виде гуминовых и фульвокислот выносятся до 3,84 гС/м² в год.

Таким образом, образовавшееся в течение вегетационного сезона растительное вещество начинает разлагаться и за первый год теряет 48 % углерода от продуцированного за год растительного вещества (30 % потери при разложении в эксперименте, 18 % – вынос с дыханием и с болотными водами). Для дальнейшей деструкции и закрепления в торфе остается 52 % растительного вещества.

Относительные потери азота в растительных остатках превышают потери углерода в 3–5 раз. При разложении корней вересковых кустарничков и мочажинного мха азот теряется медленнее, чем углерод. Относительные потери фосфора для листьев и корней в 1.5–3.0 раза больше, чем потери углерода. Наиболее подвижными из зольных элементов оказались натрий и калий.

© Е. К. Вишнякова, Н. Г. Корнатов, Е. В. Михайлова, 2017

ЭЛЕМЕНТНЫЙ СОСТАВ ТВЕРДЫХ ОСАДКОВ СНЕЖНОГО ПОКРОВА В РАЙОНЕ НОВОСИБИРСКОГО ОЛОВОКОМБИНАТА (2005–2016 ГГ.)

Светлана Юрьевна Артамонова

Институт геологии и минералогии им. В. С. Соболева СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Коптюга, 3, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, тел. (383)333-27-92, e-mail: artam@igm.nsc.ru

Никита Александрович Попов

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плеханова, 10, студент, тел. (383)333-27-92, e-mail: Popov.bilet@yandex.ru

Рассматривается проблема техногенного загрязнения воздуха в районе металлургического предприятия на примере Новосибирского оловокомбината. С применением рентгенофлуоресцентного анализа на синхротронном излучении проведен сравнительный анализ элементного состава аэрозольных частиц, накопленных в 2005 и 2016 гг. в снежном покрове рекреационной зоны «Бугринская роща», находящейся в зоне влияния выбросов Новосибирского оловокомбината. Выявлено, что за эти годы интенсивность и геохимическая спецификация выпадающих на поверхность техногенных пылеаэрозолей сохраняется.

Работа проведена в рамках проекта VIII.72.1 РАН при частичной поддержке гранта РФФИ № 14-05-00289.

Ключевые слова: техногенное аэрозольное загрязнение, тяжелые металлы, снежный покров, рентгенофлуоресцентный анализ на синхротронном излучении.

ELEMENT COMPOSITION OF FALLOUT, ACCUMULATED IN SNOW BLANKET OF NOVOSIBIRSK TIN PLANT AREA

Svetlana Yu. Artamonova

V. S. Sobolev Institute of Geology and Mineralogy SB RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, 3 Akademik Koptuyug Prospect, Ph. D., Senior researcher, tel. (383)333-27-92, e-mail: artam@igm.nsc.ru

Nikita A. Popov

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., student, tel. (383)333-27-92, e-mail: Popov.bilet@yandex.ru

The problem of technogenic pollution of metallurgical enterprises as Novosibirsk Tin Plant is considered in the article. Using X-ray fluorescence measurements with synchrotron radiation elemental composition of aerosol of 2005 and 2016 years, accumulated in snow blanket of the “Bugrinskaya roshcha” recreation open space, affected by Novosibirsk Tin Plant emission, are considered. It is revealed, that the intensity and geochemical specification of technogenic fallout is staying during 2005–2016 yy.

The work was supported by the VIII.72.1 RAS project and partially by the Russian foundation for basic research (RFBR) under project No. 14-05-00289.

Key words: technogenic aerosol pollution, heavy metals, snow blanket, X-ray fluorescence measurements with synchrotron radiation.

Изучение аэрозольного загрязнения городского воздуха является одной из актуальных проблем геохимии техногенеза. Выбросы промышленных предприятий являются одними из основных факторов техногенного загрязнения городской среды. Интересную информацию об экологическом состоянии городской среды может дать косвенное изучение аэрозольного загрязнения путем изучения депонирующих компонентов окружающей среды, как снежный покров, ткани городской растительности, почвенный покров, которые аккумулируют в себе оседающие под действием силы тяжести и с атмосферными осадками техногенные аэрозоли.

Для изучения выбрана лесопарковая рекреационная зона «Бугринская роща», которая, как показали предыдущие исследования [Артамонова и др., 2007], находится под значительным воздействием выбросов Новосибирского оловокомбината (ОК), расположенного в 1–2 км южнее.

ОК является предприятием цветной металлургии: производится олово, сплавы, припои и баббиты различных марок на основе олова, свинца, меди и сурьмы, а также галлий, висмут и индий высокой чистоты путем переработки сложных по составу руд и концентратов. При плавке рудных концентратов добавляется известняковый флюс и коксовая мелочь. ОК был основан в годы Великой Отечественной войны на окраине города, но по мере застройки оказался практически в центре левобережной части мегаполиса Новосибирска. В непосредственной близости находятся жилые кварталы, дачные участки и лесопарковая зона «Бугринская роща». Если в 2005 г. производство на ОК шло полным ходом, то в начале 2015 г. в СМИ было объявлено о банкротстве Новосибирского оловокомбината и о приостановлении его производства. В связи с этим стал актуальным вопрос о возможном снижении аэрозольной техногенной нагрузки в районе ОК.

Целью настоящей работы являлось проведение сравнительного анализа элементного состава техногенных аэрозолей, накопленных в снежном покрове Бугринской роще в 2005 и 2016 гг.

Экспериментальная часть. Известно, что кристаллы снега (зимой) и капли дождя (летом), проходя через толщу воздуха, очищают его: захватывают твердые аэрозольные частицы и газообразные соединения. Крупные и тяжелые аэрозольные частицы оседают и в сухих условиях под воздействием силы тяжести. Таким образом, в условиях Сибири устойчивый снежный покров, формирующийся с начала ноября до конца марта, аккумулирует газовые и твердые аэрозольные частицы в течение зимнего периода. Исследования показали, что твердые осадки снега адекватно отражают интенсивность и химическую специфику аэрозольного загрязнения [Артамонова и др., 2007, Артамонова, 2011, 2012].

Отбирались крупнообъемные до 200 л пробы снежного покрова в конце марта путем проходки шурфов размером до 40 × 40 см на всю глубину до поверхности земли. После оттаивания и отстаивания в 50-литровых баках верхний слой декантировали, нижнюю часть фильтровали через бумажный фильтр «си-

няя лента». Пыльность (содержание взвеси, мг/л) определялась отношением массы взвесей к объему талого снега, среднесуточная техногенная аэрозольная нагрузка (мг/м²*сут) определялась отношением массы взвесей к площади отбора и периоду формирования устойчивого снежного покрова до даты отбора. В качестве фонового выбран участок на наветренной юго-западной стороны – в 12 км от г. Новосибирска.

Элементный состав аэрозолей (35 элементов) определялся рентгено-флуоресцентным методом на синхротронном излучении (РФА-СИ) на станции элементного анализа ВЭПП-3 Института ядерной физики им. Будкера СО РАН (аналитик Ю.П. Колмогоров) с пределами обнаружения до 0.1 ppm в зависимости от энергии возбуждения эмиссионных линий (таблица), использовался международный стандарт почвы SOIL-7 МАГАТЭ. Относительная погрешность не превышает 15 %.

Таблица

Нижние пределы обнаружения РФА-СИ (ppm)

А. 23 КэВ первичной монохроматизированной энергии

V	Cr	Mn	Fe	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br
5	4	4	3	3	2	1	0.5	0.5	0.4	0.3	0.25
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Pb	Tl	Bi	U	Th	
0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.1	0.3	0.2	0.2	0.3	0.3	

В. 36.5 КэВ первичной монохроматизированной энергии

Cs	Ag	Cd	Sn	Sb	I
0.2	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2

В 2005 г. в Бугринской роще по мере удаления с 1225 до 2005 м к северу от ОК пыльность снежного покрова снижалась с 45.3 до 26.7 мг/л. В 2016 г. пыльность снега в 1736 м от ОК составила 68 мг/л. Основными индикаторами выбросов Новосибирского Оловокомбината признаны элементы: As, Sn, Tl, Cd, Pb [Артамонова и др., 2007, Артамонова, 2011]. В 2005 г. наиболее сильное техногенное загрязнение наблюдалось в 570 м к северу от ОК на пустыре, где сейчас расположен магазин «Икея»: в аэрозолях этого участка содержание Sn достигало 14 кг/т, As – 5 кг/т, Tl – 104 г/т, Cd – 157 г/т, Pb – 969 г/т.

По мере удаления от ОК техногенная нагрузка уменьшалась в 3–7 раз, и в 1.6–1.9 км в аэрозолях Бугринской рощи содержание Sn составляло 1.9 кг/т, As – 0,94 кг/т, Tl – 19 г/т, Cd – 21.7 г/т, Pb – 298 г/т. К индикаторам выбросов ОК 2005 г. дополнительно надо отнести Cr: в аэрозолях его содержание коррелирует с содержанием As, Sn, Tl, Cd, Pb с коэффициентом 0.62–0.72. При этом в 2005 г. в аэрозолях ближней зоны содержание Cr составляло 670 г/т, в аэрозолях Бугринской рощи – 28 г/т.

В аэрозолях Бугринской роши (в 1.75 км от ОК) в 2016 г. содержание Sn примерно такое же, как и в 2005 г. – 1.8 кг/т, содержание As, Sn, Tl, Cd, Pb, Cr стало заметно меньше, чем в 2005 г.: As – всего 0,49 кг/т (или меньше в 2 раза), Tl – 5.5 г/т (меньше в 3.5 раза), Cd – 11.3 г/т (меньше в 2 раза), Pb – 172 г/т (меньше в 1.7 раза), Cr – 75 г/т (меньше 3.7 раза) (рис. 1).

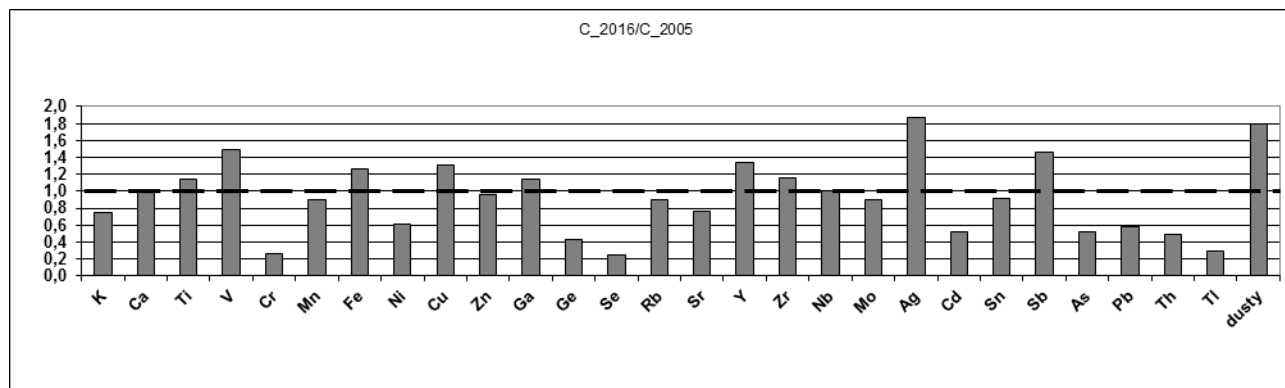


Рис. 1. Отношение содержания элементов в аэрозолях 2016 г. к содержанию элементов в аэрозолях 2005 г., Бугринская роща, Новосибирск

На рис. 1 видно, что кроме вышеназванных элементов-индикаторов, по сравнению с 2005 г. снизилось содержание Ni, Ge, Th в 2 раза, Se в 4 раза. Данный факт указывает, что уменьшились выбросы большинства халькофильных элементов – спутников оловянной руды, вместе с тем выбросы преимущественно чистого олова сохранились на прежнем уровне, что свидетельствует об изменениях в производстве ОК. Отношение содержаний ряда элементов, не связанных с выбросами ОК, близко к 1 и указывает на то, что их содержание в аэрозолях в 2016 г. сохраняется практически на прежнем уровне 2005 г.

Пыльность снега Бугринской роши в 14.6 раз выше пыльности снега на фоновом участке, которая равна всего 4.3 мг/л. Вместе с тем сравнение элементных составов аэрозолей с фоновым участком показывает, что Бугринская роща продолжает все еще значительно загрязняться под выбросами ОК (рис. 2).

В 2016 г. Бугринская роща продолжает находиться под воздействием выбросов ОК, здесь в аэрозолях сформированы геохимические аномалии As, Sn, Cd, Tl, Zn, Sb, Pb, а также Cr: содержание этой группы преимущественно халькофильных элементов во много раз превышает их фоновое содержание (см. рис. 2). Тогда как содержание элементов, не связанных с выбросами ОК, практически равно фоновым уровням: это K, Rb, Y, Zr, Nb, Th и др. Высокое содержание Ca и родственного Sr в аэрозолях Бугринской роши, мнению авторов, обусловлено выбросами ОК, поскольку известняк является компонентом технологического процесса на предприятии.

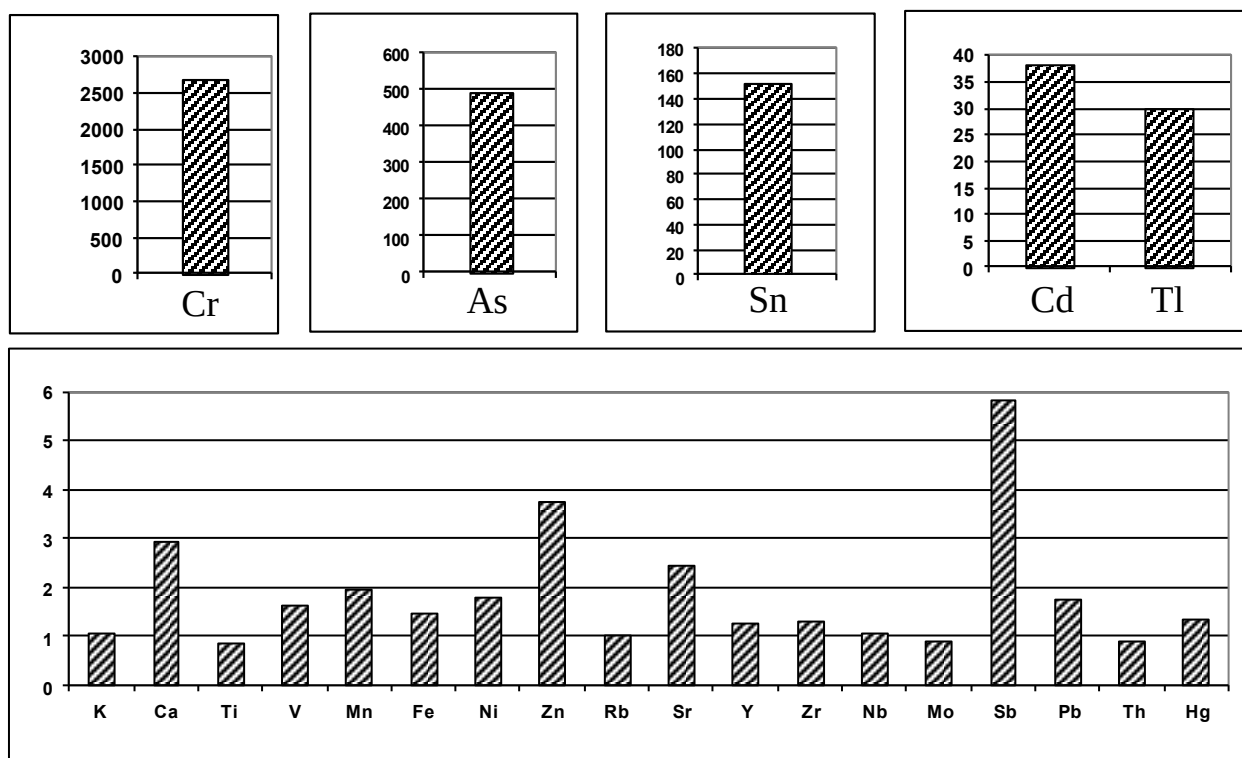


Рис. 2. Отношение содержания элементов в аэрозолях Бугринской рощи к их содержанию в аэрозолях фонового участка

Таким образом, экономические трудности предприятия, начавшиеся в 2015 г., привели к значительному снижению выбросов, что подтверждает снижение в аэрозолях окрестностей ОК, в том числе Бугринской рощи содержания ряда токсичных элементов, как As, Tl, Cd, Pb, Cr и др., в 2–4 раза. При этом интенсивность выбросов Sn остается на прежнем уровне. Изменение соотношения элементов в выбросах ОК может указывать на изменение в технологии, на изменение состава сырья или улучшение фильтров. Вместе с тем выбросы ОК продолжают загрязнять окрестности предприятия токсичными преимущественно халькофильными элементами, и рекреационная лесопарковая зона Бугринской рощи продолжает испытывать существенную техногенную аэрозольную нагрузки.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Минерально-геохимические индикаторы техногенных источников аэрозольного загрязнения / С. Ю. Артамонова, А. С. Лапухов, Л. В. Мирошниченко, Л. И. Разворотнева // Химия в интересах устойчивого развития. – 2007. – Т. 15. – С. 643–652.
2. Артамонова С. Ю. Экология городов: анализ и оценка с помощью РФА-СИ на примере Новосибирска // Поверхность. Рентгеновские, синхротронные и нейтронные исследования. – 2011. – № 11. – С. 66–71.
3. Артамонова С. Ю. Геохимические особенности аэрозольного загрязнения в районе Сибирского химического комбината // Химия в интересах устойчивого развития. – 2012. – Т. 20, № 4. – С. 405–418.
4. Климат Новосибирска. – Л. : Гидрометеиздат, 1979. – 221 с.

© С. Ю. Артамонова, Н. А. Попов, 2017

СКОРОСТИ СЕДИМЕНТАЦИИ ПЫЛЬЦЕВЫХ ЧАСТИЦ АНЕМОФИЛЬНЫХ РАСТЕНИЙ, ИНТРОДУЦИРОВАННЫХ В ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Владимир Викторович Головкин

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

Александр Сергеевич Козлов

Институт химической кинетики и горения им. В. В. Воеводского СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, ул. Институтская, 3, кандидат физико-математических наук, научный сотрудник, тел. (383)333-29-44, e-mail: kozlov@ns.kinetics.nsc.ru

Излагаются результаты определения аэродинамических характеристик анемофильных растений, интродуцированных в Западной Сибири. 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.

SPEEDS OF SEDIMENTATION OF POLLEN PARTICLES OF THE ANEMOFILNY PLANTS INTRODUCED IN WESTERN SIBERIA

Vladimir V. Golovko

Institute of Chemical Kinetics and Combustion SB RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, 3 Institutskaya St., Ph. D., lead engineer, tel. (383)333-34-99, e-mail: golovko@kinetics.nsc.ru

Vyacheslav L. Istomin

Institute of Hydrodynamics SB RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, 15 Akademik Lavrentiev Prospect, D. Sc., chief researcher, tel. (383)333-19-38, e-mail: istomin@hydro.nsc.ru

Aleksandr S. Kozlov

Institute of Chemical Kinetics and Combustion SB RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, 3 Institutskaya St., Ph. D., researcher, tel. (383)333-29-44, e-mail: kozlov@kinetics.nsc.ru

Results of definition of aerodynamic characteristics the anemofilnykh of the plants introduced in Western Siberia are reported. The percantage 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.

В «естественной» (без интродуцентов) флоре окрестностей Академгородка отмечено 417 видов, принадлежащих 61 семейству, и 235 родам. Это составляет 56 % семейств, 33 % родов и 12,5 % видов флоры Западной Сибири. Помимо растений, исконно обитающих на данной территории, во флоре Академгородка г. Новосибирска можно встретить и растения, интродуцированные человеком: 766 видов, 129 родов, и 40 семейств деревьев, кустарников, полукустарников и древесных лиан. В их числе 227 сибирских видов и 539 экзотов, либо успешно интродуцированных на территории Сибири, либо произрастающих в областях, более-менее близких по климату к Сибири.

Одним из таких растений, использовавшихся при озеленении Академгородка, является береза мелколистная. Исходно данный вид встречался по пустынным степным долинам горных рек Алтая и Монголии. Береза мелколистная – дерево до 4–5 м высотой, нередко низкое и корявое, растущее в виде кустарника. Декоративным достоинством вида является желтовато-серая, иногда розовая кора, небольшие листья и своеобразная по форме крона. В вегетацию вступает позже других видов берез. Этот вид рекомендован и используется для озеленения парков и лесопарков в виде одиночных или групповых посадок.

Как и другие виды данного рода, во время цветения береза мелколистная продуцирует огромные количества пыльцы, вероятно, обладающей аллергенными свойствами, что обуславливает интерес к распространению ее пыльцы. Перенос пыльцевой компоненты атмосферного аэрозоля – физический процесс. 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. К настоящему времени скорости седиментации описаны для пыльцы ≈ 200 видов растений. Скорости седиментации агломератов пыльцевых зерен практически не изучались. Данная работа представляет собой продолжение цикла исследований посвященных изучению аэродинамических характеристик пыльцевых частиц, переносимых ветром.

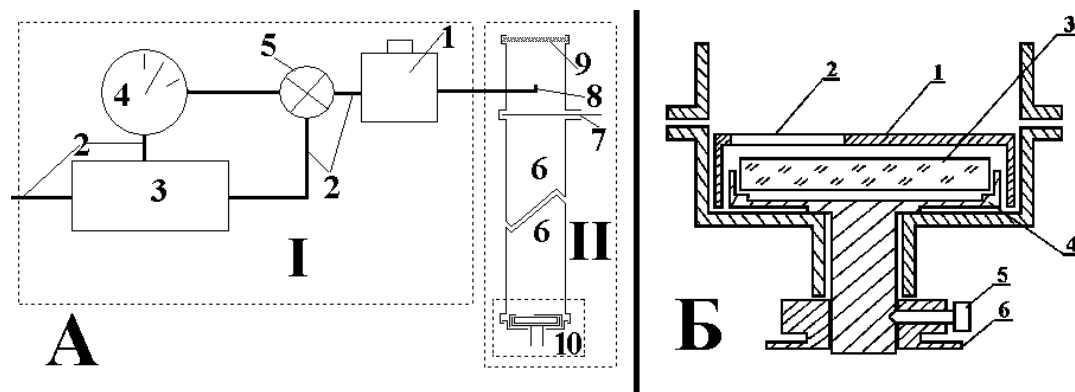


Рис. 1. Схема: А) установки для распыления пыльцы; Б) поворотного храпового механизма

Экспериментальная установка (рис. 1, А) состоит из: I – дозирующей системы и II – собственно седиментатора. Дозирующая система импульсного распыления и состоит из дозатора 1 исследуемой пылицы, воздуховода 2, ресивера 3, электроконтактного манометра 4, электроклапана 5. Собственно седиментатор (II) представляет собой цилиндр 6, который разделен заслонкой 7 на две части. Его верхняя часть – приемник распыленного вещества, поступающего из дозирующей системы (I) через сопло 8. Она сверху оканчивается фильтродержателем 9 с установленными на металлической сетке фильтрами типа АФА-ХА-18 для выхода воздуха. Нижняя часть цилиндра седиментатора оканчивается храповым устройством 10, представляющим собой неподвижную щелевую диафрагму 1 с окном 2, имеющим вид сектора. Ниже лежит сменный стеклянный диск для сбора распыленной пылицы 3 на вращающемся ложе 4, которое зафиксировано стопором 5 относительно храповика 6. Ложе со стеклянным диском может вращаться с переменной скоростью и имеет несколько фиксированных положений. Вращение стекла на заданный угол осуществляется храповиком 6.

Методика проведения эксперимента

Порции пылицы распылялась в верхнюю часть установки при закрытой заслонке 7. В приемной части седиментатора устанавливалась щелевая диафрагма. В опытах смена секторов осуществлялась вручную через фиксированные промежутки времени t_{ϕ} секунд, начиная с первого. Последняя диафрагма в опытах экспонировалась в течение 1 мин. Сектор номер 1 служил фоном, контролирующим загрязнение стеклянной пластинки. Во всех опытах на нем не было зафиксировано ни одного ПЗ.

После завершения отбора образцов с осадком стеклянный диск с осевшими пылевыми частицами помещали под микроскоп МБИ-11. Для закрепления пылевых частиц на стекле использовался глицерин-желатин с добавлением к красителя кумаши голубого. Для каждого сектора просматривалось 30 полей зрения. На каждой из просматриваемых площадок подсчитывалось число единичных ПЗ, а также и число агломератов, содержащих более одного ПЗ. Агломераты, содержащие 2, 3 и т. д. ПЗ, подсчитывались отдельно.

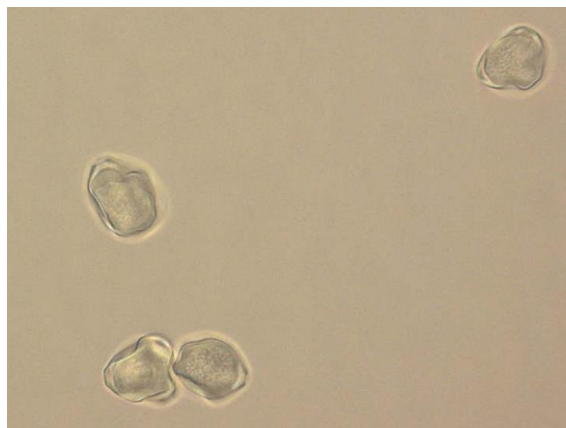


Рис. 2. Одиночные ПЗ и их агломераты у березы мелколистной

Несмотря на имеющиеся морфологические особенности, способствующие распространению в атмосфере индивидуальных пылевых зерен, при распылении пыльцы березы мелколистной наряду с ними образовывались агломераты, в состав которых входило от двух и более зерен пыльцы. Агломерат из двух либо большего числа зерен составляли > 37 пылевых частиц, осевших на подложки. В их состав входило 64,5 % распыленных пылевых зерен.

Значение скорости седиментации, характеризующее частицы, оседающие в пределах выбранного сектора ($\bar{V}_i$), рассчитывалось по формуле

$$\bar{V}_i = \frac{V_i + V_{i+1}}{2}, \quad (1)$$

где V_i и V_{i+1} – максимальная и минимальная скорость седиментации частиц в i -секторе.

Средняя скорость седиментации $\bar{V}_j$ агломерата, состоящего из j зерен, рассчитывалась по формуле

$$\bar{V}_j = \exp \left(\frac{\sum_i n_{ij} * \ln(\bar{V}_{ij})}{\sum_i n_{ij}} \right), \quad (3)$$

где $\bar{V}_{ij}$ – среднее геометрическое значение скорости седиментации агломератов из j частиц, оседающих на i -й сектор; n_{ij} – число агломератов из j частиц, осевших на i -й сектор.

Среднегеометрические отклонения σ_{gj} от среднего значения $\bar{V}_j$ агломерата, состоящего из j зерен рассчитывались по формуле

$$\sigma_{gj} = \exp \sqrt{\frac{\sum_i n_{ij} (\ln(\bar{V}_{ij}) - \ln(\bar{V}_j))^2}{\sum_i n_{ij}}} \quad (4)$$

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 березы мелколистной приведены в таблице. 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.

Результаты определения скоростей седиментации ПЗ
и их агломератов березы мелколистной

Число зерен пыльцы в агломерате	Число агломератов	Средняя геометрическая скорость оседания $\bar{V}_j$, см/с	Стандартное геометрическое отклонение σ_g
1	2739	2,7	1,4
2	734	3,6	1,3
3	388	4,2	1,3
4	247	5,0	1,5
5	127	5,7	1,5
6	79	6,1	1,4

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 березы мелколистной полученные данные можно аппроксимировать эмпирической зависимостью:

$$\bar{V}_j = 2,1^{0,372}, \quad \text{коэффициент корреляции } r = 0,9991$$

Данные можно подытожить следующим выводом: полученные средние значения скоростей седиментации агломератов ПЗ в зависимости от числа частиц в агломерате аппроксимируются степенной зависимостью вида:

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

где $\bar{V}_j$ – среднее значение скорости седиментации агломерата состоящего из j частиц, размерные коэффициенты a и показатель степени k находятся из экспериментальных данных для каждого вида растений.

Зафиксированный диапазон $\bar{V}_j$ от 2,1 см/с для единичного пыльцевго зерна до 4,1 см/с для агломерата из шести зерен, обусловлен различием размеров исследуемых частиц..

КОМПЛЕКСНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ АНТРОПОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ПРИРОДНЫЕ ОБЪЕКТЫ ЗАПАДНО-СИБИРСКОГО РЕГИОНА С ПРИМЕНЕНИЕМ ДАННЫХ НАЗЕМНОГО И ДИСТАНЦИОННОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕРРИТОРИЙ

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. (382)249-22-27, 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. (382)249-18-11, 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. (382)249-22-27, e-mail: pto@ipc.tsc.ru

Предложена методика комплексной оценки совокупного воздействия природных и техногенных факторов на состояние окружающей среды с использованием наземных и спутниковых данных. Анализ болотных вод методом ИК-спектроскопии позволил определить уровень регионального фонового содержания углеводородов в объектах, удаленных на разное расстояние от источников антропогенного воздействия. Обработка спутниковых данных с применением ГИС-технологий позволила рассчитать значения вегетационного индекса NDVI и количественно охарактеризовать отклик растительных сообществ на внешние воздействия растительного покрова исследуемых территорий, а также изучить их динамику за 2013–2016 гг.

Ключевые слова: окружающая среда, космические снимки, геоинформационные системы, месторождения нефти, вегетационный индекс, содержание углеводородов, влияние пожаров.

NATURAL OBJECTS OF WEST-SIBERIAN REGION: COMPREHENSIVE RESEARCH OF ANTHROPOGENIC IMPACT BY TERRESTRIAL MONITORING AND REMOTE SENSING

Victoria P. Dneprovskaya

Institute of Petroleum Chemistry SB RAS, 634055, Russia, Tomsk, 4 Academichesky Prospekt, junior researcher, laboratory "Research Information Centre and Petroleum Museum", tel. (382)249-22-27, e-mail: pto@ipc.tsc.ru

Irina G. Yashchenko

Institute of Petroleum Chemistry SB RAS, 634055, Russia, Tomsk, 4 Academichesky Prospekt, Ph. D., head of Laboratory "Research Information Centre and Petroleum Museum", tel. (382)249-22-27, e-mail: pto@ipc.tsc.ru

Tatiana O. Peremitina

Institute of Petroleum Chemistry SB RAS, 634055, Russia, Tomsk, 4 Academichesky Prospect, Ph. D., researcher Laboratory "Research Information Centre and Petroleum Museum", tel. (382)249-22-27, e-mail: pto@ipc.tsc.ru.

A technique for a comprehensive assessment of the combined effect of natural and man-made factors on the state of the environment using terrestrial and satellite data is proposed. The analysis of bog waters by the IR spectrometry method allowed to determine the level of regional background content of hydrocarbons in objects remote from different sources of anthropogenic impact. The processing of satellite data using GIS technology allowed calculating the values of the vegetative index NDVI and quantitatively characterizing the response of plant communities to the external effects of vegetation cover in the study areas, and also to study their dynamics for 2013–2016.

Key words: environment, satellite images, geoinformation systems, oil field, vegetation index, Hydrocarbon content, impact of fires.

Уникальное по размерам и составу природных комплексов Большое Васюганское болото, расположенное на севере Новосибирской и на юге Томской, а также на северо-востоке Омской областей, занимает большую часть главного Обь-Иртышского водораздела, а по площади является самым крупным болотом в мире, образуя гигантскую болотную систему северного полушария планеты. Все более возрастающее хозяйственное освоение природных ресурсов Васюганья сопровождается нарушением естественных ландшафтов и ухудшением условий среды [1].

На Васюганское болото оказывает влияние целый набор отрицательных факторов – уничтожение древостоев (рубки), воздействие гусеничного транспорта, разливы нефти, горюче-смазочных материалов, буровых растворов, минерализованных подземных вод, загрязнение стройматериалами, бытовым мусором, металлоломом. Интенсивно развиваются процессы термокарста, термоэрозии, водной эрозии, поскольку нарушенный растительный покров болот восстанавливается довольно медленно. В настоящее время эти виды природного и техногенного негативного воздействия рассматриваются как основные факторы нарушения ландшафтных комплексов Васюганья [1, 2]. В связи с тем, что речная сеть и болотные массивы имеют большое экологическое и хозяйственное значение, выполняя водорегулирующую функцию в ландшафтной системе, проведение комплексной оценки экологического состояния нефтедобывающих территорий Западной Сибири в настоящее время является одной из актуальных задач.

На сегодняшний момент существуют различные методики, обеспечивающие мониторинг экологического состояния нефтедобывающих территорий, которые различаются физическими принципами действия и чувствительностью.

Согласно данным [3], лесные земли и болота Томской области составляют 68,2 и 32 % ее площади, соответственно, что характеризует территорию области как труднодоступную, со слабой заселенностью и неразвитой инфраструктурой.

В связи с перечисленными особенностями исследуемой территории для получения оперативной оценки состояния растительного покрова нефтедобы-

вающих территорий недостаточно применения только наземных данных о состоянии биосферы. Наиболее эффективными по охвату территории, регулярности и оперативности мониторинга состояния окружающей среды являются методики, основанные на применении данных дистанционного зондирования Земли.

В настоящее время при изучении отклика растительности на различные воздействия все более широкое применение получают данные дистанционного зондирования Земли. В таких исследованиях на космических снимках анализируются изменения вегетационных индексов – показателей, представляющих собой комбинацию из различных спектральных каналов излучения, отраженного от изучаемого объекта [4].

Самый распространенный и наиболее часто используемый вегетационный индекс – NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) – нормализованный разностный вегетационный индекс [3]. Эмпирически установлено, что NDVI имеет связь с различными характеристиками растительности на исследуемой территории – прослеживается согласованность в изменении NDVI и величины зеленой растительной биомассы. Поэтому данный индекс можно использовать для регионального картографирования и анализа различных типов ландшафтов, изучения динамики растительных сообществ. Современные системы дистанционного зондирования позволяют получать непрерывные временные ряды NDVI со всеми возможностями их статистического анализа. Рассчитанные значения NDVI позволяют количественно охарактеризовать отклик растительных сообществ на внешние воздействия, изучить их многолетнюю динамику [4].

В данной работе значения вегетационного индекса растительного покрова NDVI рассчитаны средствами геоинформационной системы ArcGis 10.2.2 по космическим снимкам LANDSAT 8 за многолетний период 2013–2016 гг. с датами съемки 01.06.2013 – 31.08.2016 гг. LANDSAT 8 – американский спутник наблюдения за поверхностью Земли, запущенный в феврале 2013 г. и имеющий разрешение 30 м. Целью спутника LANDSAT 8 является предоставление доступа к данным широкой общественности – они доступны для бесплатного скачивания. LANDSAT 8 снимает примерно 700 сцен в день, с повторным покрытием Земли каждые 16 дней [5].

Для получения наземных данных был проведен анализ проб воды исследуемой территории. Отбор проб воды осуществляли в июне-августе 2016 г., пункты пробоотбора приведены на рис. 1, в этих же точках были произведены расчеты вегетационных индексов растительного покрова (NDVI) с применением космических снимков и геоинформационной системы ArcGis 10.2.2.

Определение массовой концентрации углеводов (УВ), как природного, так и техногенного происхождения, в болотных водах проводили на ИК-Фурье спектрометре Nicolet 5700 (разрешение 4 см^{-1} , число сканов пробы – 64) в диапазоне $3100\ldots 2700\text{ см}^{-1}$, в кюветах из NaCl с толщиной поглощающего слоя 10 мм. Экстракцию УВ из воды осуществляли четыреххлористым углеродом по методике [6].

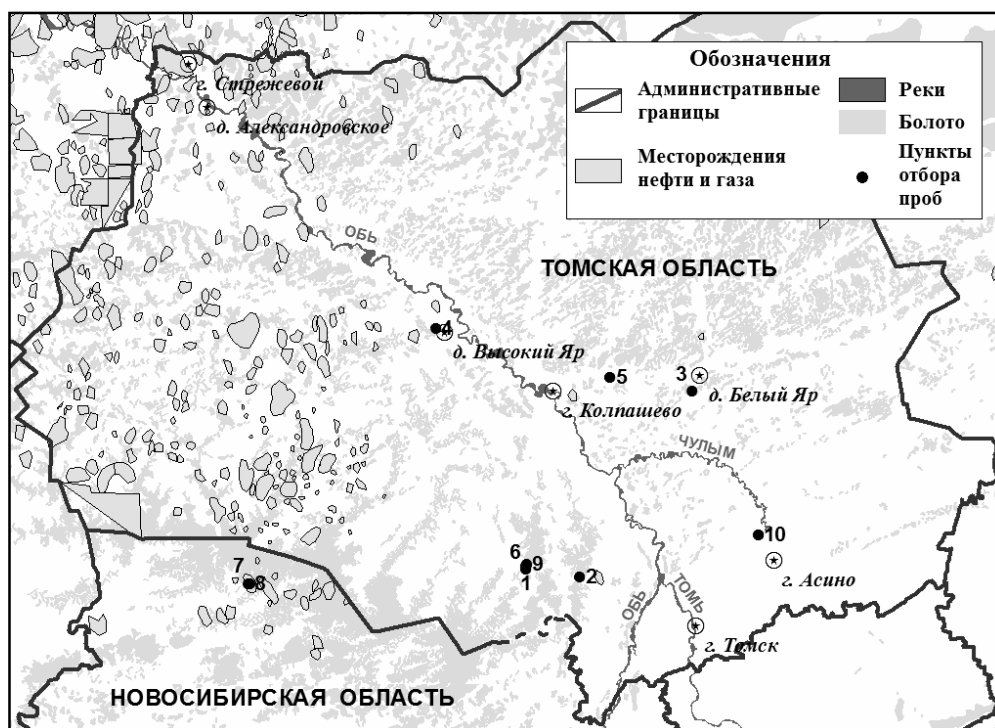


Рис. 1. Пункты отбора проб воды

Болота Бакчарское, Центральное, Тисанское, Самара, р. Ключ, а также участок, прилегающий к месторождению Малоичское-фон, достаточно удалены от зон антропогенного воздействия и отличаются слабым развитием транспортной инфраструктуры, тогда как остальные образцы отобраны на участках, в различной степени испытывающих воздействия природных и техногенных факторов.

Результаты определения массовой концентрации УВ в воде показали, что в основном воды природного генезиса по классификации А.С. Шайна [7] соответствуют категории качества воды «чистая» (0.3–1 ПДК).

Воды Центрального болота (концентрация УВ составляет 0.33 ± 0.09 мг/дм³) и болота у д. Высокий Яр (концентрация УВ составляет 0.34 ± 0.09 мг/дм³), которое находится в зоне влияния нефтегазодобывающего сектора Томской области и возможного аэрозольного загрязнения, характеризуются как «умеренно загрязненные» (1–3 ПДК). Вода, отобранная на Иксинском болоте, относится к «загрязненной» (3–10 ПДК), концентрация УВ составляет 2.23 ± 0.54 мг/дм³. Следует отметить, что на этом болоте с 1998 г. по настоящее время регулярно возникают возгорания и пожары различного масштаба и происхождения. Вода, отобранная на территории нефтяного разлива на месторождении Малоичское, отличается максимальной концентрацией УВ и соответствует категории «грязная» (10–100 ПДК), концентрация УВ составляет 36.20 ± 3.62 мг/дм³, что объясняется прорывом трубопровода и загрязнением близлежащих территорий в конце 2013 г.

Сопоставление результатов расчета индекса NDVI по спутниковым данным и анализ содержания УВ в отобранных пробах воды позволило определить

максимальные флуктуации значений расчетов в пунктах 2 – Иксинское болото (NDVI от 0.316 до 0.618) и 7 – Малоичское (NDVI от 0.481 до 0.681). В связи с этим, проведен анализ изменения значений индекса NDVI за все время наблюдений для пунктов 2 – Иксинское болото (рис. 2, а), 7 – Малоичское и 8 – Малоичское-фон (рис. 2, б).

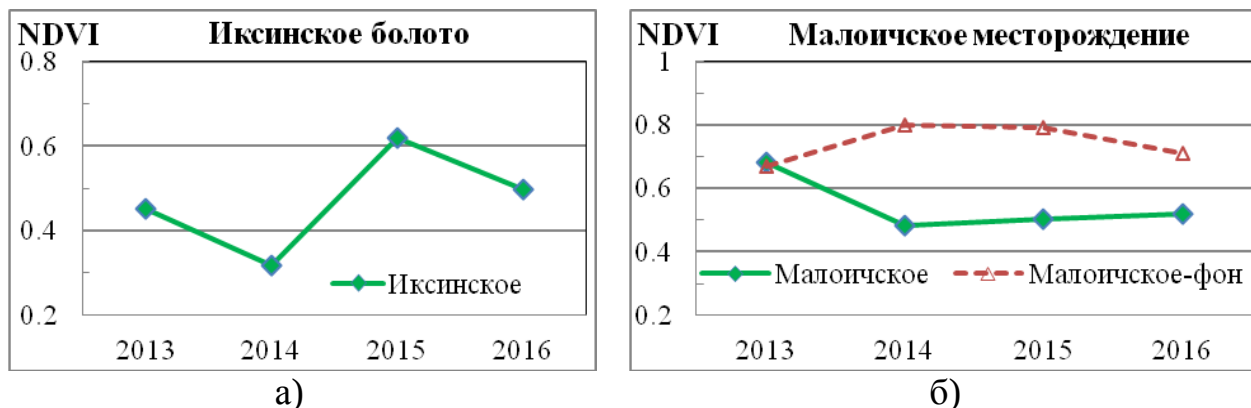


Рис. 2. Значения индекса NDVI в пунктах отбора проб воды Иксинское, Бакcharское и Малоичское за 2013–2016 гг.

Рис. 2, а показывает, как изменяются значения индекса NDVI на Иксинском болоте, на котором регулярно возникают пожары, в сравнении с Бакcharским болотом, которое не подвержено антропогенному воздействию.

Из рис. 2, б следует, что значения индекса NDVI для пунктов 7 – Малоичское, 8 – Малоичское-фон в 2013 г. до загрязнения нефтепродуктами лежат в интервале 0.67–0.68. Состояние растительного покрова для пункта 7 – Малоичское резко ухудшилось с 2014 г., индекс NDVI снизился до 0.481 и далее в течение последних лет очень медленно восстанавливается, достигая в 2016 г. значения 0.518. При этом на территории фонового участка (пункт отбора 8) значение индекса NDVI с 2013 г. увеличилось с 0,681 до 0.711–0.793.

Сравнительный анализ концентраций УВ в водах Томской и Новосибирской областей и значений индекса NDVI, полученных с помощью обработки космических снимков LANDSAT 8, выявил статистически значимую отрицательную связь между данными параметрами: наибольшему значению индекса NDVI соответствует минимальная концентрация УВ. Рассчитанный коэффициент корреляции равен значению -0.57 , что свидетельствует о взаимозависимости между этими показателями.

Таким образом, разработанная методика комплексной оценки воздействия природных и техногенных факторов на окружающую среду с использованием наземных и спутниковых данных позволяет получать достоверную информацию о состоянии труднодоступных нефтегазодобывающих территориях, что оказывает значительную помощь в своевременной оценке экологической ситуации и принятии решений в устранении и профилактике загрязнения природных объектов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Савченко Н. В. Геоэкологические проблемы Западносибирской тайги // Окружающая природная среда и экологическое образование и воспитание : материалы II Всероссийской научно-практической конф. (7–8 февраля 2002 г). – Пенза, 2002 – С. 11–13.
2. Савченко Н. В. Антропогенное воздействие на экосистемы Васюганья и необходимость их охраны // Охрана природы и образование. На пути к устойчивому развитию : материалы научно-практич. конф. «Проблемы и перспективы охраны природы в Новосибирской области и сопредельных регионах», 3–4 декабря 2008 г. – Новосибирск, 2009. – С. 19–21.
3. Перемитина Т. О., Яценко И. Г. Применение данных спутниковых наблюдений TERRA-MODIS для мониторинга состояния окружающей среды нефтедобывающих территорий Западной Сибири // Безопасность жизнедеятельности. – 2015. – № 12. – С. 42–48.
4. Курганович К. А., Макаров В. П. Использование вегетационных индексов NDVI для оценки влияния пожаров на динамику растительности цасучейского бора // Вестник ЗабГУ. – 2015. – № 2 (117). – С. 27–36.
5. Как загрузить данные Landsat 8. [Электронный ресурс]: О Landsat 8. – Режим доступа: <http://www.esti-map.ru/articles/Download-Landsat-8-Data>.
6. Методика выполнения измерений массовой концентрации нефтепродуктов в природных и сточных водах методом ИК спектроскопии. ПНД Ф 14.1:2.5-95. – М. : Министерство охраны окружающей среды и природных ресурсов РФ, 2004. – 15 с.
7. Шайн А. С. Комплексные оценки качества поверхностных вод. – Л. : Гидрометеиздат, 1984. – С. 24–33.

© В. П. Днепровская, И. Г. Яценко, Т. О. Перемитина, 2017

СПОСОБ ФОРМИРОВАНИЯ ИЗОБРАЖЕНИЯ СЕЙСМИЧЕСКОГО ВОЛНОВОГО ПОЛЯ КАК МЕТОД ИССЛЕДОВАНИЯ СТРОЕНИЯ ЗЕМЛИ

Сергей Александрович Ефимов

Институт вычислительной математики и математической геофизики СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Лаврентьева, 6, научный сотрудник, тел. (913)906-59-29, e-mail: sergesaesa@yandex.ru

В статье рассмотрен способ формирования изображения сейсмических волновых полей для определения структуры Земли и местоположения сейсмических событий, в том числе землетрясений. Данный способ позволяет получить изображение недр земли как результат прямого метода измерений комплексной амплитуды сейсмических волновых полей. Результативность способа показана на примере обработки экспериментальных сейсмических записей.

Ключевые слова: сейсмическая запись, изображение волнового поля, сейсмическое событие, структура Земли.

THE IMAGE GENERATION METHOD OF SEISMIC WAVE FIELD AS A METHOD OF RESEARCH STRUCTURE OF THE EARTH

Sergey A. Efimov

Institute of Computational Mathematics and Mathematical Geophysics SB RAS, 630000, Russia, Novosibirsk, 6 Akademik Lavrentiev Prospect, research, tel. (913)906-59-29, e-mail: sergesaesa@yandex.ru

In the article the method of imaging of seismic wave fields to define the structure of the Earth and location of seismic events, including earthquakes. This method allows to obtain an image of the earth as the result of a direct measurement method of complex amplitudes of seismic wave fields. The performance of the method is demonstrated on the example of processing of experimental seismic records.

Key words: information recording, the wave-field image, seismic event, the structure of the Earth.

Введение. Задача визуализации сейсмических волновых полей является одной из актуальных задач геофизики [1]. Объективная визуализация сейсмических волновых полей позволяет получить пространственное изображение недр планеты. Эта задача является нетривиальной и решается различными подходами. Исследователи, объединенные одной целью: как заглянуть в глубь Земли, – используют теоретические и экспериментальные инструменты для достижения поставленной цели [2]. Решение данной задачи усложняет неоднородность структуры Земли, что побудило геофизиков при анализе структуры недр планеты использовать термин «неоднородность и мутность сред» [3]. Определенные достижения в решении данной задачи получены в рамках сейсмической томографии [4]. Однако при решении данной задачи преобладающим подходом является способ, основанный на временном годографе, который формируется

на экспериментальных либо теоретических данных о времени пробега сейсмических волн. Чтобы получить пространственное изображение недр планеты на основе временного годографа необходимо знать скорость сейсмических волн в районе исследования. Поскольку земная среда неоднородна, то значение скорости волн изменчиво. В этих обстоятельствах исследователи используют усредненное значение скорости волн при формировании пространственного изображения, что неизбежно приводит к понижению контрастности («мутности») полученного изображения. Таким образом, основная часть современных подходов формирования изображения недр земли, относится к косвенным методам измерений, которые получают изображение на основе данных о времени пробега волн и скорости волн.

Постановка задачи. Другим подходом формирования изображения недр земли является прямой метод измерений, который широко используется в волновой оптике. Физическая модель формирования изображения недр земли представляет собой следующую картину. Поверхность земли является экраном для сейсмических волн. Если в этом экране существует отверстие, то сейсмические волны через это отверстие создадут определенное волновое поле за экраном. Если «рассматривать» это поле через сейсмическую линзу на определенном расстоянии от отверстия, то в районе фокальной плоскости сейсмической линзы будет формироваться изображение, соответствующее изображению недр земли до отверстия в экране (до поверхности земли). В этой модели отверстием в экране соответствует сейсмический датчик (сейсмометр). А сейсмической линзе соответствует определенная программа обработки сейсмической записи. Программа обработки сейсмической записи формирует изображение недр земли как совокупность точек, характеристики которых соответствуют комплексным амплитудам волнового поля, которые в свою очередь зависят от интенсивности сейсмических лучей.

В соответствии с этой моделью автором данной работы разработана программа «Nelumbo», которая на основе экспериментальных сейсмических записей позволяет формировать изображение недр земли в пространстве полусферы, центр которой соответствует положению сейсмометра (точка регистрации). Алгоритм программы «Nelumbo» основан на принципе Гюйгенса – Френеля и теореме Кирхгофа (G. R. Kirchhoff) [5]. Г. Р. Кирхгоф придал принципу Гюйгенса – Френеля строгий математический вид, показав, что его можно считать приближенной формой теоремы, называемой интегральной теоремой Кирхгофа. Строгое математическое выражение для поля было первоначально получено Г. Гельмгольцем и обобщено Кирхгофом в 1883.

Экспериментальные данные. В период 15–19 сентября 2000 года сотрудниками ИВМиМГ СО РАН (г. Новосибирск) проведены вибросейсмические эксперименты в районе п. Курья Алтайского края. План проведения эксперимента и результаты регистрации сейсмических сигналов представлены в информационно-вычислительной системе «Вибросейсмическое Просвечивание Земли» – сайт <http://opg.sscc.ru/db>. Условное название данного эксперимента в базе данных – «002 Курья». Местоположение (координаты) точки регистра-

ции: широта (град) 51,6522; долгота (град) 82,3338; азимут X – компоненты сейсмометра 95 град.

Фрагмент сейсмической записи, полученной в рамках данного эксперимента 15 сентября 2000 года, представлен на рис. 1.

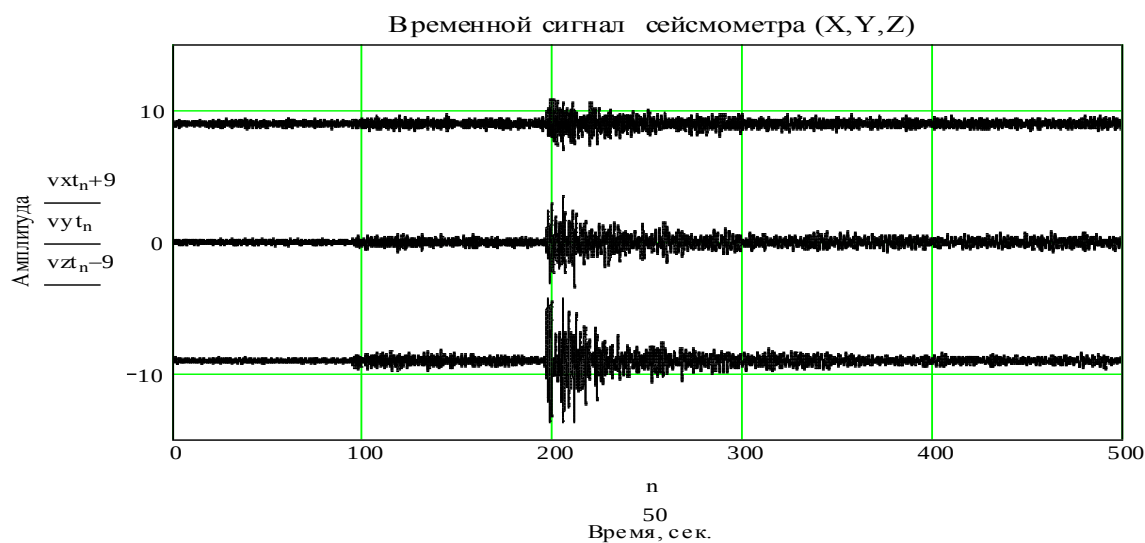


Рис. 1. Фрагмент сейсмической записи эксперимента «002 Курья»; регистратор ВИРС-М, сейсмометр СК1-П, X, Y, Z – компонента

Фрагмент сейсмической записи эксперимента «002 Курья» использован для визуализации сейсмического поля при помощи программы «Nelumbo».

Результаты использования программы «Nelumbo». На рис. 2 представлено изображение недр земли, полученное по экспериментальным данным рис. 1.

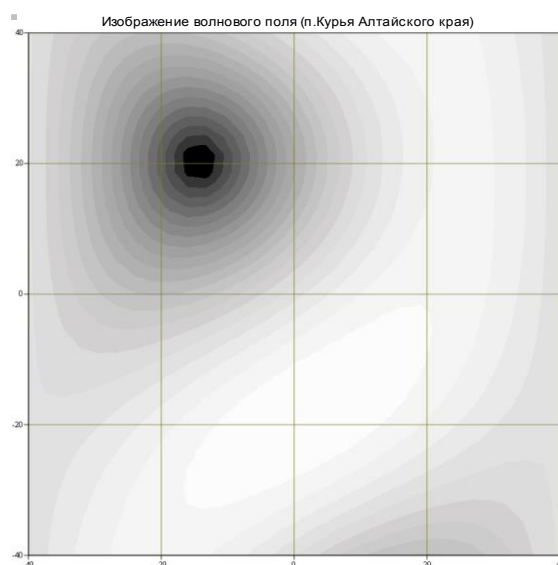


Рис. 2. Изображение недр земли, п. Курья Алтайского края, дата – 15.09.2000

Изображение недр земли на рис. 2 содержит признак сейсмического события – черное пятно с координатами $(-15; 20)$. Координаты сейсмометра на изображении рис. 2 $(0; 0)$. Местоположение сейсмического события однозначно определяют два пространственных угла поворота вертикального вектора (по отношению к поверхности земли) в точке регистрации. Следовательно, на основе местоположения сейсмического события на изображении рис. 2 определяется направление: сейсмическое событие – точка регистрации. Для определения расстояния до сейсмического события в рамках данного способа достаточно иметь две точки регистрации. При двух точках регистрации на основании координат сейсмического события на двух изображениях недр земли и расстояния между точками регистрации определяется расстояние до сейсмического события. Изображение недр земли на рис. 2 сформировано на основе сейсмических волн с частотным диапазоном $0,5\text{--}25,0$ Гц. Этот диапазон определяется возможностями сейсмометра и регистрирующей аппаратуры. Программа «Nelumbo» позволяет выделять определенный интервал или определенную частоту сейсмических волн, которая будет «освещать» исследуемую область недр земли. Очевидно, что для глубинного исследования недр земли (мантии и ядра) необходим низкочастотный диапазон сейсмических волн, а, следовательно, и низкочастотные сейсмометры и регистрирующая аппаратура. Частотный спектр сейсмической записи на рис. 1 содержит низкочастотные компоненты. Это обстоятельство дает предпосылку на возможность получения внутренней структуры Земли, «освещенной» сейсмическим событием на рис. 1. Чтобы получить изображение ядра и мантии земли необходимо выбрать тот диапазон частот сейсмического события, который проникает сквозь кору земли без дифракции волн. Для этого необходимо, чтобы длина сейсмической волны превосходила толщину коры земли. Толщина коры земли изменяется от 30 до 80 км. На этой глубине скорость сейсмических волн равна примерно 5 км./сек. Длина волны определяется как отношение скорости волны к частоте этой волны. Для частоты сейсмических волн $f = 0,147$ Гц длина волны будет равна 34,96 км. Дальнейшие результаты формирования изображения недр земли показывают отсутствие влияния дифракции сейсмических волн в области коры Земли на частоте 0,147 Гц. На рис. 3 представлено изображение недр земли, полученное по экспериментальным данным рис. 1. при частоте сейсмических волн 0,147 Гц.

Качественный анализ изображения недр земли, полученного при помощи программы «Nelumbo» с использованием частоты сканирования сейсмических 0,147 Гц, показывает сферическую структурность этого изображения. При этом расстояние от центра земли – координаты $(0, 0)$ на рис. 3 – до желтой границы по своим размерам совпадает с полученными ранее сейсмологами размерами внешней оболочки ядра. В соответствии с геометрической моделью Земли (рис. 3 справа) размер ядра Земли составляет 3540 км. Эта величина определена в соответствии с геометрической моделью Земли на рис. 3 как произведение среднего радиуса Земли на синус угла β . Угол β определяется по координатам желтой границы изображения недр земли на рис. 3 и в данном случае составля-

ет $\beta = 33,75^\circ$. Средний радиус Земли равен 6371 км. Тогда произведение радиуса Земли на синус $\beta = 33,75^\circ$ будет равно 3540 км. Таким образом, известные в научных кругах геофизиков оценки размера внешнего ядра Земли, совпадают с полученными расчетами.

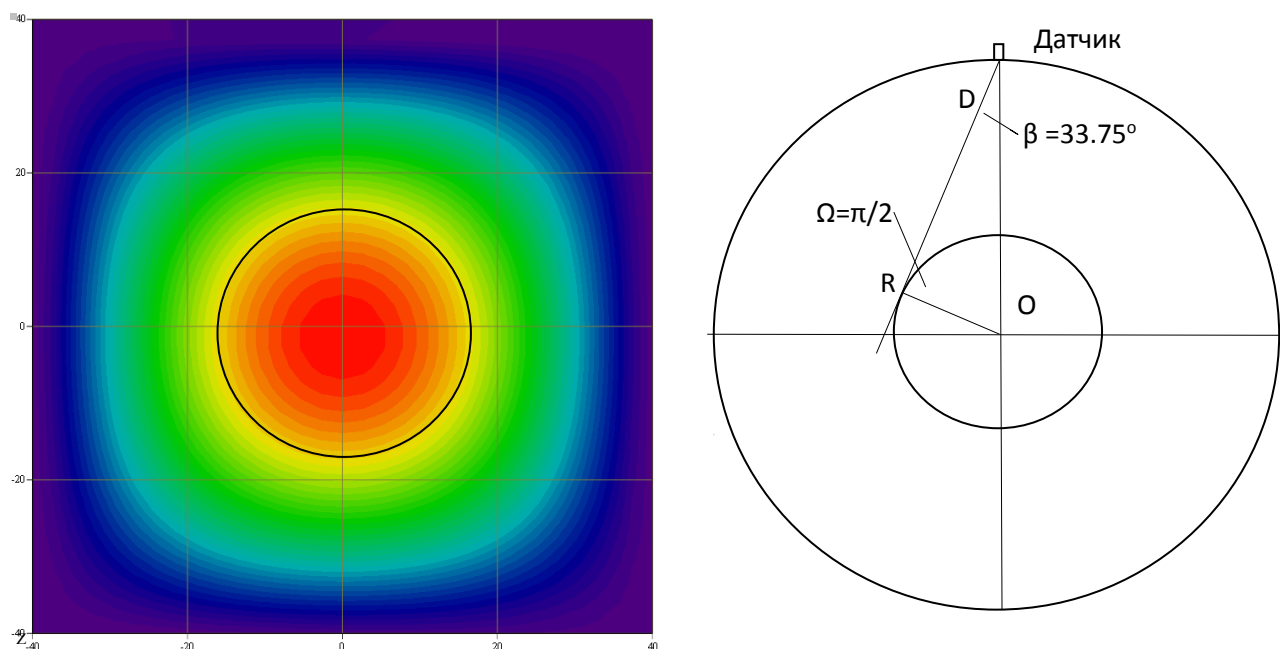


Рис. 3. Слева – изображение недр земли, п. Курья Алтайского края, дата – 15.09.2000; частота освещения недр земли сейсмическими волнами – 0,143 Гц; справа – геометрическая модель земли

Продолжая качественную интерпретацию полученного при помощи программы «Nelumbo» изображения недр земли на рис. 3 можно с определенной уверенностью соотнести зеленую область изображения с мантией Земли, а сплошной красный диск – с твердым ядром Земли. Размеры твердого ядра Земли, полученные аналогично с расчетами внешней оболочки ядра, также совпадают с уже известными оценками сейсмологов.

Выводы. Представленный способ визуализации сейсмического волнового поля основан на прямом методе измерений. Комплексная амплитуда каждого пространственного вектора в полусфере с центром в точке регистрации непосредственно соответствует точке изображения недр земли. Данный способ является технологическим инструментом, который на основе записи информации в точке регистрации позволяет формировать изображение недр земли, определять местоположение сейсмических событий и выявлять особенности структуры земной поверхности.

Заключение. Автор выражает благодарность сотрудникам ИВМиМГ СО РАН, замечания и критика которых на семинарах и в личных беседах формировали постановку задачи, решаемой в данной работе.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Методы решения прямых и обратных задач сейсмологии, электромагнетизма и экспериментальные исследования в проблемах изучения геодинамических процессов в коре и верхней мантии Земли / отв. ред. Б. Г. Михайленко, М. И. Эпов ; Рос. акад. наук, Сиб. отделение ; Ин-т вычислительной математики и математической геофизики [и др.]. – Новосибирск : Изд-во СО РАН, 2010. – 310 с. – (Интеграционные проекты СО РАН; вып.27).
2. Алексеев А. С., Ряшенцев Н. П., Чичинин И. С. Как заглянуть в глубь планеты // Наука в СССР. – 1982. – № 3. – С. 31–37.
3. Николаев А. В. Сейсмика неоднородных и мутных сред. – М. : Наука, 1972. – 324 с.
4. Дзевонский А., Андерсон Д. Сейсмическая томография // В мире науки. – 1984. – № 12. – С. 16–25.
5. Борн М., Вольф Э. Основы оптики. – М. : Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит-ры, 1970. – 856 с.

© С. А. Ефимов, 2017

ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ЭКОЛОГИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ НА ПРОМЫШЛЕННОМ ПРЕДПРИЯТИИ

Ирина Ивановна Бочкарева

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

Александра Владимировна Борисова

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плеханова, 10, студент, тел. (923)245-84-95, e-mail: alexandra.boriso2014@yandex.ru

В настоящее время экологическая ситуация очень напряженная, а производственный экологический контроль является важным инструментом в области охраны окружающей природной среды. Целью данной работы является изучение процесса организации производственного экологического контроля на промышленном предприятии с учетом современных законодательных требований.

Ключевые слова: производственный экологический контроль, промышленное предприятие, окружающая среда, нормативные правовые акты, загрязняющие вещества, отходы, федеральный закон, природная среда.

THE ORGANIZATION OF PRODUCTION ENVIRONMENTAL CONTROL AT THE INDUSTRIAL ENTERPRISE

Irina I. Bochkareva

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: family_i@mail.ru

Alexandra V. Borisova

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., student tel. (923)245-84-95, e-mail: alexandra.boriso2014@yandex.ru

At this time the ecological situation is very tense, and industrial environmental monitoring is an important tool in the field of environmental protection. The aim of this work is to study the process of organization of the industrial ecological control at the industrial enterprise taking into account modern legislative requirements.

Key words: industrial environmental control, industrial enterprise, environment, regulations, contaminants, wastes, Federal law, natural environment.

Производственный экологический контроль включает в себя несколько блоков.

К первому блоку относятся сведения о выбросах и сбросах загрязняющих веществ, а также об источниках их происхождения.

Следующим блоком являются отходы и объекты их размещения.

Программа производственного экологического контроля должна содержать сведения о должностных лицах и подразделениях, отвечающих за проведение экологического контроля. В проведении производственного контроля должна принимать участие аккредитованная, в соответствии с законодательством Российской Федерации, лаборатория.

Заключительный блок содержит в себе сведения о периодичности и методах осуществления производственного экологического контроля, местах отбора проб и методах расчета.

Производственный экологический контроль осуществляется на основании нормативных правовых актов, принимаемых субъектами хозяйственной и иной деятельности [2].

Обзор изменений, внесенных Федеральным законом от 21 июля 2014 г. № 219-ФЗ в Федеральный закон от 10 января 2002 г. № 7-ФЗ:

1. Производственный экологический контроль должен осуществляться на объектах I, II, III категорий.

2. Юридические лица, индивидуальные предприниматели, эксплуатирующие указанные объекты, обязаны разрабатывать программу производственного экологического контроля, которая должна содержать сведения о подразделениях и (или) должностных лицах, отвечающих за осуществление производственного экологического контроля, а также о собственных и привлекаемых, аккредитованных испытательных лабораториях [1].

4. Фиксация результатов производственного экологического контроля стала обязательной, а так же необходимо представить в уполномоченный орган государственной власти отчет о результатах производственного экологического контроля.

Также произошли изменения в привлечении к ответственности за нарушения:

1) за сокрытие, умышленное искажение и несвоевременное представление данных, полученных при проведении производственного экологического контроля, введена административная ответственность. Размер административного штрафа увеличен до 80 тыс. руб.;

2) введена административная ответственность за невыполнение или несвоевременное выполнение обязанности по подаче заявки на постановку на государственный учет объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду. Размер административного штрафа до 100 тыс. руб. [1, 2].

Проанализировав изменения в Федеральном законе, можно предположить, что ужесточения в проведении производственного экологического контроля, а также в привлечении к ответственности, могут способствовать большей эффективности проведения мероприятий по охране и защите окружающей природной среды на промышленном предприятии.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Об охране окружающей среды [Электронный ресурс] : Федеральный закон от 10 января 2002 г. № 7-ФЗ (с изм. на 28 декабря 2016 г.) (редакция, действующая с 1 марта

2017 г). – Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс». – Режим доступа: <http://www.consultant.ru>.

2. О внесении изменений в Федеральный закон «Об охране окружающей среды» и отдельные законодательные акты Российской Федерации» [Электронный ресурс] : Федеральный закон от 21 июля 2014 г. № 219-ФЗ. – Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс». – Режим доступа: <http://www.consultant.ru>.

© И. И. Бочкарева, А. В. Борисова, 2017

ЕМКОСТЬ КАТИОННОГО ОБМЕНА И ОРГАНИЧЕСКАЯ СОСТАВЛЯЮЩАЯ ВЫЩЕЛОЧЕННЫХ ЧЕРНОЗЕМОВ ПРИОБЬЯ

Борис Максимович Клёнов

Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Лаврентьева, 8/2, доктор биологических наук, старший научный сотрудник, тел. (913)956-19-88, e-mail: kbm1825@ngs.ru

Михаил Владимирович Якутин

Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Лаврентьева, 8/2, доктор биологических наук, доцент, старший научный сотрудник лаборатории биогеоэкологии; 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

Показана решающая роль основного органического вещества – гуминовых кислот и фульвокислот – в формировании емкости катионного обмена (ЕКО) выщелоченных черноземов Приобья. Снижение ЕКО отмечено в процессе продолжительной земледельческой практики, что связано с потерями гумуса. Вместе с тем показано, что чистые препаративно выделенные из почвы гумусовые кислоты отличаются весьма высокой ЕКО. Различия ЕКО в чистых препаратах кислот целинной и пахотной почв позволяют судить о масштабе антропогенного пресса.

Ключевые слова: емкость катионного обмена, гуминовые кислоты, фульвокислоты, потери гумуса.

CATION EXCHANGE CAPACITY AND ORGANIC CONSTITUENT OF LEACHED CHERNOZEMS OF NEAR-OB RIVER AREA

Boris M. Klenov

Institute of Soil Science and Agrochemistry of SB RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, 8/2 Akademik Lavrentiev Prospect, D. Sc., senior researcher, tel. (913)956-19-88, e-mail: kbm1825@ngs.ru

Mikhail V. Yakutin

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

The crucial role of principal organic matter, i.e. humic acids and fulvic acids, has been shown in the formation of cation exchange capacity (CEC) of leached chernozems of Near-Ob area. The decrease in CEC has been noted in the course of prolonged farming; this fact is connected with loss of humus. At the same time, it has been shown that pure preparations of humus acids are notable for very high CEC. Different CEC values in preparations of humus acids of virgin and arable soil testify to the scale of human impact.

Key words: cation exchange capacity, humic acids, fulvic acids, losses of humus.

Емкость катионного обмена (ЕКО) – одна из важнейших физико-химических характеристик почвы. С ЕКО прежде всего связаны физические свойства почвы, которые могут быть благоприятными или неблагоприятными для растений в зависимости от насыщающего катиона. ЕКО определяет и реакцию почвенной среды. Кроме того, обменные катионы служат источником непрерывного пополнения почвенного раствора питательными элементами. ЕКО обуславливает направление почвенных процессов и играет существенную роль в корневом питании растений. Поглощительная способность почв связана с наличием в почве тонкодисперсных фракций с высокой удельной поверхностью. В состав этих фракций входят вторичные, главным образом, глинистые минералы, от накопления которых зависит степень выветрелости почвы и ее ЕКО. Этот факт общеизвестен из отечественного классического почвоведения, в последние два десятилетия многие положения его подкреплены дополнительными современными экспериментами [9, 12]. Однако ЕКО почв зависит не только от состояния минеральной ее части, но и органической – и прежде всего гумусовых кислот. Вместе с тем известно, что при одинаковом или близком минералогическом составе минеральной части почвенной основы ЕКО возрастает с увеличением содержания гумуса в почве. А изменение содержания и запасов гумуса под влиянием антропогенных нагрузок на почвы должно, видимо, приводить к изменению той части ЕКО, которая обусловлена органическим веществом в целом и прежде всего гумусовыми кислотами, которые обладают высокой ЕКО. Именно органическое вещество (это в основном гуминовые кислоты ГК и фульвокислоты ФК), формирующие органическую часть почвенных коллоидов, обладают значительной поглощительной способностью. Они обуславливают, как правило, не менее половины поглощительной способности почв, иногда даже до 70 %, например, в сильно-выветрелых субтропических почвах [11]. Поглощение гумусовыми кислотами катионов происходит при замене водорода карбоксильных групп. Водород фенолгидроксильных групп замещается катионами лишь при щелочной реакции [7]. Несмотря на длительную историю изучения гумуса вопрос о его роли в природе ЕКО до сих пор остается невыясненным. Хорошо известно, как органическая составляющая почвы влияет на ЕКО в зависимости от других почвенных условий (характер породы и степень ее выветрелости, реакция почвенной среды, наконец, количество самого органического вещества в почве и его природа) [8, 10, 12, 13]. В отмеченных работах и в особенности в обзорной публикации [14] освещается зависимость ЕКО от количества органического вещества, определенного методом мокрого сжигания, и природы минеральной почвенной основы и разработана формула (1) для определения общей ЕКО.

$$\text{ЕКО} = 3,7 - 0,28 \text{ рН} + 2,6 \log_{10}(\text{C}_{\text{орг}}) + 0,28 (\% \text{ илистая фракция}) \quad (1)$$

Недостаток данной разработки в том, что не установлено, для каких почв и пород приемлема формула. Кроме того, необходимо помнить, что понятие илистой фракции в российской и американской классификациях не идентичны.

Проведенный ранее анализ изменения ЕКО почв [4] показал, что наиболее существенное снижение ее произошло в черноземах за столетний период ис-

пользования их в пашне. Так, в целинных черноземах ЕКО составляет 40 мг-экв/100 г почвы, а в старопахотных несколько ниже. В результате длительного использования почв значительно снижается и роль ГК и ФК в формировании ЕКО. В целинных черноземах Западной Сибири, ЕКО за счет гумусовых кислот составляет значительную долю от общей ЕКО: 55–60 % и более. Под влиянием распашки в течение 100 лет этот показатель у гумусовых кислот снизился до 40 %. Установлено также, что под влиянием ненормированного орошения и при отсутствии восполнения теряемого гумуса, что бывает в случаях, когда органические удобрения применяются в недостаточных дозах или не применяются совсем, деградация гумусовой части почвы происходит еще сильнее. Так, в выщелоченных черноземах Приобья ЕКО гумусовой части, например, снизилась за сто лет с 64 % (в целинных аналогах) до 55 % в пахотном варианте, дальнейшее снижение 37 % произошло под влиянием 12-летнего орошения. Длительное использование черноземов в неорошаемом земледелии (богаре) или в режиме орошения приводит к значительному снижению ЕКО главным образом за счет потери органической составляющей, т. е. потеря гумуса влечет за собой и снижение ЕКО гумусовых кислот.

Необходимо отметить, что определение ЕКО почв всегда представляло методическую трудность. Надежных методов определения этого показателя еще не разработано. Сравнительно давно получено довольно убедительное представление об относительном участии органических и минеральных коллоидов в поглощении катионов почвами [3]. До настоящего времени этот метод является, пожалуй, единственным, позволяющим более или менее полно оценить состояние ЕКО в почвах. С тех пор появилось много методов определения состава гумуса (содержание различных групп и фракций ГК и ФК) и содержания кислых функциональных групп в ГК и ФК, характеризующих ЕКО этих кислот. При наличии выполненных таких определений ЕКО можно получать также расчетным путем.

Вышеописанные данные ЕКО органической составляющей для почв Западной Сибири получены расчетным путем, с использованием имеющихся опубликованных данных состава гумуса и содержания функциональных групп в гумусовых кислотах [5]. ЕКО почв получена известным классическим методом Бобко-Аскинази [2].

Цель данного исследования заключалась в установлении влияния распашки почвы на ЕКО (содержание карбоксилов) гумусовых кислот. Используются препараты ГК и ФК, выделенные из декальцированных образцов основных почвенных типов земледельческого пояса Западной Сибири (черноземы и каштановые почвы). Гумусовые кислоты выделены и очищены от зольной части и технологических примесей общепринятыми приемами, применяемыми в практике гумусовых исследований [6]. Выделенные из этих почв гумусовые кислоты, как известно, составляют основную часть гумуса (примерно 80 %), представленную 1-й и 2-й фракциями. Эти фракции в основном связаны с обменными катионами и могут использоваться для характеристики органической части ЕКО. Выделение же препаратов 3-й фракции более трудоемкое в техническом отношении и проводить его целесообразно только при исчерпывающей

характеристике органической части ЕКО. А при наличии данных состава гумуса можно оценить ЕКО 3-й фракции ГК ориентировочно. Определение ЕКО гумусовых кислот выполнено по ацетатному методу Т.А.Кухаренко [6]. Значение рН рабочего раствора составляет 6,8–7,0, что весьма близко к соответствующему значению рН гумусового горизонта, из которого выделялись препараты гумусовых кислот. Округленные данные изменения емкости катионного обмена гумусовых кислот при длительном использовании почв в пашне на примере верхней толщи почвы мощностью 20 см приведены в таблице.

Таблица

Почва	ГК		Снижение ЕКО, %	ФК		Снижение ЕКО, %
	целина	пашня		целина	пашня	
Чернозем выщелоченный	500	450	10	650	550	8
Чернозем обыкновенный	500	460	8	650	580	11
Каштановая	470	460	5	650	630	10

Приведенные данные показывают, что количество кислых групп как в ГК, так и в ФК в результате распашки почв и длительного их использования впоследствии, снижается в пределах 5–11 %. Снижение связано с биологическими и эрозионными потерями гумуса, составляющими 20–25 % в черноземах и до 10 % в каштановых почвах. Меньшие потери гумуса в каштановых связаны с более короткой историей земледелия на них. ЕКО ГК, как показывают данные, довольно высока и, как правило, в 10–15 раз превышает ЕКО почв в целом, этим подчеркивается высокая значимость этих органических почвенных соединений в формировании ЕКО почв несмотря даже на то обстоятельство, что немалая доля их ЕКО «законсервирована».

В этой связи целесообразно отметить, что определение ЕКО в препаратах гумусовых кислот, отдаленных от нативного состояния, дает, естественно, завышенные результаты, но они, тем не менее, позволяют получить дополнительную оценку антропогенного изменения гумусового состояния. В природной обстановке гумусовые кислоты сложно взаимодействуют с минеральной частью почвы. Все гумусовые вещества, с одной стороны, способны обволакивать минеральные частицы, вследствие чего их поверхность становится недоступной для обменных катионов. С другой, гумусовые кислоты активно взаимодействуют с несиликатными формами Fe и Al, что приводит к образованию органоминеральных соединений [1]. Скорее всего такие взаимодействия претерпевают гумусовые кислоты 3-й фракции, о которой шла речь выше. Кислоты этой фракции, по заключению авторов методов фракционно-группового состава гумуса, И. В. Тюрина и В. В. Пономаревой, связаны с устойчивыми гидратами полуторных окислов. Несиликатные формы Fe и Al образуют органоминеральные соединения и входят в состав анионной части макромолекулы гумусовых кислот, которые оказываются как бы заблокированными и, следовательно, не участвуют в обмене катионов.

В результате в почвенных образцах, взятых из природной обстановки, ЕКО гумусовой части будет ниже, чем в чистых малозольных препаратах с практически свободными функциональными группами, поскольку способность к обменным реакциям имеют лишь свободные функциональные группы.

Таким образом, оценка степени проявления антропогенного пресса по изменению ЕКО, т. е. по поведению карбоксильных групп, представляет собой трудную задачу. Сейчас довольно полно изучены катионообменные свойства ГК и ФК как соединений, резко различающихся по своему химизму. Однако материалов по изменению этих свойств под влиянием длительного антропогенного воздействия мало даже в мировой литературе, а по Западной Сибири они вообще отсутствуют.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Александрова Л. Н. Органическое вещество почвы и процессы его трансформации. – Л. : Наука, 1980. – 288 с.
2. Аринушкина Е. В. Руководство по химическому анализу почв. – М. : Изд-во Моск. ун-та, 1970. – 488 с.
3. Винокуров М. А. Емкость обмена минерального и органического комплексов // Почвоведение. – 1941. – № 5. – С. 32–44.
4. Клёнов Б. М. Изменение емкости катионного обмена гумусовых кислот почв Западной Сибири под влиянием распашки // ГЕО-Сибирь-2006. Междунар. науч. конгр. : сб. материалов в 6 т. (Новосибирск, 24–28 апреля 2006 г.). – Новосибирск : СГГА, 2006. Т. 3, ч. 1. – С. 129–132.
5. Клёнов Б. М. Устойчивость гумуса автоморфных почв Западной Сибири. – Новосибирск : Изд-во СО РАН, филиал «ГЕО», 2000. – 176 с.
6. Орлов Д. С., Гришина Л. А. Практикум по химии гумуса. – М. : Изд-во Моск. ун-та, 1981. – 272 с.
7. Орлов Д. С. Гумусовые кислоты почв и общая теория гумификации. – М. : Изд-во МГУ, 1990. – 272 с.
8. Emerson W. W., McGarry D. Organic carbon and soil porosity // Australian Journal of Soil Research. – 2003. – V. 41. – P. 107–118.
9. Glaser D., Lehman J., Zech W. Ameliorating physical and chemical properties of highly weathered soils in the tropic with charcoal, a review // Biology and Fertility of Soils. – 2002. – V. 35. – P. 219–230.
10. Martinez E. H., Fuentes J. E., Acevedo E. H. Carbono orgánico y propiedades del suelo // Revista de la Ciencia del Suelo y Nutrición Vegetal. – 2008. – V. 6, № 1.
11. Moody P. W., Yo S. A., Aitken R. L. Soil organic carbon, permanganate fractions and the chemical properties of acidic soils // Australian J. of Soil Research. – 1997. – V. 35. – P. 1301–1308.
12. Oorts K., Vanlauwe B., Merks R. Cation exchange capacities of soil organic matter fractions in a Ferric Lixisol with different organic matter inputs. Agriculture, Ecosystems and Environment. – 2003. – V. 100. – P. 161–171.
13. Parfitt R. L., Giltrap D. J., Whitton J. S. Contribution of organic matter and clay minerals to the cation exchange capacity of soils // Communication in Soil Science and Plant Analysis. – 1995. – V. 26. – P. 1343–1355.
14. Building and testing conceptual and empirical models for predicting soil bulk density / G. Tranter, B. Minasny, A. B. McBratney, B. Murphy, N. J. McKenzie, M. Grundy, D. Brough // Soil Use and Management. – 2009. – V. 23. – P. 437–443.

© Б. М. Клёнов, М. В. Якутин, 2017

ВЛИЯНИЕ АГРОКЛИМАТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА УРОЖАЙНОСТЬ КАРТОФЕЛЯ (НА ПРИМЕРЕ ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ)

Александра Владимировна Пелипенко

Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, 634055, Россия, г. Томск, пр. Академический, 10/3, аспирант, тел. (382)249-22-23, e-mail: sasha92kra@mail.ru

Татьяна Шалвовна Фузелла

Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, 634055, Россия, г. Томск, пр. Академический, 10/3, кандидат географических наук, научный сотрудник, тел. (382)249-22-23, e-mail: fts10@yandex.ru

Целью работы было выявление основных факторов, определяющих величину урожайности картофеля. Было установлено, что главными факторами выступают аномальное повышение температуры воздуха в совокупности с недостаточным количеством осадков.

Ключевые слова: климатические факторы, урожайность, картофель, Томская область.

INFLUENCE OF AGROCLIMATIC FACTORS ON THE YIELD OF POTATO (ON THE EXAMPLE OF THE TOMSK REGION)

Aleksandra V. Pelipenko

Institute of Monitoring of Climatic and Ecological Systems SB RAS, 634055, Russia, Tomsk, 10/3 Academichesky Prospect, postgraduate student, tel. (382)249-22-23, e-mail: sasha92kra@mail.ru

Tatiana Sh. Fuzella

Institute of Monitoring of Climatic and Ecological Systems SB RAS, 634055, Russia, Tomsk, 10/3 Academichesky Prospect, Ph. D., senior researcher, tel. (382)249-22-23, e-mail: fts10@yandex.ru

The aim of our research is to identify the factors that determine the amount of potato yields. It was found that the main factors are the abnormal rise in temperature in conjunction with the lack of rainfall.

Key words: climatic factors, yields, potato, Tomsk region.

Картофель как стратегически важная сельскохозяйственная культура по уровню потребления во всем мире занимает четвертое место после пшеницы, риса и кукурузы, поистине считаясь «вторым хлебом». Россия стоит на втором месте после Китая по продуктивности и потреблению картофеля [1]. Картофель выращивается повсеместно, считается хорошо приспособляемой культурой к разным условиям окружающей среды, за небольшой вегетационный период (от 70 до 110 дней) показывает высокие урожаи. Урожайность картофеля зависит от многих факторов: здоровый семенной фонд, внесение удобрений, соблюдения правильной технологии возделывания. Немаловажным фактором выступают климатические условия. В силу разнообразия физико-географических

условий России, необходимо оценивать региональные особенности и влияние возможных изменений климата на урожайность год от года [2].

Исследователями неоднократно [3–6] было подтверждено, что изменение климата ведет к увеличению вегетационного периода, поэтому могут потребоваться корректировки в сроках посева и уборки урожая. Группой авторов во главе с Ф. Бэн [6] выделено семь агроклиматических факторов, влияющих на урожайность картофеля, и связанных с ними негативных последствий. Для нашего региона наиболее значимыми факторами выступают: избыточное увлажнение (ливни, сильные осадки), высокий температурный фон (высокие температуры, влажность менее 30 %, аномально жаркая погода), низкие температуры, комплекс факторов (например, теплые и влажные условия).

Для проводимого исследования в качестве модельного объекта был выбран Первомайский район Томской области, где природно-климатические условия позволяют повсеместно выращивать картофель, в то же время, это так называемая «зона рискованного земледелия». Здесь природно-климатические факторы способны нанести урон сельскому хозяйству, в частности, снизить урожайность картофеля.

Материалами для проводимого анализа послужили данные Томского центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, Федеральной службы государственной статистики по Томской области [7–9].

В целом по Томской области наблюдается тенденция увеличения урожайности картофеля. На рис. 1 представлена динамика урожайности в Первомайском районе Томской области за период с 1985 по 2015 гг. Из графика видно, что наблюдается положительный тренд, который возможно объяснить как влиянием комплекса факторов, так и воздействием каждого фактора в отдельности.

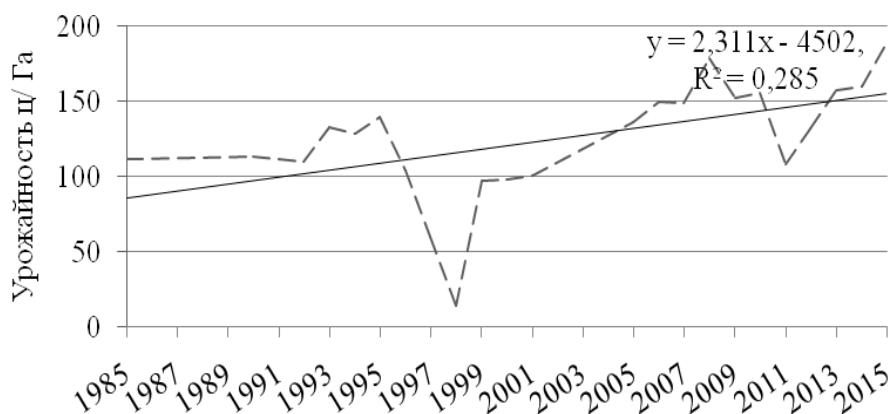


Рис. 1. Динамика урожайности в Первомайском районе Томской области

Если обратить внимание на избыточное увлажнение, то можно отметить, что при избытке влаги снижается урожайность картофеля, ухудшаются условия роста и развития растений, уменьшается содержание сухого вещества и крах-

мала в клубнях, возрастает поражение их бактериальными и грибковыми болезнями, такими как: фузариоз, черная ножка и ризоктониоз. При 21-дневном периоде с осадками более 0,5 мм неблагоприятным последствием будет отсрочка даты посадки.

Другая группа факторов связана с высоким температурным фоном: высокие температуры, влажность менее 30 %, аномально жаркая погода. Если наблюдается менее 3 дней с температурой выше 30 °С или в течение 5 дней – выше 25 °С, то происходит приостановление развития клубней. Анализ показал, что за 1985–2015 гг. вегетационный период наступает раньше на 3–7 дней раньше средне многолетнего значения [10].

Следующим значимым фактором, оказывающим наибольшее влияние на урожайность картофеля, выступает комплексное влияние высоких температур и избыточного увлажнения. На рис. 2 представлена динамика величин показателей климатических факторов относительно средне многолетних значений (на примере метеостанции Первомайское Томской области). На представленной диаграмме показано, что снижение урожайности в 2011 и 2012 гг. происходит за счет увеличения температуры воздуха и увеличения дней с влажностью менее 30 %.

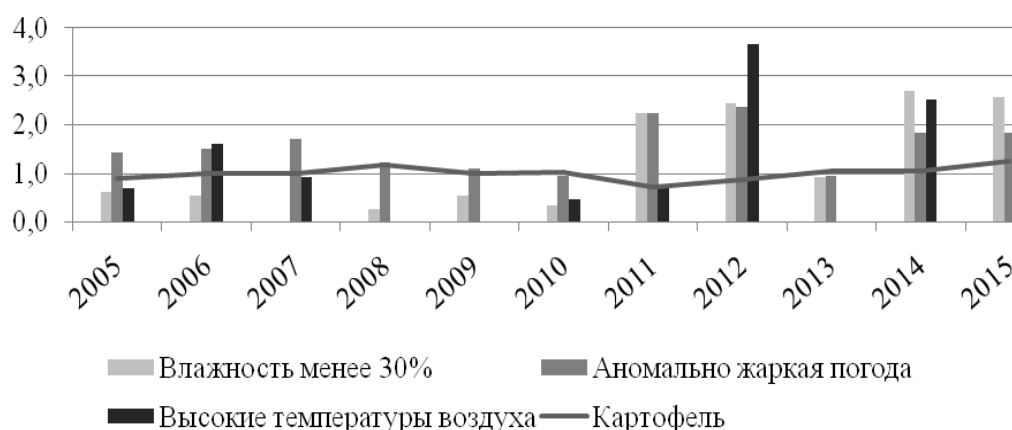


Рис. 2. Динамика урожайности картофеля при изменении показателей климатических факторов, оказывающих наибольшее влияние на урожайность данной культуры, относительно средне многолетних величин.
Метеостанция Первомайское

Анализ показал, что, несмотря на наступление ранней весны, преждевременная посадка картофеля значительно повышает агроклиматические риски. При смещении на юг урожайность картофеля значительно снижается из-за повышенной экстремальности климатических условий. К югу изучаемой зоны значения показателя теплообеспеченности увеличивается, а высокие температуры в период вегетации могут привести к засухе, нехватке воды и резкому сокращению урожая.

Выявлено, что спад урожайности картофеля связан с опасностями, обусловленными устойчивым увеличением дней с высокой температурой воздуха в совокупности с недостаточным количеством осадков. Это в свою очередь приводит к повышению уровня заболеваний картофеля: ростки становятся тонкими и хрупкими, более уязвимыми к грибковым и бактериальным болезням (характерно для первой фазы развития картофеля); происходит снижение прироста и температурное вырождение клубней (характерно для последней фазы максимального прироста массы клубней). Более теплый климат может позволить посадку картофеля в ранние сроки для обеспечения раннего сбора урожая и уменьшение рисков нападения колорадского жука и заражение фитофторой.

Динамика урожайности является результатом сложного взаимодействия различных агрономических факторов и погодных условий. Корреляция природных факторов с фактической урожайностью предоставляет возможность в перспективе совершенствовать сроки посевов. Также оценка агроклиматических показателей, влияющих на сельскохозяйственные культуры, учитывая степень негативного влияния на картофель, дает возможность определить пространственно-временную закономерность урожайности данной культуры в Томской области. Изучение особенностей пространственной и временной изменчивости климата имеет важное научно-методическое значение, прежде всего, для обоснования размещения посевов на территории и разработки рекомендаций по использованию агроклиматической информации в целях повышения урожайности.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. http://www.fao.org/faostat/en/#rankings/commodities_by_country.
2. Израэль Ю. А. Сиротенко О. Д. Моделирование влияния изменений климата на продуктивность сельского хозяйства России // Метеорология и гидрология. – 2003. – № 6. – С. 5–17.
3. Мельник М. А., Волкова Е. С., Фузелла Т. Ш. К вопросу о классификации опасных и неблагоприятных природно-климатических явлений для аграрного природопользования в южной тайге Западной Сибири // Избранные труды Международной конференции и школы молодых ученых по измерениям, моделированию и информационным системам для изучения окружающей среды. – Томск, 2016. – С. 365–367.
4. Melnik M. A., Volkova E. S., Fusella T. Sh. About classification of dangerous and unfavorable climatic phenomena for agrarian nature management in the southern taiga of western Siberia. – Томск, 2016. – С. 364.
5. Modeling climate change impact on potato crop phenology, and risk of frost damage and heat stress in northern Europe / B. Pulatov, M.-L. Linderson, K. Hall, A. M. Jönsson // Agricultural and Forest Meteorology. – 2015. – № 214–215. – P. 281–292.
6. Ben F., Verhagen J., Wolf J. Participatory design of farm level adaptation to climate risks in an arable region in The Netherlands // European Journal of Agronomy – 2013. – № 48. – P. 30–42.
7. <https://rp5.ru>.
8. http://thermo.karelia.ru/weather/w_history.php?town=tom&month=1&year=1985.
9. <http://www.gks.ru/>.
10. Фузелла Т. Ш. Оценка продуктивности картофеля в агроклиматических условиях Томской области // География и геоэкология на службе науки и инновационного образования : материалы XI Междунар. науч.-практ. конф. – Красноярск, 2016. – Вып. 11. – С. 78–80.

© А. В. Пелипенко, Т. Ш. Фузелла, 2017

АНТРОПОГЕННАЯ НАГРУЗКА НА ТУНДРОВЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ ПРИ ПРОКЛАДКЕ ЛИНЕЙНЫХ СООРУЖЕНИЙ

Елена Владимировна Михайлова

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плеханова, 10, кандидат географических наук, старший преподаватель кафедры экологии и природопользования, тел. (383)361-08-86, e-mail: milek123@mail.ru

Игорь Дмитриевич Махатков

Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Лаврентьева, 8/2, кандидат биологических наук, научный сотрудник лаборатории генезиса и географии почв, тел. (383)363-90-25, e-mail: makhatkov@mail.ru

Нина Петровна Миронычева-Токарева

Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Лаврентьева, 8/2, кандидат биологических наук, доцент, зав. лабораторией биогеоценологии, тел. (383)363-90-25, e-mail: nina@issa.nsc.ru

Наталья Геннадьевна Коронатова

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

Проведена инвентаризация подтоплений, возникших при строительстве дорожного полотна в лесотундровой зоне Западной Сибири. В качестве основных характеристик использовались количество подтопления и их площадь в заболоченных центральных и краевых, дренируемых, частях локальных водоразделов. Частота распределения участков подтопления по их площади указывает на большое количество мелких (меньше 0,05 га) участков подтопления, суммарная площадь которых составляет около 8–10 га.

Ключевые слова: лесотундра, ландшафты, техногенное влияние, подтопления.

ANTHROPOGENEOUS BURDENING ON FOREST-TUNDRA ECOSYSTEMS DURING THE PAVING OF LINEAR CONSTRUCTIONS

Elena V. Mikhailova

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., Ph. D., Senior Lecturer of the Department of Ecology and Nature Management, tel. (383)361-08-86, e-mail: milek123@mail.ru

Igor D. Makhatkov

Institute of Soil Science and Agrochemistry SB RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, 8/2 Akademik Lavrentiev Prospect, Ph. D., Research Fellow of the Laboratory of Soil Genesis and Geography, tel. (383)363-90-25, e-mail: makhatkov@mail.ru

Nina P. Mironycheva-Tokoreva

Institute of Soil Science and Agrochemistry SB RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, 8/2 Akademik Lavrentiev Prospect, Ph. D., Associate Professor, Head of the Laboratory of Biogeocenology, tel. (383)363-90-25, e-mail: nina@issa.nsc.ru

Natalia G. Koronatova

Institute of Soil Science and Agrochemistry SB RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, 8/2 Akademik Lavrentiev Prospect, Ph. D., Research Fellow of the Laboratory of Biogeocenology, tel. (383)363-90-25, e-mail: nina@issa.nsc.ru

An inventory of underflooding occurred during the construction of a roadway in the forest-tundra zone of Western Siberia is carried out. As the main characteristics, the amount in the swamped central and marginal drainable parts of the local watersheds were used. The resulting flooding due to the flat relief spread along the roads, water filling the adjacent hollows of frozen flat palsas. The frequency of distribution of flooding areas a large number of small (less than 0.05 ha) areas of flooding, their total area about 8–10 ha.

Key words: forest-tundra, landscapes, technogenic influence, underflooding.

В настоящее время одной из важнейших задач геоэкологии является анализ влияния хозяйственной деятельности на окружающую среду на региональном и локальном уровнях. К числу недостаточно изученных вопросов относятся негативные последствия, вызываемые строительством линейных сооружений. Самым масштабным процессом проявления антропогенной нагрузки является процесс подтопления при строительстве дорог.

Большая часть исследований этого явления посвящена вопросам трансформации биogeоценозов в зоне подтопления, таких как трансформация почвенного профиля, изменение видового состава, продуктивности фитоценозов (Шишконокова, 2005; Гидрология заболоченных территорий..., 2009, Миляева, 2011).

Несмотря на распространенность явления подтопления заболоченных территорий вблизи линейных сооружений, количественные характеристики нарушения территории даются недостаточно полно. В данной работе предпринята попытка количественной оценки возникновения подтоплений в условиях лесотундры.

Для дешифрирования ландшафтов, подверженных негативному влиянию дорожных сооружений использовались снимки Landsat ETM, разрешением 15 м/пиксель и Spot, разрешением 10 м/пиксель. Придорожные подтопления обследовались во время натурных работ. Участки подтопления оконтуривались с помощью GPS-приемников. Контур подтоплений корректировались по аэрофотоснимкам, разрешением 0,5 м/пиксель, трансформированных в проекцию космических снимков (UTM WGS-84, 44 зона). Границы участков подтопления определялись по явным признакам – отмиранию растений и затопленным не водным растениям. Минимальная площадь выявляемых участков подтопления была принята 0,05 га, при минимальной ширине участка 10 м.

Было обследовано 55 участков подтопления на территории ограниченной прямоугольником с координатами 65,87° с.ш. / 78,75° в.д. – 65,98° с.ш. / 80,42° в.д. Территория расположена на северо-востоке Западной Сибири в междуречье рек Таз и Пур в 60 км южнее Северного полярного круга. Площадь зафиксированных

участков подтопления варьирует в очень широких пределах от 0,08 до 4,83 га (рис. 1).

Речная сеть территории ключевого участка принадлежит междуречью рек Таз и Пур. Обследование последствий влияния строительства дороги на экосистемы междуречья было проведено через два года. Угол пересечения линий стока болотных вод к дороге составлял примерно 90° . Описания проводились по трансекту перпендикулярно дороге. Участок подтопления визуально делился на две зоны: сильно обводненную, где площадь зеркала воды составляет 80 % с моховой растительностью на выступающих из воды кочках, и менее обводненную зону (пушицево-сфагновую).

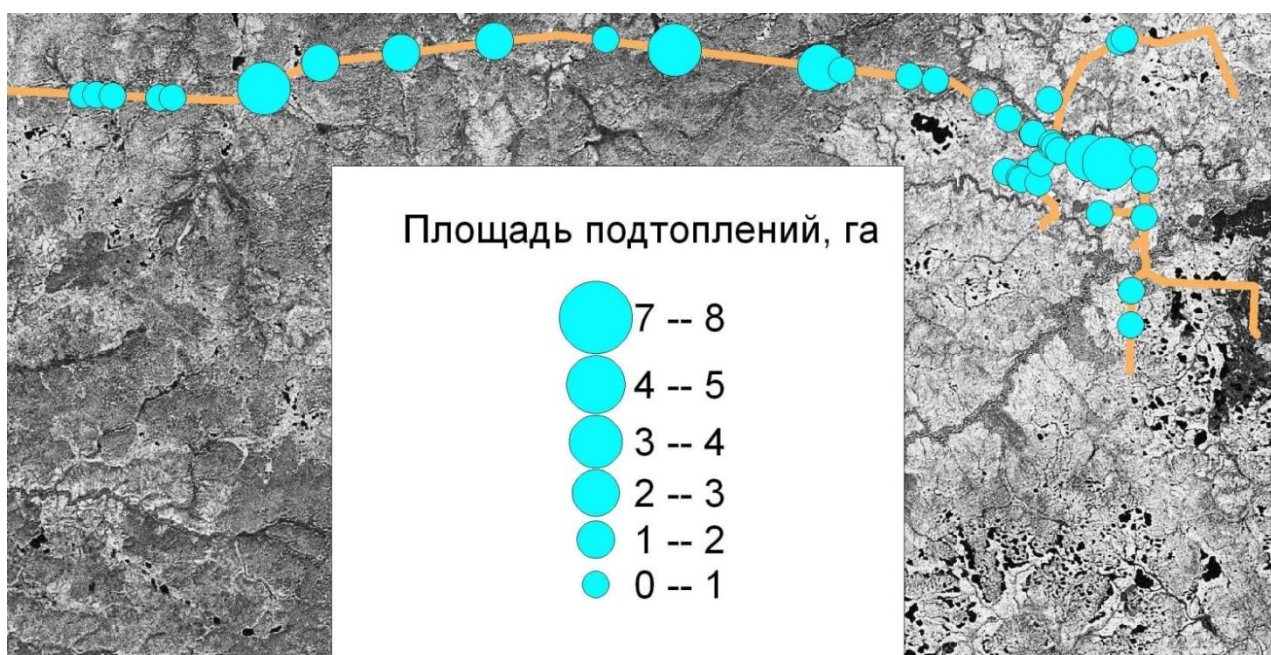


Рис. 1. Схема распределения подтопленных участков на ключевом участке

На участках заторфованных ложбин отмечено всего 3 подтопления, отличающихся большими размерами. Переходы через такие участки, как правило, снабжаются водопропускными трубами, а отсутствие водоупора в талых торфяных отложениях осоково-сфагновых болот не препятствует перенаправлению и корректировке поверхностного болотного стока после строительства дороги. Зафиксированные нами 3 участка подтопления – случаи неудачного размещения водопропускных труб.

На плоских и слабонаклонных частях междуречий подтопления возникают примерно с одинаковой частотой, 0,58 случаев на погонный километр дороги на плоских центральных частях междуречий, и 0,55 случаев – на слабонаклонных участках междуречий. Площадь подтоплений на плоских заболоченных участках междуречий существенно больше, что приводит в целом к большей нарушенности территории (рис. 2).

Если на слабонаклонных участках междуречий на погонный километр дорог приходится 0,44 га подтопленной территории, то на плоских участках междуречий – 0,79 га. Эти различия связаны с особенностями рельефа плоских и слабонаклонных частей междуречий. Большой площади подтопления плоских частей междуречий, кроме их сравнительно пологой субгоризонтальной поверхности, способствует близкое залегание мерзлоты кочкарных и плоскобугристых болот. Участки подтопления здесь, как правило, вытянуты вдоль дорожной насыпи. Подтопления плоскобугристых болот часто распространяется в виде резкого повышения уровня воды в мочажинах, охватывая обширные участки болота. По нашим наблюдениям подтопление в этих условиях нередко сопровождается деградацией мерзлоты под буграми болотных комплексов, что заметно по просевшим и затопленным фрагментам бугров с отмершим лишайниковым покровом. Здесь подтопления могут приводить к активизации термокарстовых явлений, прежде всего – просадкам грунта на обширной территории.

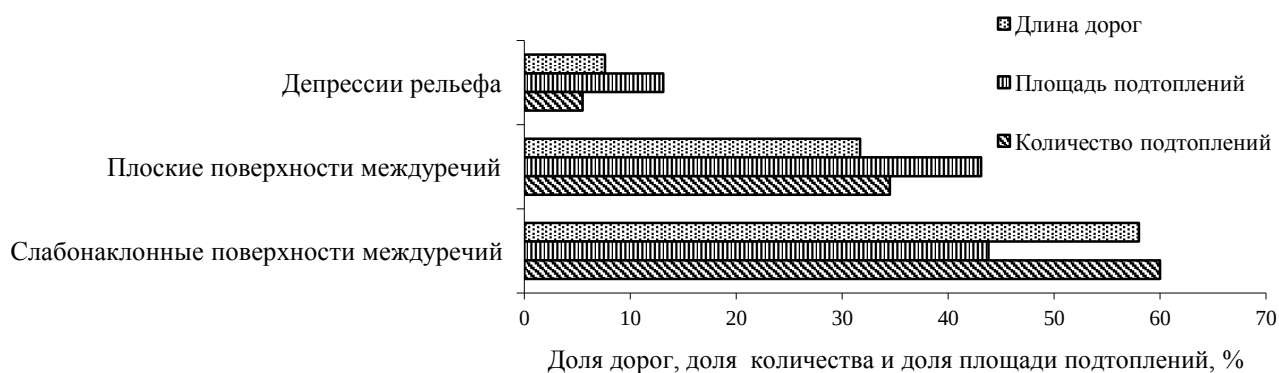


Рис. 2. Количественная характеристика подтоплений на территории ключевого участка лесотундры

На слабонаклонных поверхностях междуречий подтопления распространяются вдоль сравнительно небольших депрессий и балок. Участки подтоплений нередко располагаются перпендикулярно направлению дороги. Кроме того, более глубокое залегание многолетней мерзлоты в некоторой степени способствует лучшей фильтрации поверхностных вод, что сокращает площадь подтопления. Следует заметить, что подтопления на слабонаклонных поверхностях междуречий вызывают более катастрофические изменения условий существования биоты, чем на заболоченных территориях. Это проявляется в массовом усыхании деревьев и кустарников, и почти полном отмирании трав и мхов.

В общем числе участков подтопления преобладают участки площадью до 0,5 га. При этом наибольший вклад в подтопление территории в целом вносят хотя и немногочисленные, но крупные участки. Судя по материалам инвентаризации, из 55 обнаруженных участков подтопления 18 наиболее крупных участков составляют 75 % всей подтопленной площади.

В целом же снижение влияния подтоплений представляется нам довольно сложной задачей. На плоских поверхностях центральных частей междуречий подтопления возникают при очень небольшом перепаде высот и неясном направлении стока поверхностных вод, что трудно учесть при проектировании водопропускных труб. Небольшие депрессии и ложбины стока, также отличаются небольшими перепадами высот, и не отображаются даже на крупномасштабных топографических картах, что также затрудняет прогноз возникновения подтоплений.

Частота распределения участков подтопления по их площади указывает на большое количество мелких (меньше 0,05 га) участков подтопления, которые мы не учитывали в силу сложности их дешифрирования даже на аэрофотоснимках. Можно ожидать, что их суммарная площадь составит еще около 8–10 га.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Шишконокова Е. А. Эколого-ботанические аспекты воздействия транспортной инфраструктуры на ландшафты нефтегазодобывающих районов севера Западной Сибири : автореф. дис. ... канд. геогр. наук. – М., 2005. – 23 с.
2. Новиков С. М. Гидроэкологические аспекты хозяйственного освоения заболоченных территорий // Гидрология заболоченных территорий зоны многолетней мерзлоты Западной Сибири : сб. статей / под ред. С. М. Новикова. – СПб. : ВВМ, 2009. – 536 с.
3. Миляева Е. В. Локально-катастрофические сукцессии болотной растительности в зонах техногенного нарушения на территории таежной зоны Западной Сибири // ГЕО-Сибирь-2011. VII Междунар. науч. конгр. : сб. материалов в 6 т. (Новосибирск, 19–29 апреля 2011 г.). – Новосибирск : СГГА, 2011. Т. 4. – С. 276–279.

© Е. В. Михайлова, И. Д. Махатков, Н. П. Миронычева-Токарева, Н. Г. Коронатова, 2017

О НЕОБХОДИМОСТИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ МЕТОДИКИ ИНВЕНТАРИЗАЦИИ ГОРОДСКИХ ЗЕЛЕННЫХ НАСАЖДЕНИЙ

Полина Ильинична Муллаярова

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

В статье проведен анализ существующей методики инвентаризации городских зеленых насаждений, на основе которого выявлена необходимость ее усовершенствования с учетом современных достижений в области сбора и обработки геопространственных данных. Предлагается комплексное использование общедоступных данных дистанционного зондирования Земли и наземной фотосъемки для сокращения масштабов наземного обследования городских зеленых насаждений и выявления проблемных участков насаждений, требующих детального обследования.

Ключевые слова: данные дистанционного зондирования Земли, ГИС-технологии, городские зеленые насаждения, инвентаризация, геопорталы, методика.

ON THE NECESSITY OF IMPROVING OF TECHNIQUE FOR URBAN GREEN SPACE INVENTORY

Polina I. Mullaiarova

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

The article presents the results of analysis of formally adopted technique for urban green space inventory. The necessity of modernization of the technique taking into account the up-to-date capacities in gathering and processing of geospatial data is stated. The comprehensive use of public available remote sensing data and ground photography is proposed to reduce ground survey of urban green space and identify the distressed areas for detail field exploration.

Key words: remote sensing data, GIS-technology, urban green space, inventory, technique.

Зеленые насаждения занимают важное место в системе мероприятий по улучшению окружающей городской среды. Растения играют значительную роль в формировании среды человека, так как они обогащают воздух кислородом, поглощают углекислый газ, выделяют фитонциды. Насаждения могут быть надежным средством защиты от шума, пыли, загрязняющих атмосферу отходов промышленного производства. Зеленые насаждения – газоны, компактные группы деревьев, одиночные посадки деревьев, ряды деревьев вдоль проездов, аллей, живые изгороди из кустарников, группы кустарников, цветники – размещают на свободной от застройки территории, между проездами к зданиям, между зданием и проездом в придомовых полосах. Озелененная территория включает садово-парковые прогулочные дорожки и тропы, площадки отдыха различного назначения.

Зеленые насаждения выполняют множество функций для улучшения качества жизни городского населения [1]:

- санитарно-гигиенические, очищая воздух от пыли и газов, выделяя фитонциды, которые подавляют или губят болезнетворные микроорганизмы;
- защитные, являясь барьером между проезжей частью и тротуарами, защищают пешеходов от действия ветра, перегрева, снижают уровень шума;
- способствуют благоприятному психологическому воздействию, влияя на органы чувств человека окраской листьев, цветков, плодов древесных растений, их ароматом.

По назначению городские зеленые насаждения классифицируют по трем категориям:

1) насаждения общего пользования – зеленые насаждения, доступные всем жителям города (парки культуры, лесопарки, скверы, бульвары и т.п.); защищают пешеходов от шума, пыли, избыточной солнечной радиации, помогают улучшить условия для продолжительного и кратковременного отдыха населения и организовать массовые культурно-просветительные, политические, зрелищно-развлекательные мероприятия, занятия физкультурой и проведение оздоровительной работы среди населения; являются показателем степени озеленения города;

2) насаждения ограниченного пользования – зеленые насаждения, располагающиеся на территории учреждений и предприятий (насаждения при учебных заведениях, учреждениях культуры, при научно-исследовательских учреждениях, больницах, насаждения внутриквартальные (за исключением садов микрорайонов) и т.д.); используют для занятий на открытом воздухе физкультурой, для проведения игр детей, лечебных профилактических процедур, специальных исследований и отдыха людей в перерывах от работы;

3) насаждения специального назначения – включает зоны при промышленных предприятиях, защищающие от неблагоприятных природных явлений, водоохранные зоны, противопожарные насаждения защитного и мелиоративного значения, насаждения вдоль улиц, автомобильных дорог, ботанические сады и т. п.; уменьшают неблагоприятные влияния промышленных предприятий, транспорта на окружающую среду, защищают от ветров, снежных и песчаных бурь, служат препятствием для распространения огня, дыма, шума, селевых потоков, защищают от загрязнения и излишнего испарения водоемы, формируют ландшафт [4].

Озеленение улиц, как объектов общего пользования, при рациональной организации оказывает существенное влияние на важнейшие показатели качества окружающей среды. Хорошо озелененным считают город, в котором на 1 жителя приходится 20–30 м² и более зеленых насаждений общего пользования. На сегодняшний день, согласно Генеральному плану, в Новосибирске этот показатель меняется от 3,6 м²/чел. в Ленинском до 18 м²/чел. в Заельцовском районе города [5].

На сегодняшний день процесс учета и инвентаризации городских зеленых насаждений регламентируется двумя нормативными документами: Правилами

создания, охраны и содержания зеленых насаждений в городах РФ (утверждены Приказом Госстроя России от 15 декабря 1999 г. № 153), и Методикой инвентаризации городских зеленых насаждений, которая была издана Министерством строительства РФ в 1997 году. Оба документа являются рекомендательными.

Кроме того, в различных административных субъектах и крупных населенных пунктах РФ разрабатываются и принимаются свои нормативные акты, которые регламентируют вопросы содержания зеленых насаждений (в том числе – учета и инвентаризации). Региональная и муниципальная нормативно-методическая база строится на основе федеральной с конкретизацией и адаптацией некоторых вопросов к местным условиям. И если правила создания, охраны и содержания зеленых насаждений в городах РФ, модернизировали на муниципальном уровне, то методика инвентаризации осталась неизменной, хотя давно уже устарела. Конечно, цели инвентаризации на сегодняшний день не изменились. Инвентаризация зеленых насаждений проводится в целях использования данных учета для составления статистической отчетности, развития зеленого хозяйства, планирования нового строительства, восстановления, реконструкции и эксплуатации ландшафтно-архитектурных объектов в городах и поселках, установления ответственного лица за их сохранность и состояние, а также удовлетворения иных потребностей соответствующих организаций.

В соответствии с указанными целями учет зеленых насаждений заключается в:

а) определении общей площади, занимаемой зелеными насаждениями, и распределении ее по категориям, в том числе деревьями, кустарниками, цветниками, газонами, дорожками, строениями, сооружениями, водоемами и пр.; расчет соответствия площади зеленых насаждений в целом и каждой категории требованиям СНиП;

б) установлении количества деревьев и кустарников с определением типа насаждения, породы, возраста растений, диаметра на высоте 1,3 м (для деревьев), состояния;

в) установлении наличия и принадлежности стационарных инженерно-архитектурных сооружений и оборудования ландшафтно-архитектурных объектов (фонтаны, памятники, скульптуры и т. п.);

г) составлении необходимых чертежей, заполнении паспорта, составлении сводных данных о зеленых насаждениях населенного пункта;

д) своевременной регистрации происшедших изменений.

По данной методике инвентаризации учету подлежат все (за исключением расположенных на землях, изъятых из ведения местных муниципальных органов) ландшафтно-архитектурные объекты общественного пользования (парки, сады, улицы и проезды, скверы, бульвары и др.) в пределах городской (поселковой) черты.

Строения, подземные и надземные сооружения, расположенные на ландшафтно-архитектурных объектах, учитываются по соответствующим инструкциям.

В результате проведения технического учета на каждый ландшафтно-архитектурный объект должны быть составлены следующие материалы:

– инвентарный план, в зависимости от площади объекта (кроме посадок на улицах, план на которые составляется только в масштабе 1 : 500) рекомендуется составлять в одном из следующих масштабов:

- а) при площади до 5 га – 1 : 500;
- б) при площади от 5 до 25 га – 1 : 1 000 или 1 : 2 000;
- в) при площади более 25 га – 1 : 2 000 или 1 : 5 000.

– паспорт.

Учет ландшафтно-архитектурных объектов проводится в натуре с использованием имеющихся геодезических материалов, проектов, чертежей. При отсутствии этих материалов работу по съемке инвентаризируемых объектов выполняет бюро технической инвентаризации, руководствуясь инструкцией по городским съемкам. В исключительных случаях допускается геометрическая съемка небольших по площади объектов.

Работа по инвентаризации зеленых насаждений производится специалистами-озеленителями.

Местное бюро (группа) технической инвентаризации составляет и хранит материалы по учету зеленых насаждений на каждый объект, а организации, за счет средств которой проводятся инвентаризационные работы, выдается необходимое количество копий.

В целях выявления происшедших изменений и отражения их в материалах инвентаризации, ландшафтно-архитектурные объекты обследуются 1 раз в 5 лет.

Организации садово-паркового хозяйства обязаны своевременно извещать бюро технической инвентаризации о постройке новых ландшафтно-архитектурных объектов и всех изменениях на существующих объектах.

Происшедшие на объектах изменения отражаются на плане и в паспорте.

Изменившаяся ситуация на плане зачеркивается красной тушью (крестиками) и вычерчивается новая – черной тушью.

Устаревшие записи в паспорте зачеркиваются красной тушью в одну линию. Новые записи заносятся в нижеследующие горизонтальные строки паспорта. По мере необходимости паспорт пополняется вкладышами.

Выполненная работа по инвентаризации объектов зеленых насаждений проверяется в натуре и камерально.

Обнаруженные бригадиром дефекты в работе, подлежащие устранению исполнителем, записываются в корректирующий лист, который хранится в деле [2].

Данная методика не использует современные способы оценки и учета зеленых насаждений, она основана исключительно на проведении широкомасштабных полевых обследований, требующих значительных временных затрат и обширного штата рабочих. Поэтому необходима ее модернизация с учетом современных достижений науки и техники в сфере дистанционных исследований зеленого фонда, а также компьютерной обработки и моделирования собранных данных.

Для совершенствования данной методики мы предлагаем новые приемы и подходы с использованием дистанционных данных зондирования (ДДЗ) и ГИС-технологий при инвентаризации зеленых насаждений города. Данные ДЗ и наземной фотосъемки позволяют сократить объем полевых исследований и выявить участки, которые нуждаются в детальном обследовании. Нами предлагается комплексное использование свободно распространенных ДДЗ, представленных на общедоступных геопорталах (Google Earth, Yandex, Космоснимки и другие). Не так давно появившиеся, но получившие исключительно широкую известность, эти геопорталы обеспечивают пользователей космической информацией с разрешением 0,6–30 м, обновляемой не реже, чем через 2–3 года. Технологии геопорталов получают распространение при отображении оперативной информации, особенно мониторинга. Космические снимки, полученные с геопорталов, предполагается использовать в комплексе со свободно распространяемыми материалами наземной фотосъемки для предварительной качественной и количественной оценки состояния зеленого фонда города (рис. 1).

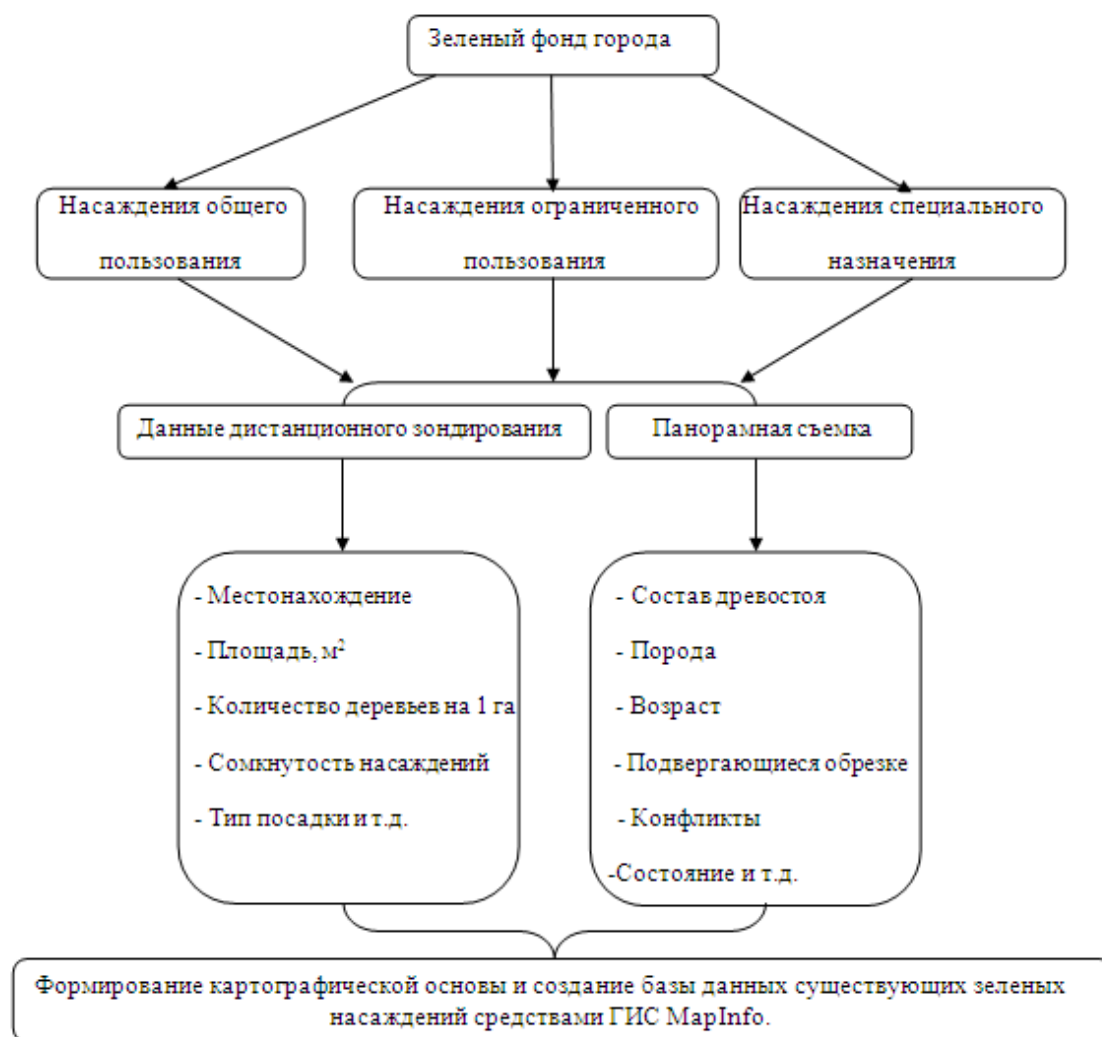


Рис. Схема использования ДДЗ и наземной фотосъемки для инвентаризации городских зеленых насаждений

Выбор программных средств, используемых для обработки данных ДЗ и наземной фотосъемки, зависит от решаемых задач, объемов данных, предполагаемых к обработке, и квалификации исполнителей. Целесообразно использовать программы, которые обеспечивают не только извлечение информации из снимков, но и отображение ее на картографической основе, а также интеграцию с данными ГИС. Реализация результатов инвентаризации и оценки зеленых насаждений в виде картографических моделей обеспечивает доступ к данным всем заинтересованным лицам, поскольку многие ГИС имеют программные модули для публикации созданных карт в глобальной сети Интернет. Этим обеспечивается участие городской общественности в решении проблем озеленения территории города [3].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Муллаярова П. И. Влияние зеленых насаждений на запыленность атмосферы городов // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2016. XII Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Дистанционные методы зондирования Земли и фотограмметрия, мониторинг окружающей среды, геоэкология» : сб. материалов в 2 т. (Новосибирск, 18–22 апреля 2016 г.). – Новосибирск : СГУГиТ, 2016. Т. 2. – С. 90–95.
2. Методика инвентаризации городских зеленых насаждений [Электронный ресурс] / МинСтрой РФ. – М., 1997 г. – Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс». – Режим доступа: <http://www.consultant.ru>.
3. 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.
4. Правила создания, охраны и содержания зеленых насаждений в городах РФ от 15.12.1999 г. [Электронный ресурс]. – Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс». – Режим доступа: <http://www.consultant.ru>.
5. Решение Совета депутатов города Новосибирска от 26.12.2007 № 824 «О генеральном плане Новосибирска».

© П. И. Муллаярова, 2017

ДИАГНОСТИКА СОСТОЯНИЯ И ВОССТАНОВЛЕНИЕ ПРИРОДНЫХ ЭКОСИСТЕМ НА ОБЪЕКТАХ НЕФТЕГАЗОВОГО КОМПЛЕКСА ЗАПАДНОЙ СИБИРИ И ПРИЛЕГАЮЩИХ ТЕРРИТОРИЯХ

Татьяна Олеговна Перемитина

Институт химии нефти СО РАН, 634055, Россия, Томск, пр. Академический, 4, кандидат технических наук, научный сотрудник лаборатории «Научно-исследовательский информационный центр с музеем нефтей», тел. (382)249-22-27, e-mail: pto@ipc.tsc.ru.

Ирина Германовна Яценко

Институт химии нефти СО РАН, 634055, Россия, Томск, пр. Академический, 4, кандидат геолого-минералогических наук, зав. лабораторией «Научно-исследовательский информационный центр с музеем нефтей», тел. (382)249-18-11, e-mail: sric@ipc.tsc.ru

Виктория Петровна Днепровская

Институт химии нефти СО РАН, 634055, Россия, Томск, пр. Академический, 4, младший научный сотрудник лаборатории «Научно-исследовательский информационный центр с музеем нефтей», тел. (382)249-22-27, e-mail: vpi@ipc.tsc.ru

Для своевременной оценки состояния окружающей среды труднодоступных территорий Западной Сибири разработана методика диагностики состояния растительного покрова нефтедобывающих территорий с применением космических снимков LANDSAT и продуктов MODIS. Предложенная методика включает анализ состояния ландшафтов нефтедобывающих территорий, учет климатических факторов, количество аварийных отказов и размеры площадей загрязненных земель. Практическое применение разработанной методики позволило проанализировать состояние растительного покрова труднодоступных нефтедобывающих территорий Западной Сибири с 2000 по 2016 гг. и определить угнетенное состояние растительности на территориях некоторых месторождений.

Ключевые слова: окружающая среда, космические снимки, геоинформационные системы, месторождения нефти, вегетационный индекс.

DIAGNOSTICS OF CONDITION AND RESTORATION OF NATURAL ECOSYSTEMS ON OIL AND GAS COMPLEX FACILITIES IN WEST SIBERIA AND ADJOINING TERRITORIES

Tatiana O. Peremitina

Institute of Petroleum Chemistry SB RAS, 634055, Russia, Tomsk, 4 Academichesky Prospect, Ph. D., researcher, Laboratory "Research Information Centre and Petroleum Museum", tel. (382)249-22-27, e-mail: pto@ipc.tsc.ru

Irina G. Yashchenko

Institute of Petroleum Chemistry SB RAS, 634055, Russia, Tomsk, 4 Academichesky Prospect, Ph. D., head of Laboratory "Research Information Centre and Petroleum Museum", tel. (382)249-22-27, e-mail: sric@ipc.tsc.ru

Victoria P. Dneprovskaya

Institute of Petroleum Chemistry SB RAS, 634055, Russia, Tomsk, 4 Academichesky Prospect, junior researcher, laboratory "Research Information Centre and Petroleum Museum", tel. (382)249-22-27, e-mail: vpi@ipc.tsc.ru.

For timely assessment of the ecological status of inaccessible areas of Western Siberia the methodology of quantitative assessment of the state of vegetation oil-producing areas on the basis of satellite images LANDSAT and MODIS products was developed. The proposed methodology includes an analysis of the state of landscape oil-producing areas, taking into account climatic factors, the number of crashes and the size of the area of contaminated land. Practical application of the developed methodology allows to analyze the state of the vegetation cover of West Siberia oil-producing areas from 2000 to 2016 and diagnose reduction in some fields of vegetation areas.

Key words: environment, satellite images, geoinformation systems, oil field, vegetation index.

Современное обеспечение актуальной, оперативной и статистической информацией об экологическом состоянии окружающей среды создает основу для принятия важных решений в процессе контроля ее состояния. В настоящее время увеличивается доля добычи трудноизвлекаемой нефти, что усиливает негативное воздействие нефтегазового комплекса на природную среду. Согласно данным [1] Томская область обладает утвержденными запасами нефти 633,87 млн т, газа – 333,1 млрд м³, лесные земли составляют 68,2 % от общей площади и болота занимают 32 % от площади области. В связи с перечисленными особенностями исследуемой территории для получения оперативной оценки состояния растительного покрова нефтедобывающих территорий недостаточно применения только наземных данных о состоянии биосферы. Использование данных спутникового дистанционного зондирования Земли (ДДЗ), позволяет обеспечить практически непрерывный мониторинг атмосферы, земной и водной поверхностей, что, несомненно, является актуальной задачей.

Целью настоящей работы является рассмотрение примеров практического применения методики количественной оценки состояния растительного покрова исследуемых территорий. Предложенная методика основана на использовании данных спутниковых наблюдений MODIS, LANDSAT и ГИС-технологий для оперативного мониторинга состояния окружающей среды нефтедобывающих территорий.

ДДЗ позволяют оперативно отслеживать изменения состояния и структуры растительного покрова. Известно [2], что для оценки состояния растительного покрова с применением ДДЗ вычисляют различные индексы вегетации. Вегетационный индекс – показатель, рассчитываемый в результате операций с разными спектральными диапазонами (каналами) ДДЗ, и имеющий отношение к параметрам растительности в данном пикселе снимка. В представленной работе применяется нормализованный разностный индекс растительности NDVI (Normalized Difference Vegetation Index). Анализ значений индекса NDVI позволяет выявить проблемные зоны с угнетенной растительностью на нарушенных или загрязненных территориях. 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 [2–3].

Применение разработанной методики (рис. 1), основанной на расчете вегетационного индекса NDVI, позволило провести количественную оценку воз-

действия различных факторов на растительность нефтегазодобывающих территорий [4]. В данной работе рассмотрим два примера применения данной методики диагностики состояния и восстановление природных экосистем на объектах нефтегазового комплекса Западной Сибири и прилегающих территориях.

В качестве первого примера расчеты проводились для территории месторождений Томской области – Первомайское, Ломовое, Оленье, Катильгинское, Лонтыняхское, Васюганской группы месторождений и месторождений Ханты-Мансийского автономного округа (ХМАО) – Усть-Балыкское, Приобское, Самотлорское. В качестве фонового выбран участок территории Юганского заповедника ХМАО.

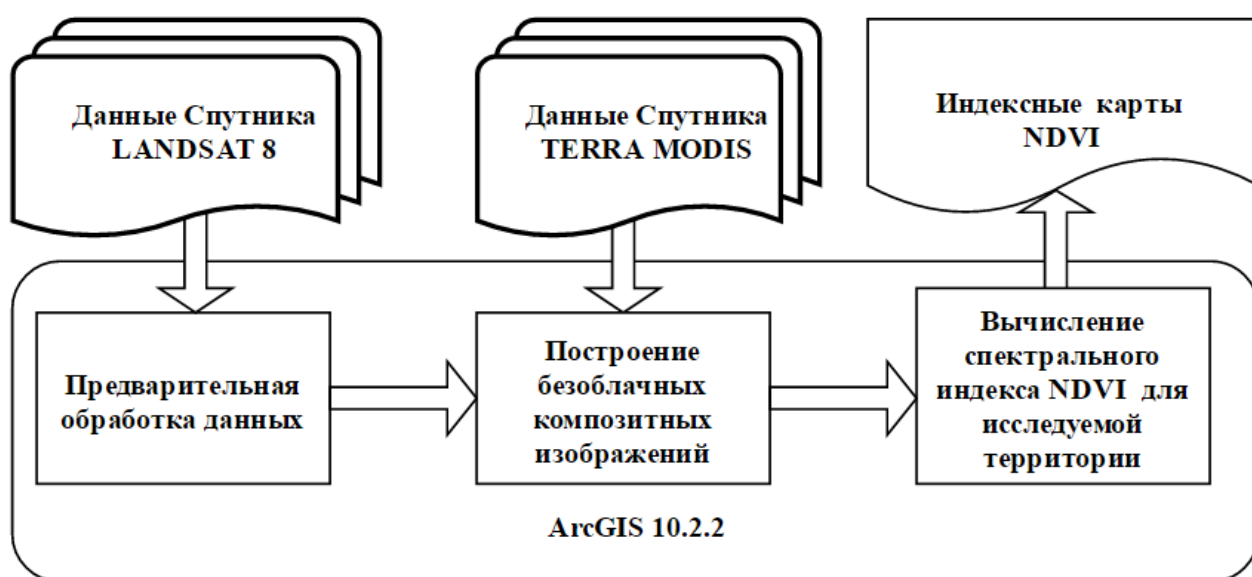


Рис. Методика количественной оценки состояния растительного покрова исследуемых территорий на основе спутниковых снимков

Для оценки состояния растительного покрова использован тематический продукт TERRA MODIS – MOD13Q1 16-Day Vegetation Indices с разрешением 250 м, содержащие значения нормализованного вегетационного индекса, усредненного за 16 дней [5]. Установлено, что на фоновом участке наблюдается стабильное значение индекса NDVI, что подтверждает правильность выбора фонового участка. Аналогичный статичный характер изменения индекса выявлен и для территории Усть-Балыкского месторождения. На Самотлорском месторождении значения индекса увеличиваются, что говорит об улучшении состояния растительности за рассматриваемый период 2000–2014 гг. Незначительное снижение значений индекса отмечается для Васюганской группы месторождений.

Во втором примере расчеты проводились для территории месторождений Томской области – Мыльджинское, Лугинецкое, Крапивинское и Урманское. В качестве фонового участка взята территория Государственного природного

заказника областного значения «Оглатский» Томской области. Как и в первом примере, для оценки состояния растительного покрова использованы тематические продукты TERRA MODIS – MOD13Q1 16-Day Vegetation Indices с разрешением 250 м, содержащие значения индекса NDVI, усредненного за 16 дней [5]. Для анализа изменения вегетационного индекса были взяты снимки за 6-летний период с 2010 г. по 2015 г. для 161 дня с датами съемки с 10 июня по 26 июня каждого года.

Средствами геоинформационной системы ArcGis для территорий четырех месторождений и территории Оглатского заказника по тематическому продукту MOD13Q1 рассчитаны значения NDVI за период с 2010 по 2015 г. Установлено, что на территории фонового участка заказника «Оглатский» наблюдается максимальное значение индекса NDVI, что также подтверждает правильность выбора фонового участка. Стоит отметить, что для всех исследуемых территорий тенденция изменения значений индекса однотипны – высокие значения в 2011 и 2015 годах, минимальные значения – в 2010 и 2013 годах, за исключением территории Мыльджинского месторождения. Самое минимальное значение индекса $NDVI = 0,669$ вычислено для растительности на территории Мыльджинского газоконденсатного месторождения в 2013 году.

Полученные результаты показывают, что территория Мыльджинского месторождения требует более детального изучения с помощью космических снимков наиболее высокого пространственного разрешения для выявления факторов, вызвавших падение индекса в 2013 году. В целом, для территорий всех исследуемых месторождений, наблюдается возрастание индекса с 2014 года, что свидетельствует о хорошем (неугнетенном) состоянии растительности и улучшении экологической обстановки.

Из приведенных примеров можно заключить, что применение спутниковых данных и ГИС-технологий позволило проанализировать состояние растительного покрова труднодоступных нефтедобывающих территорий Западной Сибири, что оказывает значительную помощь в своевременной оценке экологической ситуации и принятии решений в устранении и профилактики загрязнения окружающей среды.

Разработанная методика количественной оценки состояния растительности территорий, основанная на использовании данных дистанционного зондирования, позволяет анализировать состояние 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. 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 : Дельтоплан, 2014. – 194 с.

2. Вегетационные индексы [Электронный ресурс]: основы, формулы, практическое использование. – Режим доступа: http://mapexpert.com.ua/index_ru.php?id=20&table=news.
3. Козодеров В. В., Кондранин Т. В. Методы оценки почвенно-растительного покрова по данным оптических систем дистанционного аэрокосмического зондирования : учеб. пособие. – М. : МФТИ, 2008. – 222 с.
4. Перемитина Т. О., Яценко И. Г. Комплексный подход к оценке влияния антропогенных и природных факторов на окружающую среду нефтегазодобывающих территорий // Оптика атмосферы и океана. – 2015. – Т. 28, № 6. – С. 544–547.
5. Официальный сайт радиометра MODIS [Электронный ресурс]: описание системы TERRA и сканера MODIS. – Режим доступа: <http://modis.gsfc.nasa.gov>.

© Т. О. Перемитина, И. Г. Яценко, В. П. Днепровская, 2017

МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ В ЭКОЛОГИЧЕСКОМ МОНИТОРИНГЕ ПОЙМЕННЫХ ПОЧВ РЕКИ ТАЗ (ЯНАО)

Михаил Владимирович Якутин

Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Лаврентьева, 8/2, доктор биологических наук, доцент, старший научный сотрудник лаборатории биогеоэкологии; 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

Дмитрий Сергеевич Дубовик

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

Сергей Евгеньевич Худяков

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плеханова, 10, бакалавр, тел. (383)361-08-86

Алина Евгеньевна Шуклина

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плеханова, 10, бакалавр, тел. (383)361-08-86

Проведено исследование микробиологического состояния аллювиальной луговой почвы в среднем течении реки Таз в Ямало-Ненецком автономном округе. Выявлены особенности профильного распределения показателей биомассы микроорганизмов и ее метаболической активности в пойменной почве в сравнении с зональной тундровой почвой. Показано, что биомасса микроорганизмов и дыхательная активность в верхнем 0–10 см слое пойменной почвы достоверно ниже биомассы и дыхательной активности в верхнем слое тундровой глеевой почвы. Делается вывод о возможности использования инструментальных почвенно-микробиологических методов в практике экологического мониторинга.

Ключевые слова: Ямало-Ненецкий автономный округ, Западно-Сибирская равнина, река Таз, аллювиальная почва, биомасса микроорганизмов, метаболическая активность, экологический мониторинг.

MICROBIOLOGICAL CHARACTERISTICS IN THE ECOLOGICAL MONITORING OF FLOODPLAIN SOILS IN THE TAZ RIVER (YANAD)

Mikhail V. Yakutin

Institute of Soil Science and Agrochemistry SB RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, 8/2 Akademik Lavrentiev Prospect, 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

Dmitry S. Dubovik

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: d_d@ngs.ru

Sergey E. Khudyakov

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., bachelor, tel. (383)361-08-86

Alina E. Shuklina

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., bachelor, tel. (383)361-08-86

A study of the microbiological status of the alluvial meadow soils in the middle reaches of the Taz River in Yamalo-Nenets Autonomous district was done. The features of the profile distribution of indices of microbial biomass and its metabolic activity in floodplain soil compared with the zonal tundra soils revealed. It was shown that microbial biomass and respiratory activity in the upper 0-10 cm layer of floodplain meadow soils had significantly lower biomass and respiratory activity in the upper layer of the tundra gley soil. The conclusion about the possibility of using of the instrumental soil microbiological methods in the practice of environmental monitoring was made.

Key words: Yamalo-Nenets Autonomous district, Western Siberia plain, Taz River, alluvial soil, microbial biomass, metabolic activity, environmental monitoring.

Поймы рек, как неоднократно показывалось различными исследователями, являются ландшафтами высокой плотности жизни и высокой геохимической энергии живого вещества. Почвы пойм имеют глубокие отличия от почв водораздельных территорий. Их ежегодное затопление паводковыми водами придает им специфический «земноводный» характер и особые черты водно-воздушного режима. Половодье приносит на поверхность затапливаемых почв речной аллювий, содержащий в себе минеральные и органические частицы и значительное количество микроорганизмов. Для пойменных ландшафтов характерно пышное развитие растительности, обогащающей пойменные почвы органическим веществом и способствующей их оструктурированию. Незаболоченные пойменные почвы отличаются высокой степенью населенности микроорганизмами и почвообитающими животными, что обуславливает высокую интенсивность почвенных процессов. Все это определяет высокую биогенность экосистем поймы [1–4].

Благодаря постоянному отложению свежих наилок на поверхность периодически затапливаемых пойменных почв, они имеют все признаки «молодых» почв. А зональные признаки в них отсутствуют или выражены в очень слабой степени [5]. Наибольшими геохимическими различиями по широтным отрезкам обладают дерновые почвы, а различия по основным свойствам в типах луговых и болотных почв по широтным отрезкам поймы достоверно не установлены [6]. На заключительной стадии эволюции пойменных почв отдельные участки поймы или пойменные террасы выходят из режима поемности и пойменные почвы начинают развиваться по пути автоморфных зональных почв [1].

К настоящему времени проведена значительная работа по изучению структуры и особенностей функционирования комплекса микроорганизмов пойменных почв. Показано, что пойменные почвы имеют высокую степень заселенности микроорганизмами, но доля грибов в микробном комплексе этих почв не-

лика [2, 7, 8]. А по данным некоторых авторов грибы в пойменных почвах, характеризующихся длительными сроками затопления, вообще отсутствуют [9].

В пойменных почвах биомасса микроорганизмов может достигать значительных величин [2, 8, 10–12]. При этом величина биомассы микроорганизмов на поверхности почвы теснее связана с уровнем паводка, чем биомасса в нижележащих горизонтах почвы [13]. В то же время пойменные почвы характеризуются высокой ферментативной активностью [14].

Проведенные исследования в суббореальных и бореальных экосистемах дают возможность заключить, что зональные дерново-подзолистые почвы отличаются от пойменных почв резко пониженным количеством микроорганизмов (за исключением грибов), пониженной интенсивностью выделения CO_2 , слабой интенсивностью процесса разложения клетчатки [1]. В то же время данные по оценке состояния пойменных почв в зоне тундры являются фрагментарными, сравнения пойменных почв в этой зоне с зональными почвами по микробиологическим параметрам не проводилось.

В процессе исследования пойменных почв разных типов было показано, что типы пойменных почв находятся в прямых отношениях с их микробным, растительным и животным населением. Результатом взаимодействия между почвой и ее населением является тип почвообразовательного процесса с одной стороны и последовательная смена растительных и животных сообществ (биоценозов) с другой [15]. Выявление этой закономерности дает возможность оценивать влияние комплекса факторов, определяемых типом почвы, на различные показатели микробоценоза.

Цель данного исследования состояла в оценке применимости показателей биомассы и метаболической активности почвенного миробоценоза в практике мониторинга пойменных экосистем севера Западно-Сибирской равнины. Исследование было проведено в августе 2016 г. в зоне тундры Западной Сибири. В качестве объекта исследования в среднем течении реки Таз были выбраны две экосистемы: луг на аллювиальной луговой почве и тундровое кустарничково-мохово-лишайниковое сообщество на тундровой глеевой почве.

Образцы для почвенно-микробиологического анализа отбирались по общепринятой методике [16] из слоев 0–10 и 10–20 см. В почвенных образцах определялось содержание углерода в биомассе почвенных микроорганизмов (С-биомассы). Величина биомассы почвенных микроорганизмов является фундаментальной характеристикой состояния почвенного микробоценоза. Для оценки степени метаболической активности этой биомассы использовался показатель дыхательной активности почвы (базальное дыхание) [17]. Статистическая обработка результатов проводилась методами вариационного и дисперсионного анализов [18, 19].

Значения С-биомассы микроорганизмов в луговой аллювиальной почве в верхнем 0–10 см слое оказались значительно ниже, чем в тундровой почве. В слое 10–20 см различия между исследованными почвами были недостоверны (рис. 1). Наибольшее влияние на содержание С-биомассы микроорганизмов

в исследованных почвах оказывали факторы, связанный с глубиной по профилю почвы ($F = 7,5$) и определяемые сочетанием типа и слоя почвы ($F = 6,4$).

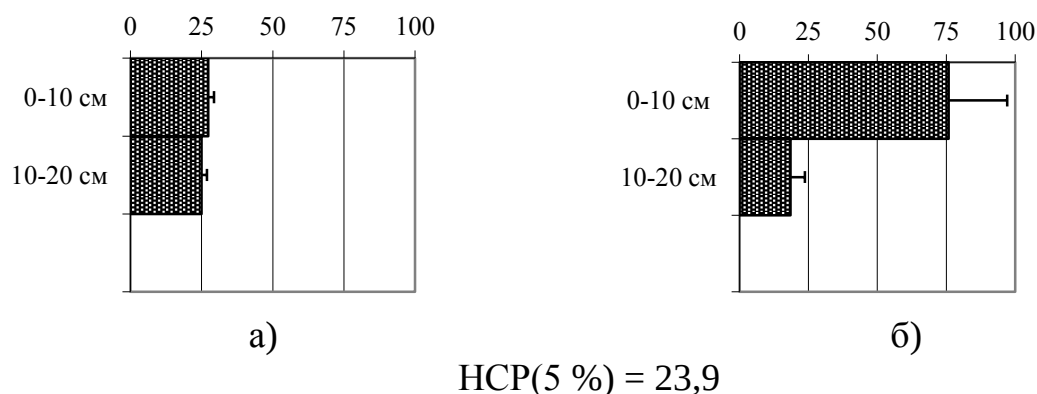


Рис. 1. Профильное распределение С-биомассы (мг С / 100 г почвы) в аллювиальной луговой (а) и тундровой глеевой (б) почвах

Минимальные значения дыхательной активности отмечены в верхнем 0–10 см слое луговой аллювиальной почвы, в слое 10–20 см отмечается некоторое увеличение данного показателя. В тундровой почв уровень дыхательной активности в слое 0–10 см оказался в 2,4 раза выше, чем в луговой почве (рис. 2). Наибольшее влияние на дыхательную активность оказывали факторы, определяемые сочетанием типа и слоя почвы ($F = 7,9$).

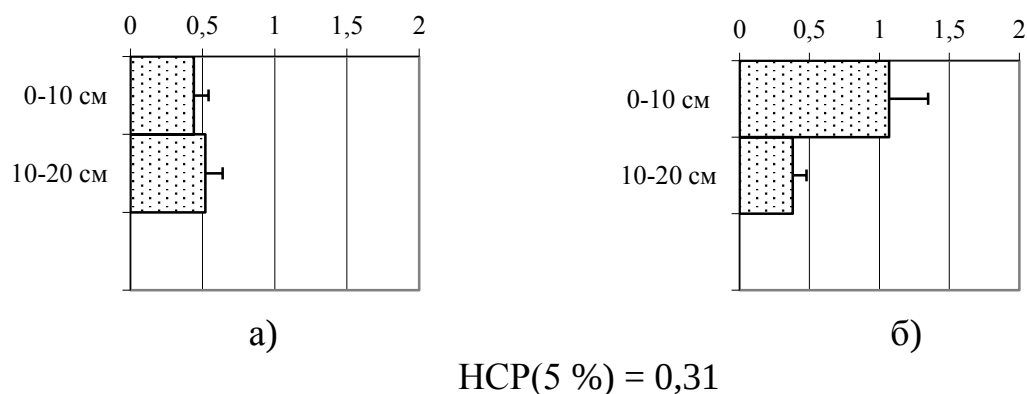


Рис. 2. Дыхательная активность микроорганизмов (мкг С–СО₂ / г почвы в час) в аллювиальной луговой (а) и тундровой глеевой (б) почвах

Таким образом, в результате эволюции луговой пойменной почвы по пути превращения ее в тундровую в этой почве происходит увеличение запасов С-биомассы микроорганизмов и уровня ее метаболической активности. Все это свидетельствует о функциональной перестройке комплекса почвенных микро-

организмов в ответ на значительное изменение гидротермического режима, окислительно-восстановительных условий и переход на использование в качестве основного источника вещества и энергии не органического вещества наилков и опада травянистых растений, а опада тундровых кустарничков, мхов и лишайников.

Проведенное исследование продемонстрировало, что современные инструментальные методы определения биомассы и дыхательной активности почвенных микроорганизмов могут быть успешно использованы для анализа состояния пойменных луговых почв в зоне тундр Западной Сибири. Эти показатели могут оказать помощь в диагностике различных по характеру и силе антропогенных нарушений северных пойменных экосистем в условиях интенсификации деятельности нефтегазодобывающего комплекса.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Добровольский Г. В. Почвы речных пойм центра Русской равнины. – М. : Изд-во Моск. ун-та, 1968. – 295 с.
2. Никитина З. П., Барыкова Ю. Н. Численность и биомасса микроорганизмов в почвах поймы Нижнего Иртыша // Почвоведение. – 1982. – № 9. – С. 109–115.
3. Adair E. C., Binkley D., Andersen D. C. Patterns of nitrogen accumulation and cycling in riparian floodplain ecosystems along the Green and Yampa rivers // *Oecologia*. – 2004. – V. 139. – P. 108–116.
4. Андриевский В. С., Якутин М. В., Шепелев А. И. Трансформация зоомикробиологического комплекса в процессе естественной эволюции пойменных почв в таежной зоне Западной Сибири // *Евразийский энтомологический журнал*. – 2013. – Т. 12, № 5.
5. Шраг В. И. Классификация пойменных почв и их краткая агромелиоративная характеристика. – М. : Изд-во Росгипроводхоза, 1964. – 105 с.
6. Шепелев А. И., Шепелева Л. Ф. Принципы эколого-хозяйственной оценки пойменных земель: почвенно-генетические аспекты // *Проблемы региональной экологии*. – Вып. 5. – Томск : Красное знамя, 1995. – 152 с.
7. Никитина З. И. Микробиологический мониторинг наземных экосистем. – Новосибирск : Наука, Сиб. отд-е, 1991. – 222 с.
8. Микробные комплексы гидроморфных почв дельты Селенги (Байкальский регион) / Н. Д. Сорокин, Э. О. Макушкин, В. М. Корсунов, Е. Н. Афанасова, Е. Ю. Шахматова // *Почвоведение*. – 2006. – № 7. – С. 855–860.
9. Rinklebe J., Langer U. Microbial diversity in three floodplain soils at the Elbe River (Germany) // *Soil Biology and Biochemistry*. – 2006. – V. 38. – P. 2144–2151.
10. Microbial biomass estimations in soils from tussock grasslands by three biochemical procedures / D. J. Ross, K. R. Tate, A. Cairns, E. A. Pansier // *Soil Biology Biochemistry*. – 1980. – V. 12, № 4. – P. 375–383.
11. Титлянова А. А., Наумова Н. Б., Косых Н. П. Круговорот углерода в луговых экосистемах // *Почвоведение*. – 1993. – № 3. – С. 32–39.
12. Головченко А. В., Добровольская Н. Г. Численность и запасы микроорганизмов в пойменных почвах реки Протва // *Почвоведение*. – 2001. – № 12. – С. 1460–1464.
13. Harms T. K., Grimm N. B. Hot spots and hot moments of carbon and nitrogen dynamics in a semiarid riparian zone // *Journal Geophysical Research*. – 2008. – V. 113. – G01020.
14. Хабилов И. К., Агафарова Я. М., Ахатова А. Г. Ферментативная активность пойменных и осушенных почв // *Почвообразовательные процессы в осушенных и пойменных землях Башкирии*. – Уфа, 1982. – С. 107–116.

15. Иоганзен Б. Г., Тюменцев Н. Ф. Пойма Оби. – Новосибирск : Зап.-Сиб. кн. изд-во, 1968. – 160 с.
16. Методы почвенной микробиологии и биохимии / под ред. Д. Г. Звягинцева. – М. : Изд-во Моск. ун-та, 1991. 303 с.
17. Methods in soil biology / F. Schinner, R. Ohlinger, E. Kandeler, R. Margesin. – Berlin : Springer-Verlag, 1996. – 420 p.
18. Сорокин О. Д. Прикладная статистика на компьютере. – Краснообск : ГУП РПО СО РАСХН, 2004. – 162 с.
19. Плохинский Н. А. Биометрия. – М. : Изд-во Моск. ун-та, 1970. – 367 с.

© М. В. Якутин, Д. С. Дубовик, С. Е. Худяков, А. Е. Шуклина, 2017

ВЛИЯНИЕ ПАСТБИЩНОЙ НАГРУЗКИ НА ДИНАМИКУ МАКРОЭЛЕМЕНТОВ В СИСТЕМЕ «ПОЧВА – РАСТЕНИЕ»

Нина Петровна Миронычева-Токарева

Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Лаврентьева, 8/2, кандидат биологических наук, доцент, зав. лабораторией биогеоценологии, тел. (383)363-90-25, e-mail: nina@issa.nsc.ru

Светлана Васильевна Шибарева

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

Наталья Геннадьевна Коронатова

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

Елена Владимировна Михайлова

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плеханова, 10, кандидат географических наук, старший преподаватель кафедры экологии и природопользования, тел. (383)361-08-86, e-mail: milek123@mail.ru

Высокая скорость минерализации подстилки в степной и лесостепной зонах способствует быстрому высвобождению макроэлементов из подстилки и включение их в открытые циклы с дальнейшей миграцией по почвенному профилю. Пастбищная нагрузка стимулирует процессы минерализации, что позволяет макроэлементам быстро включаться в процессы синтеза органических веществ. Перевод пастбища в заповедный режим приводит к накоплению подстилки в верхнем слое почвы и замедлению процессов разложения.

Ключевые слова: микроэлементы, подстилка, ветошь, запас, растительное вещество.

THE INFLUENCE OF THE PASTURE LOAD ON THE DYNAMICS OF MACROELEMENTS IN THE SOIL-PLANT SYSTEM

Nina P. Mironycheva-Tokoreva

Institute of Soil Science and Agrochemistry SB RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, 8/2 Akademik Lavrentiev Prospect, Ph. D., Associate Professor, Head of the Laboratory of Biogeocenology, tel. (383)363-90-25, e-mail: nina@issa.nsc.ru

Svetlana V. Shibareva

Institute of Soil Science and Agrochemistry SB RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, 8/2 Akademik Lavrentiev Prospect, Ph. D., Research Fellow of the Laboratory of Biogeocenology, tel. (383) 363-90-25, e-mail: shibarevas@mail.ru

Natalia G. Koronatova

Institute of Soil Science and Agrochemistry SB RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, 8/2 Akademik Lavrentiev Prospect, Ph. D., Research Fellow of the Laboratory of Biogeocenology, tel. (383)363-90-25, e-mail: nina@issa.nsc.ru

Elena V. Mikhailova

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., Ph. D., Senior Lecturer of the Department of Ecology and Nature Management, tel. (383)361-08-86, e-mail: milek123@mail.ru

The high rate of litter mineralization in the steppe and forest-steppe zones promotes the rapid release of macroelements from the litter and their inclusion in open cycles with further migration along the soil profile. Pasture load stimulates the processes of mineralization, which allows macroelements to be included quickly into the processes of the resynthesis of organic substances. Transfer of pasture to a conservation regime leads to the accumulation of litter in the upper layer of the soil and slowing down the processes of decomposition.

Key words: microelements, litter, dead plant organs, stock, plant matter.

Баланс макро- и микроэлементов биосферы в связи с деятельностью живых организмов – одна из глобальных научных задач, связанной с проблемами изменения климата, питания человека, сельского хозяйства и т. д. Основой такого моделирования служат точечные наблюдения – анализ элементного состава живых организмов и почвы. Такие наблюдения, прежде всего фракции фитомассы и элементный состав почв, как правило, трудоемки и дороги, в связи с чем – немногочисленны, т. е. исследования почти всегда проводятся с небольшим количеством повторностей. Вместе с тем известно, что и растительному, и почвенному покрову, даже в пределах одного биогеоценоза, свойственна значительная пространственная и временная вариабельность, в том числе – вариабельность видового состава и обилия видов растений, мощности и химизма почвенных горизонтов, а соответственно, и объемов макро- и микроэлементов на единицу площади. При моделировании балансов важнейших макро- и микроэлементов простая экстраполяция результатов на большие территории может приводить к значительным ошибкам.

Процессы педогенеза и развитие почвы тесно связаны с динамикой и функционированием экосистем, поскольку почвы – это открытые динамические системы связанные с другими компонентами экосистемы потоками вещества и энергии. Количественные характеристики питательных элементов в почве контролируются деструкционным звеном углеродного цикла, обеспечивающего возврат в атмосферу углерода изъятых из нее в ходе фотосинтетической ассимиляции и макроэлементов в почвенный профиль. Важную роль в плодородии почв играют макроэлементы Р, К, Са, и т.д. Уровень содержания этих элементов в конкретных экосистемах представляет собой разность между поступлением с мертвыми растительными остатками и высвобождением их в процессе разложения.

Влияние пастбищной нагрузки на динамику макроэлементов в системе почва-растение изучалось на степных катенах в пределах степной части Ильменского государственного заповедника, которая находится на восточном склоне Южного Урала в зоне Зауральского пенеппена и представляет собой холмисто-равнинную территорию с превышениями 350–390 м над уровнем моря.

Основными почвообразующими породами данного района служат делювиальные, часто карбонатизированные суглинки, реже – глины светло-коричневого, буро-коричневого, желто-коричневого цвета. Содержание карбонатов в этих породах достигает 2–3 %. На них формируются черноземы обыкновенные и лугово-черноземные почвы. В случае, когда грунтовые воды залегают достаточно высоко, делювиальные осадки засоляются – на них развиваются полугидроморфные солонцы.

В верхних частях склонов холмов, в межсопочных понижениях почвы сформировались на продуктах выветривания палеозойских пород, в основном – вулканитов основного состава, часто окремненных. В слабодренированных котловинах, на карбонатах содержащих пестроцветные глины сформировались автоморфные солонцы и солончаки с низким содержанием карбонатов и высокой степенью засоления хлоридами.

На территории заповедника располагаются пять колков, основным доминантом которых является береза пушистая (*Betula pubescens*). К ореолам вокруг колков приурочены остепненные луга включающие сообщества – лугово-разнотравные, злаково-разнотравные, разнотравно-злаковые. Широко представлены на территории заповедника, особенно на каменистых склонах сопков и на приречных солонцах тырсовые степи, эдификатором которых является *Stipa capillata*. Также распространены типчаковые степи, доминантом которых является *Festuca valesiaca*. В сравнительно небольшом количестве, главным образом в степных западинах и в более влажных подсклоновых участках мелкосопочных равнин присутствуют красноковыльные степи, основной эдификатор – *Stipa zaleski*.

Климат изучаемой территории характеризуется, как резко континентальный и его основные характеристики обусловлены взаимодействием атмосферной циркуляции с рельефом южной окраины Уральских гор, который характеризуется как самый сухой и теплый. Средние температуры января –16–20 °С. Температурный режим очень изменчив: во все зимние месяцы сильные морозы могут чередоваться с оттепелями до +3 °С в январе и до +18 °С в ноябре. Длительность зимнего периода в данном микрорайоне может колебаться от 100 до 154 дней. Средняя глубина промерзания грунта 135 см. В среднем высота снежного покрова составляет 25 см, средняя продолжительность снеготаяния составляет 15–20 дней, но может варьировать от 6–30 дней и более. Средние температуры июля +18 +20 °С. Период с температурой воздуха выше +15 °С составляет 95 дней. Осадки составляют 250–300 мм в год, из них 45 % выпадает летом и 10–12 % зимой, годовая испаряемость в 2 раза превышает годовое количество осадков. Характер летних осадков преимущественно ливневый, район подвержен засухам, частым суховеям, водной и ветровой эрозии почвы. Господствующее направление ветра зимой – юго-западное, летом северное и северо-западное. Среднемесячные скорости ветра за зимние месяцы несколько выше, чем в летние и составляют 4,4 м/сек [1].

Структура запасов растительного вещества – одна из важнейших характеристик экосистемы. Большие запасы зеленой массы и корней свидетельствуют о высокой интенсивности продукционных процессов, большие запасы мертвого

растительного вещества – о низких скоростях деструкционных процессов. По изменению соотношения запасов можно судить об изменении скорости образования и разрушения растительного вещества. Запас надземной мортмассы (подстилки и ветоши) зависит от количества живой массы и скорости разложения мортмассы. Чем выше продукция, относительной мерой которой служит максимальный запас живого растительного вещества, и ниже скорость деструкции, тем больше накапливается надземной мортмассы. У изучаемых катен запас мортмассы выше запаса фитомассы. Он колеблется в пределах 1020–2800 г/м².

Подстилка в степных и луговых ландшафтах не выделяется отдельным горизонтом. В биологическом круговороте она связывает живое растительное вещество и почву и состоит из мертвых растительных остатков, находящихся на различных стадиях разложения. В ней происходит полная минерализация сахаров, белков, вымывание элементов питания (K, N, Ca) из растительных остатков в почву, накопление железа и алюминия, образование фульвокислот и поступление их в почвенный профиль.

Количество подстилки зависит от режима использования экосистемы. Установлено, что при переводе пастбища в заповедный режим происходит накопление вначале ветоши, а затем подстилки, что, в свою очередь, приводит к накоплению макроэлементов в верхнем слое почвы и замедление процессов разложения. Концентрация углерода меняется от 15 до 50 % и зависит от состава растительности на позициях катен (таблица). Ряд последовательного уменьшения содержания зольных элементов имеет следующий вид $P > Ca > Al > Fe > Mg > K > Na$. Ca, P, Fe и Al составляют целые и десятые доли процента. При высокой пастбищной нагрузке количество подстилки невысоко, в ней процессы разложения протекают значительно быстрее, что увеличивает оборачиваемость макроэлементов системе.

Таблица

Содержание элементов в подстилке различных позиций степных катен, мг/100 г в % (К-1 – заповедная катена; К-2 – катена под пастбищной нагрузкой)

К-1	г/м ²	зола	P	Mg	Ca	Na	K	Fe	Al
эль	86,0	15,7	18,4	0,14	1,15	0,01	0,13	0,31	1,14
Тр1	135,3	28,4	53,7	0,21	1,64	0,08	0,22	0,39	1,79
Тр2	195,9	37,2	75,5	0,33	2,15	0,13	0,31	0,88	2,58
Тр3	204,2	37,1	51,2	0,51	2,38	0,08	0,3	1,16	3,47
Тр4	263,2	50,5	45,6	0,39	1,81	0,07	0,23	1,47	0,81
Ак	225,6	41	57,2	0,45	2,16	0,06	0,27	1,28	3,51
К-2									
эль	151,2	32,6	36,2	0,21	1,98	0,03	0,28	0,61	2,97
Тр1	133,6	32,7	36,8	0,14	1,28	0,02	0,2	0,76	1,84
Тр2	177,2	30,2	53,3	0,26	1,57	0,03	0,23	0,63	2,12
Тр3	84,8	13,7	30,4	0,15	1,06	0,02	0,23	0,31	1,45
Тр4	63,7	13,1	21,9	0,14	0,75	0,01	0,12	0,29	1,42
Ак	58,2	11,8	24,7	0,18	0,84	0	0,12	0,33	1,34

Большая скоростью минерализации подстилки в степной и лесостепной зонах способствует быстрому высвобождению макроэлементов из подстилки и включение их в открытые циклы с дальнейшей миграцией по почвенному профилю. Пастбищная нагрузка стимулирует процессы минерализации, что позволяет макроэлементам быстро включаться в процессы ресинтеза органических веществ.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Левит А. И., Миронычева-Токарева Н. П. Степные и лесостепные ландшафты юга Челябинской области и их трансформация. – Челябинск : Крокус, 2005. – 196 с.

© Н. П. Миронычева-Токарева, С. В. Шибарева, Н. Г. Корнаторова, Е. В. Михайлова, 2017

ОЦЕНКА ИСТОЧНИКОВ ПОСТУПЛЕНИЯ ОРГАНИЧЕСКОГО И ЭЛЕМЕНТНОГО УГЛЕРОДА В СОСТАВЕ АЭРОЗОЛЕЙ В ЦЕНТРАЛЬНУЮ ЧАСТЬ Г. НОВОСИБИРСКА В ЗИМНИЙ И ВЕСЕННИЙ ПЕРИОДЫ

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

Владимир Федотович Рапута

Институт вычислительной математики и математической геофизики СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Лаврентьева, 6, доктор физико-математических наук, главный научный сотрудник, тел. (383)330-61-51, e-mail: raputa@sscc.ru

Татьяна Владимировна Ярославцева

Новосибирский НИИ гигиены Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Пархоменко, 7, кандидат технических наук, старший научный сотрудник, тел. (383)330-61-51, e-mail: tani-ta@list.ru

Валерий Иванович Макаров

Институт химической кинетики и горения им. В. В. Воеводского СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, ул. Институтская, 3, кандидат химических наук, зав. лабораторией, тел. (383)333-07-87, e-mail: makarov@kinetics.nsc.ru

Обсуждаются результаты посуточных измерений органического и элементного углерода для зимнего и весеннего периодов времени 2015 г. в городе Новосибирске. В рамках линейного корреляционного анализа исследованы закономерности выноса углеродсодержащих примесей в пункт наблюдения из различных секторов города.

Ключевые слова: атмосферный аэрозоль, органический и элементный углерод, линейная корреляция, сектор выноса.

ESTIMATION OF THE AEROSOL SOURCES OF ORGANIC AND ELEMENTAL CARBON TO THE NOVOSIBIRSK DOWNTOWN FOR WINTER AND SPRING

Svetlana A. Popova

Voevodsky Institute of Chemical Kinetics and Combustion SB RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, 3 Institutskaya St., junior researcher, tel. (383)333-07-87, e-mail: popova@kinetics.nsc.ru

Vladimir F. Raputa

Institute of Computational Mathematics and Mathematical Geophysics SB RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, 6 Akademik Lavrentiev Prospect, D. Sc., chief researcher, tel. (383)330-61-51, e-mail: raputa@sscc.ru

Tatyana V. Yaroslavtseva

Novosibirsk scientific research institute of hygiene of Rospotrebnadzor, 630108, Russia, Novosibirsk, 7 Parkhomenko St., Ph. D., senior researcher, tel. (383)330-61-51, e-mail: tani-ta@list.ru

Valerii I. Makarov

Voevodsky Institute of Chemical Kinetics and Combustion SB RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, 3 Institutskaya St., Ph. D., head of the laboratory, tel. (383)333-07-87, e-mail: makarov@kinetics.nsc.ru

The results of the daily measurements of the organic and elemental carbon for the winter and spring periods in 2015 in the city of Novosibirsk are discussed. Within the framework of the linear correlation analysis patterns removal of carbonaceous impurities in the observation point from the different sectors of the city are investigated.

Key words: particulate matter, organic carbon, elemental carbon, linear correlation, removal segment.

Для оценки уровня загрязнения атмосферы городов создаются сети стационарных пунктов отбора проб примесей, которые позволяют проводить непрерывный контроль их поступления с городских территорий [1, 2]. Для оценки уровня загрязнения атмосферы города Новосибирска создана сеть стационарных постов наблюдений. В настоящее время функционирует 10 постов, исходя из расчета один пост на один район города. К основным загрязняющим примесям следует отнести пыль, сажу, тяжелые металлы, окислы углерода, серы, азота, формальдегид, полиароматические углеводороды. Учитывая довольно сложную структуру размещения источников на территории города, этого количества постов явно недостаточно для оценки текущих и длительных полей загрязнения. В этой связи целесообразно использовать в качестве дополнительного источника информации природные планшеты: снеговой, растительный и почвенный покровы [3].

В городской атмосфере важными компонентами атмосферного аэрозоля (АА) являются углеродсодержащие частицы [4–6]. Основными источниками поступления частиц элементного (ЕС) и органического углерода (ОС) являются автотранспорт, котельные, ТЭЦ, промышленные предприятия. Дополнительным источником ОС может быть фотохимическое окисление газообразных углеводородов [7–9].

В Новосибирске регулярный посуточный отбор проб АА проводится на посту № 26 Росгидромета с 2007 года (ул. Линейная, 33). Пост находится практически в центральной части города, что позволяет фиксировать поступление ЕС и ОС со всех направлений.

Положение стационарного пункта отбора АА и характерных источников г. Новосибирска представлено на рис. 1. Высокая повторяемость ветров юго-западного сектора создает возможности проведения более детального анализа изменения состава углеродсодержащих примесей, режимов функционирования источников, находящихся в этом секторе, включая автомагистраль Красного проспекта, вокзальную автомагистраль, ТЭЦ-2, ТЭЦ-3.

Отбор посуточных образцов АА производился на стекловолоконистые фильтры (Whatman), с последующим определением концентрации ОС и ЕС методом реакционной газовой хроматографии [10].

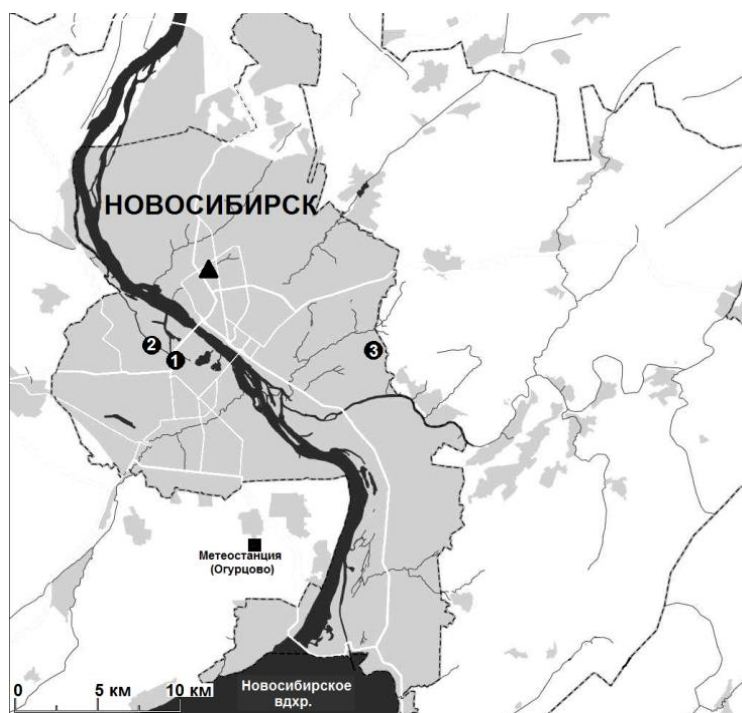


Рис. 1. Схема расположения источников АА(●):

1 – ТЭЦ-2; 2 – ТЭЦ-3; 3 – ТЭЦ-5; основных автомагистралей. ▲ – пункт отбора проб АА (ул. Линейная, 33), ■ – метеостанция (п. Огурцово)

Данные о направлениях и скоростях ветра были взяты с сайта метеорологической станции, расположенной на юго-западной окраине Новосибирска в п. Огурцово (54°90'N, 82°95'E) (<http://www.pogodaiklimat.ru/weather.php?id=29638>) [11]. Измерения характеристик скорости ветра на ней проводится 8 раз в сутки с трехчасовым интервалом.

На рис. 2 представлены графики линейной корреляционной связи между ОС и ЕС в зимний и весенний периоды 2015 г. по всей совокупности наблюдений на посту № 26 в г. Новосибирске.

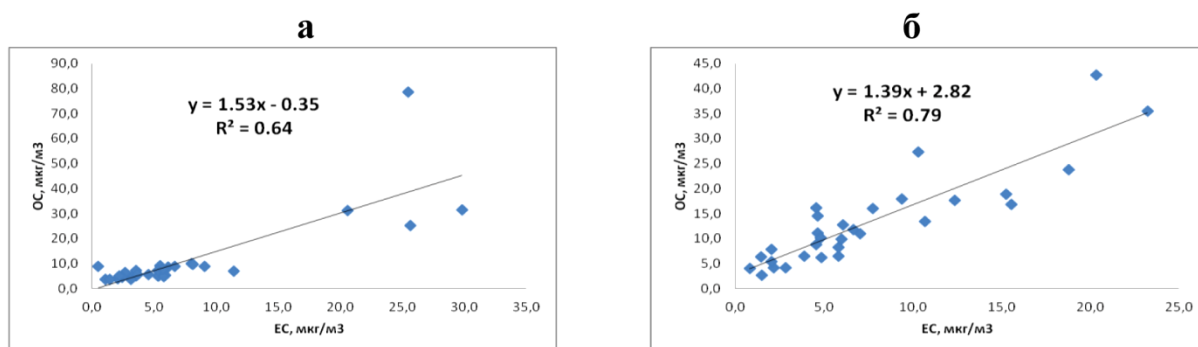


Рис. 2. Линейно-корреляционные связи между посуточными концентрациями ОС и ЕС (мкг/м³) в Новосибирске:

с 20.01 по 25.02 2015 г. (а), с 20.04 по 30.05 2015 г. (б)

Из анализа рис. 2 вытекает, что содержание органического углерода, в целом, несколько преобладает над содержанием элементного углерода в атмосфере. Уровень соответствия между рассматриваемыми компонентами довольно значительный. Наблюдается также определенная близость соответствующих коэффициентов линейных регрессий для зимнего и весеннего сезонов. Следует также отметить, что в зимнем периоде наблюдений для ряда суток были зафиксированы аномально высокие концентрации ОС и ЕС, которые на рис. 2, *а* расположены изолированно от основной массы наблюдений. Для выяснения природы этих концентраций необходимо привлечение дополнительной информации, включающей сведения о направлении и скорости ветра, состоянии устойчивости приземного и пограничного слоя атмосферы, расположении и режимах функционирования источников ОС и ЕС.

Использование информации о посуточных направлениях ветра в рассматриваемых периодах времени позволило провести анализ связей между компонентами по секторам выноса. На рис. 3 представлены некоторые из этих связей. Высокий коэффициент их детерминации (R^2) указывает на возможность эффективного изучения по секторам выноса деятельности определенных точечных, линейных и площадных источников ОС и ЕС города Новосибирска.

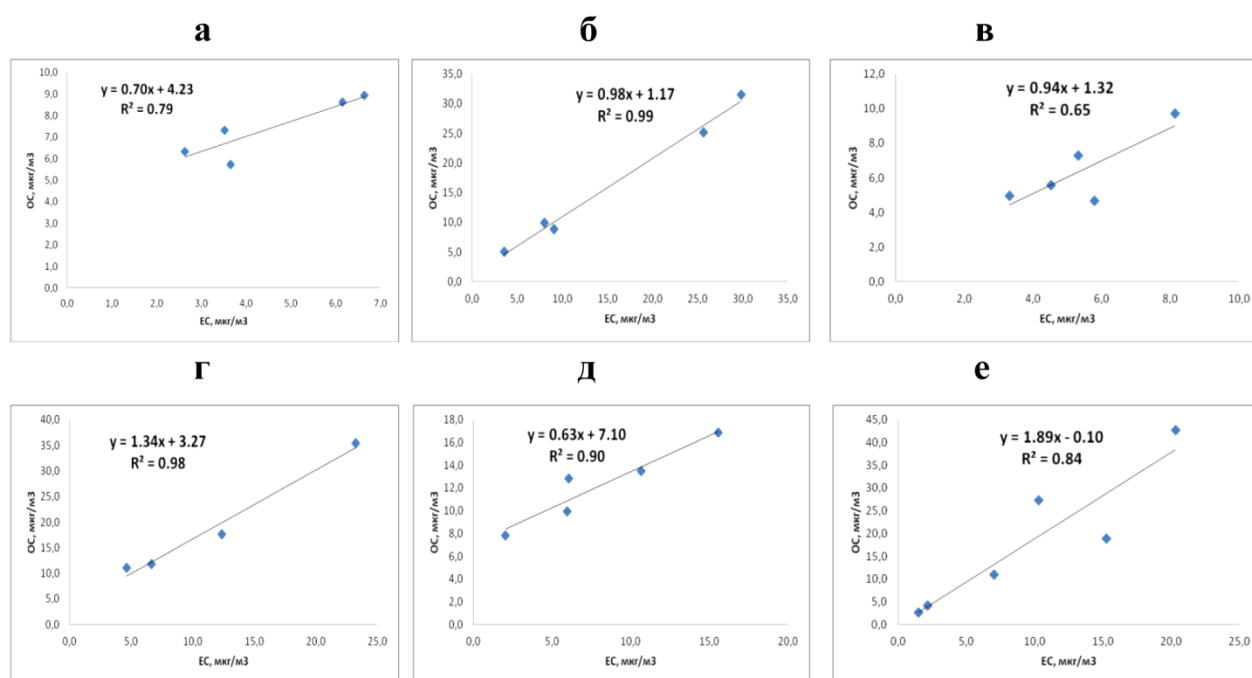


Рис. 3. Линейно-корреляционные связи между концентрациями ОС и ЕС ($\mu\text{г}/\text{м}^3$) в Новосибирске зимой 2015 г. по направлениям выноса: 174–177° (а), 180–188° (б), 191–205° (в) и весной 2015 г.: 58–124° (г), 174–200° (д), 244–287° (е)

Анализ рис. 3, *а–в, д* показывает высокий уровень согласия между компонентами углерода для выносов примеси южной направленности, которые могут быть привязаны к центральной части города и находящимся там автомагистралям. Рис. 3, *г, е* характеризуют выносы из восточного и западного секторов города. Следует отметить на рис. 3, *а, д* наличие значительной фоновой составляющей органического углерода. В то время как на рис. 3, *б, в* она практически отсутствует, а соотношение ОС к ЕС одинаково.

Особый интерес для анализа источников представляют случаи акцентированного выноса в пункт наблюдения углеродных компонентов от крупных ТЭЦ и автомагистралей города.

Для зимнего и весеннего периодов времени 2015 г. проведен анализ данных посуточных измерений элементного и органического углерода в г. Новосибирске. Для определенных секторов выноса этих компонентов с территорий города в пункт наблюдения установлены достаточно тесные линейные корреляционные связи. Полученные зависимости могут быть обусловлены однородными по составу источниками углеродсодержащих примесей, находящимися в выделенных секторах города. В значительной мере это относится к автомобильному транспорту.

Выявление фоновой составляющей для ряда секторов выноса с территории города указывает на необходимость проведения дополнительных исследований, связанных с более детальным учетом действия отдаленных источников. Весьма значимой в совместном анализе данных наблюдений является проблема использования текущей метеорологической информации. В дальнейшей перспективе весьма актуальной является постановка обратных задач для оценки характеристик источников на территории г. Новосибирска, газового и аэрозольного состава примесей.

Работа выполнена при поддержке Программы РАН № 18.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Безуглая Э. Ю. Мониторинг состояния загрязнения атмосферы в городах. – Л. : Гидрометеиздат, 1986. – 199 с.
2. Безуглая Э. Ю., Чичерин С. С., Шарикова О. П. Состояние и перспективы сети мониторинга атмосферы в городах // Труды ГГО. – Л. : Гидрометеиздат, 1998. – Вып. 549. – С. 3–10.
3. Василенко В. Н., Назаров И. М., Фридман Ш. Д. Мониторинг загрязнения снежного покрова. – Л. : Гидрометеиздат, 1985. – 182 с.
4. Коричневый и черный углерод в смогах мегаполисов / Г. И. Горчаков, А. В. Карпов, А. В. Васильев, И. А. Горчакова // Оптика атмосферы и океана. – 2017. – Т. 30, № 1. – С. 5–11.
5. Виноградова А. А. Эмиссии антропогенного черного углерода в атмосферу: распределение по территории России // Оптика атмосферы и океана. – 2014. – Т. 27, № 12. – С. 1059–1065.
6. Particulate Carbon: Atmospheric Lifecycle / S. G. Chang, R. Brodzinsky, L. A. Gundel, T. Novakov, G. T. Wolff, R. L. Klimisch (Ed.). – New York ; London : Plenum Press, 1982. – P. 159.
7. Dlugi R., Gusfen H. The catalytic and photocatalytic activity of coal fly ashes // Atmos. Environ., 1983. – Vol. 17. – No. 9. – P. 1765–1771.

8. Исидоров В. А. Органическая химия атмосферы. – Л. : Химия, 1985. – 265 с.
9. Seinfeld J. H., Pandis S. N. Atmospheric chemistry and physics. – John Wiley & Sons, Inc, 1998. – 1326 p.
10. 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. – Vol. 30. – P. 659–660.
11. Климат Новосибирска и его изменения / И. О. Лучицкая, Н. И. Белая, С. А. Арбузов. – Новосибирск : Изд-во СО РАН, 2014. – 224 с.

© С. А. Попова, В. Ф. Рипута, Т. В. Ярославцева, В. И. Макаров, 2017

ПОЧВЕННО-БИОЛОГИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ В ЭКОЛОГИЧЕСКОМ МОНИТОРИНГЕ ЗАСОЛЕННЫХ ПОЧВ В ЗОНЕ СУХИХ СТЕПЕЙ ТЫВЫ

Михаил Владимирович Якутин

Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, 630090, Россия, г. 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

Владислав Семенович Андриевский

Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, 630090, г. 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

Проведен анализ состояния деструкционного блока в почвах сухих степей Тывы, с использованием почвенно-биологических методов. Показано, что в зоне сухих степей почвенно-зоологические и почвенно-микробиологические методы могут успешно применяться в практике экологического мониторинга почв, находящихся под воздействием природного засоления различной силы.

Ключевые слова: Тыва, сухая степь, почва, панцирные клещи, микроорганизмы, засоление, экологический мониторинг

SOIL-BIOLOGICAL METHODS IN ENVIRONMENTAL MONITORING OF SALINE SOILS IN THE DRY STEPPES ZONE OF TUVA

Mikhail V. Yakutin

Institute of Soil Science and Agrochemistry SB RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, 8/2 Akademik Lavrentiev Prospect, 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

Vladislav S. Andrievskiy

Institute of Soil Science and Agrochemistry SB RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, 8/2 Akademik Lavrentiev Prospect, Ph. D., senior researcher, laboratory of biogeocenology, tel. (383)363-90-25, e-mail: VS@issa.nsc.ru

The analysis of the destruction block in the soils of dry steppes of Tuva with the use of soil biological methods. It is shown that in the dry steppes zone soil-zoology and soil-microbiological methods can be successfully applied in the practice of ecological monitoring of soils affected by natural salinization of varying strength.

Key words: Tuva, dry steppe, soil, oribatid mites, microorganisms, salinization, environmental monitoring.

Особое место в программах экологического мониторинга занимает фоновый мониторинг, цель которого состоит в получении эталона состояния конкретной экосистемы и ее изменения в условиях возможно минимального антропогенного

воздействия. Данные фонового мониторинга совершенно необходимы для анализа результатов всех видов мониторинга. Сам фоновый мониторинг может проводиться в рамках глобального или национального, но может быть также организован в рамках локального мониторинга перед разработкой крупного промышленного, сельскохозяйственного или природоохранного проекта [1].

Основа ландшафта в межгорных котловинах Южной Тывы – сухие степи на каштановых почвах. Такие почвы формируются на подгорно-пролювиальных равнинах, древних озерных и речных террасах. В более увлажненных условиях на относительно пониженных участках под чиевыми лугами в зоне каштановых почв формируются полугидроморфные лугово-каштановые почвы, а на приозерных территориях часто формируются солончаки. Для аридных ландшафтов вообще характерны переходы от автоморфных каштановых к лугово-каштановым почвам и далее к луговым почвам и солончакам [2].

Биота засоленных почв на протяжении длительного времени вызывает значительный интерес микробиологов и зоологов, но комплексные исследования сообществ почвообитающих животных и микроорганизмов в условиях засоления единичны [3]. В настоящее время установлено, что для засоленных почв характерны специфические микробные сообщества [3] и засоленные почвы характеризуются минимальными величинами микробной биомассы и дыхательной активности [5–8]. C/N-отношение в микробной биомассе при увеличении уровня засоления уменьшается, что свидетельствует о доминировании бактерий в общей массе микроорганизмов [9–12].

Население почвенных беспозвоночных засоленных почв в разных ландшафтных зонах обеднено и специфично по сравнению с таковым не засоленных аналогов. Это показано, например, для микроартропод западно-сибирской лесостепи [13, 14] и для почвенной мезофауны в Голодной степи (Ташкентская область Узбекистана) [15].

Цель данного исследования состояла в оценке применимости почвенно-биологических показателей (биомасса и дыхательная активность микроорганизмов, численность и видовое богатство панцирных клещей) в мониторинге экосистем в подзоне сухих степей Тывы, находящихся в условиях разного по силе засоления.

Исследование было проведено в Убсунурской котловине (Тыва) на останцовой равнине хребта Сангилен. Почвенный покров равнины представлен каштановыми, лугово-каштановыми, аллювиально-луговыми почвами, солонцами и солончаками [2]. В качестве объектов исследования были выбраны четыре экосистемы, находящиеся на одной катене на юго-восточном склоне подгорной равнины останца Онджалан. Участки находятся на абсолютных высотах от 1050 до 1150 м над уровнем моря. Крутизна юго-восточного склона Останца Онджалан составляет около 5°. В нижней части подгорной равнины находится небольшое по размеру соленое озеро, которое периодически пересыхает. Все экосистемы находятся под умеренной пастбищной нагрузкой с преимущественно зимним выпасом. Основные характеристики исследованных экосистем приведены в таблице.

Таблица

№ п/п	Экосистема	Почва	Проективное покрытие (%)	Высота травостоя (см)
Т. 1	Злаково- разнотрав- ная сухая степь	Каштановая супес- чаная среднеспособная мелкозернистая	50	10–30
Т. 2	Разнотравно- полынно-злаковая сухая степь	Каштановая супес- чаная среднеспособная	45	5–30
Т. 3	Чиевый разреженный луг	Лугово-каштановая солончаковатая	20	30–50
Т. 4	Солянковое сообще- ство	Солончак типичный	50	2–5

Анализ микробиологического и зоологического состояния почв проводился в начале лета. Углерод в биомассе почвенных микроорганизмов (С-биомассы) определялся методом фумигации-инкубации [16]. Дыхательная активность почв оценивалась по количеству CO_2 , выделившемуся из образцов (навеска 2 г), инкубированных 2 суток в темноте в плотно закрытом пенициллиновом флаконе при температуре 28 °С и влажности равной 60 % полной влагоемкости [17]. Видовое богатство и численность панцирных клещей оценивалось в каждом биотопе методом термоэктелции Берлесе-Тульгрена [18, 19]. Статистическая обработка результатов проводилась методами вариационного и дисперсионного анализов [20, 21].

Минимальная концентрация С-биомассы и величина дыхательной активности почвенного микробоценоза в исследованных почвах были зафиксированы в верхнем слое солончака типичного (Т. 4). Низкие значения данных показателей здесь объясняются минимальным запасом растительного вещества и высоким уровнем засоления. Снижение концентрации солей при сохранении в целом благоприятных условий увлажнения в лугово-каштановой почве (Т. 3) способствует значительному увеличению концентрации С-биомассы и дыхательной активности. Эти результаты согласуются с данными других авторов, продемонстрировавших в своей работе более высокую биологическую активность лугово-каштановых почв по сравнению с каштановыми [3]. С-биомассы и дыхательная активность в автоморфных каштановых почвах (Т. 1 и 2), характеризующихся менее благоприятными условиями увлажнения, чем лугово-каштановая почва (Т. 3), оказались в целом ниже, чем аналогичные показатели в этой полугидроморфной почве.

В процессе почвенно-зоологического исследования всего на изученной катене обнаружено 15 видов панцирных клещей. По позициям катены виды распределены неравномерно: от одного в нижней позиции катены (Т. 4) до двенадцати на первой надпойменной террасе (Т. 3). Верхние позиции катены (Т. 1 и 2) богаче нижней – (Т. 4) и беднее средней (Т. 3). Средняя позиция катены (Т. 3) отличается наибольшим видовым богатством. Нижняя позиция катены

(Т. 4) является самой бедной и по численностям, а самой богатой по численностям становится позиция в верхней части профиля (Т. 1). Причем, показатель численности здесь имеет очень высокое значение – 71 тыс. экз./м². Как было показано ранее, такая плотность более характерна не для степных экосистем, а для некоторых лесных [22]. Второй по численности орибатид является сообщество первой надпойменной террасы (Т. 3). Оно беднее сообщества верхней части подгорной равнины более чем в 3 раза. Сообщество Т. 2, в свою очередь, по численности беднее сообщества Т. 3 также более чем в 3 раза. На уровне уреза воды (Т. 4) клещи практически отсутствуют. Таким образом, распределение панцирных клещей на изученной катене в зависимости от ведущих экологических факторов (увлажненности и засоления) отражается количественными параметрами сообщества (численностями и видовым богатством).

Проведенное исследование позволяет сделать вывод о том, что высокие концентрации солей в верхних горизонтах почвенного профиля в сухостепной зоне приводят к резкому снижению биомассы микроорганизмов и ее дыхательной активности и показателей численности и видового богатства панцирных клещей. Т. е. сообщества и панцирных клещей, и микроорганизмов в подземном блоке сухостепной экосистемы реагируют на экстремальное засоление резким снижением количественных параметров.

Снижение уровня засоления с сохранением относительно благоприятного режима увлажнения в экосистемах, формирующихся на полугидроморфных лугово-каштановых почвах, способствует росту микроббиомассы и дыхательной активности, росту показателей видового богатства и численности панцирных клещей. Снижение до практически нулевых значений уровня засоления и дальнейшее снижение уровня общей увлажненности в автоморфных каштановых почвах приводит к снижению биомассы и дыхательной активности и к снижению показателей видового богатства панцирных клещей.

Таким образом, проведенное исследование продемонстрировало возможность применение показателей биомассы почвенных микроорганизмов, дыхательной активности, численности и видового богатства панцирных клещей в мониторинге экосистем в зоне сухих степей Тывы, находящихся под воздействием природного засоления различной силы. Эти показатели могут в значительной степени дополнять данные, получаемые с помощью традиционных микробиологических и химических методов в ходе экологического мониторинга, а также результаты дистанционного исследования наземных экосистем [23].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Мониторинг и методы контроля окружающей среды / Ю. А. Афанасьев, С. А. Фомин, В. В. Меньшиков и др. – М. : МНЭПУ, 2001. – 337 с.
2. Носин В. А. Почвы Тувы. – М. : Изд-во Акад. наук СССР, 1963. – 342 с.
3. Биологические свойства почв каштаново-солонцовых комплексов / К. Ш. Казеев, А. М. Креница, С. И. Колесников и др. // Почвоведение. – 2005. – № 4. – С. 464–474.
4. Галофильные и алкалофильные стрептомицеты засоленных почв / Г. М. Зенова, Г. В. Оборотов, Ж. Норовсурэн, А. В. Федотова, Л. В. Яковлева // Почвоведение. – 2007. – № 11. – С. 1347–1351.

5. Mallouhi N., Jacquin F. Essai de correlation entre proprietes biochimiques d'un soil salsodique et sa biomasse // *Soil Biology and Biochemistry*. – 1985. – Vol. 17. – P. 23–26.
6. Badia D., Alkaniz J. M. Bazal and specific microbial respiration in semiarid agricultural soils: organic amendment and irrigation management effects // *Geomicrobiology Journal*. – 1993. – Vol. 11. – P. 261–274.
7. Kaur B., Gupta S. R., Singh G. Bioremediation of a sodic soil by silvopastoral systems in northwestern India // *Agroforestry Systems*. – 2002. – Vol. 54. – P. 13–20.
8. 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.
9. Якутин М. В. Биомасса микроорганизмов в засоленных почвах Восточной Барабы // *Сибирский экологический журнал*. – 2001. – № 3. – С. 299–304.
10. Microbial performance in soils along a salinity gradient under acidic conditions / M. Sardinha, T. Mulle, H. Schmeisky, R. G. Joergensen // *Applied Soil Ecology*. – 2003. – Vol. 23. – P. 237–244.
11. Microbial biomass and activity in salt affected soils under arid conditions / B.-C. Yuan, Z.-Z. Li, H. Liu, M. Gao, Y.-Y. Zhang // *Applied Soil Ecology*. – 2007. – Vol. 35. – P. 319–328.
12. Spatial and temporal variability in microbial activities of coastal acid saline soils of Goa, India / G. R. Mahajan, B. L. Manjunath, A. M. Latore, R. D. Souza, S. Vishwakarma, N. P. Singh // *Solid Earth Discussions*. – 2015. – Vol. 7. – P. 3087–3115.
13. Микроартроподы, почвы, растительность в условиях пульсирующего увлажнения (на примере Карасукской равнины) / Л. Г. Гришина, С. К. Стебаева, Е. И. Лапшина и др. – Новосибирск : Наука. Сиб. отд-е, 1991. – 166 с.
14. Березина О. Г. Коллемболы (Hexapoda, Collembola) на катенах соленых озер южной лесостепи Западной Сибири // *Евразийский энтомологический журнал*. – 2006. – Т. 5, № 3. – С. 199–202.
15. Яхонтов В. В. Экология насекомых. – М. : Высшая школа, 1964. – 460 с.
16. *Methods in soil biology* / F. Schinner, R. Ohlinger, E. Kandeler, R. Margesin. – Berlin : Springer-Verlag, 1996. – 420 p.
17. Сукцессии и функционирование микробоценозов в молодых почвах техногенных экосистем Кузбасса / И. Л. Клевенская, С. С. Трофимов, С. А. Таранов, Е. Р. Кандрашин // *Микробоценозы почв при антропогенном воздействии*. – Новосибирск : Наука, Сиб. отд-е, 1985. – С. 3–21.
18. Чернов Ю. И. Биологическое разнообразие: сущность и проблемы // *Успехи современной биологии*. – 1991. – № 4. – С. 499–509.
19. *Методы почвенно-зоологических исследований* / под ред. М. С. Гилярова. – М. : Наука, 1975. – 206 с.
20. Плохинский Н. А. Биометрия. – М. : Изд-во Моск. ун-та, 1970. – 367 с.
21. Сорокин О. Д. Прикладная статистика на компьютере. – Краснообск : ГУП РПО СО РАСХН, 2004. – 162 с.
22. Андриевский В. С. Динамика сообществ панцирных клещей (орибатид) в естественных и нарушенных экосистемах северной тайги Западной Сибири // *Вестник Томского государственного университета. Серия: Биологические науки*. – Приложение № 7. – 2003. – С. 7–15.
23. Якутин М. В., Дубовик Д. С., Анопоченко Л. Ю. Оценка динамики водного зеркала малых озер Убсунурской котловины (Тыва) по материалам дистанционного зондирования // *Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка*. – 2016. – № 1. – С. 71–74.

© М. В. Якутин, В. С. Андриевский, 2017

О РАЗРАБОТКЕ КАРТОГРАФИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ РАЦИОНАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ БИОЛОГИЧЕСКИМИ РЕСУРСАМИ АДМИНИСТРАТИВНОГО СУБЪЕКТА

Ольга Николаевна Николаева

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плеханова, 10, кандидат технических наук, доцент кафедры экологии и природопользования, тел. (383)361-08-86, e-mail: onixx76@mail.ru

Статья посвящена вопросам создания картографического обеспечения для рационального управления биологическими ресурсами в границах административного субъекта РФ. Обосновано создание системы картографической модели биологических ресурсов (системы КМБР) как инструмента для интеграции, моделирования и предоставления разнородных данных о биологических ресурсах. Целевой аудиторией системы КМБР являются специалисты органов государственной власти в области управления природными ресурсами и охраны окружающей среды.

Ключевые слова: природные ресурсы, биологические ресурсы, рациональное природопользование, карты природных ресурсов, картографические модели природных ресурсов.

ON DEVELOPING OF CARTOGRAPHIC SUPPORT FOR SUSTAINABLE MANAGEMENT OF REGIONAL BIOLOGICAL RESOURCES

Olga N. Nikolaeva

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., Ph. D., Associate Professor of the Department of Ecology and Natural resources management, tel. (383)361-08-86, e-mail: onixx76@mail.ru

The article considers the developing of cartographic support for region environmental management. The system of biological resources' cartographic models (system of BRCM) is proposed as a tool for regional authorities to integrate, analyze and visualize heterogeneous natural resources data.

Key words: natural resources, biological resources, environmental management, natural resource maps, cartographic models of natural resources.

Биологические ресурсы интенсивно используются в природопользовании, являясь источником сырья для широкого перечня отраслей хозяйственной деятельности. При этом постоянному мониторингу и контролю состояния подвергаются лишь отдельные подкатегории лесных и охотничье-промысловых ресурсов, вовлеченных непосредственно в производственный процесс. Показатели состояния прочих биологических компонентов и экосистем при этом не принимаются во внимание, хотя они оказывают косвенное, но заметное влияние на характеристики эксплуатируемых видов флоры и фауны.

Современный уровень развития ГИС-технологий предоставляет обширные возможности в области анализа, моделирования и представления природно-ресурсных данных специалистам органов государственной власти, занятым

в управлении природными ресурсами административных субъектов РФ. Имеются все методологические и технологические предпосылки для обеспечения органов государственной власти актуальными данными о биологических ресурсах административного субъекта, интегрированными из достоверных официальных источников (государственные кадастры, статистика и мониторинг природных ресурсов) и удобным инструментарием, позволяющим анализировать собранные данные во взаимосвязи с ландшафтообразующими параметрами окружающей среды для решения прикладных задач.

Для решения этой задачи предлагается система картографических моделей биологических ресурсов (система КМБР), цель которой состоит в моделировании и визуализации данных о биологических ресурсах административного субъекта во взаимосвязи с ландшафтообразующими характеристиками, в том числе абиотического характера (рельеф, водообеспеченность и пр.). Ее проектирование ведется в соответствии со следующими принципами.

1. Однозначная дифференциация создаваемых КМБР в зависимости от объекта картографирования (флора или фауна). Сопоставимость моделей обеспечивается за счет использования единой общегеографической основы.

2. Исследование и картографирование подкатегорий биологических ресурсов, косвенно влияющих на особенности природопользования административного субъекта (условно вредных видов; редких, охраняемых и исчезающих видов; видов, использующихся в народном промысле).

3. Детальное отображение политических и административных границ и зон ограничений для выявления конфликтов между местобитаниями биологических видов и человека.

В ходе исследований была сформирована следующая структура системы КМБР административного субъекта (рисунок), учитывающая принятые современные классификации природных ресурсов [1] и нормативную документацию при учете природных ресурсов [2–5].

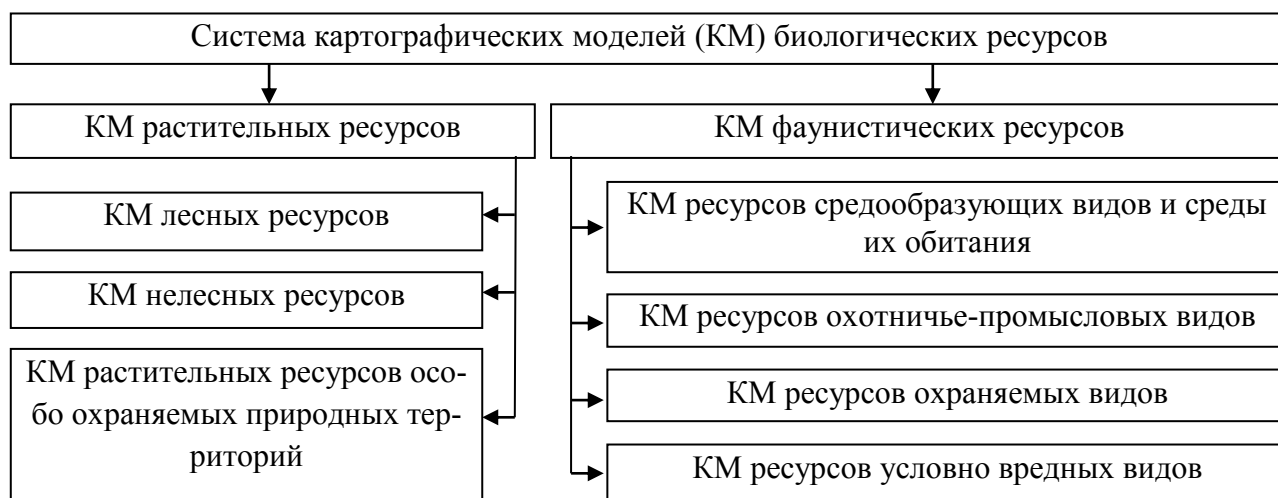


Рис. Структура системы КМБР

Информационное наполнение системы КМБР на территорию административного субъекта подразумевает интеграцию следующих источников разнородных данных о биологических ресурсах [6]:

- общегеографическая основа, актуализированная по данным Публичной кадастровой карты Росреестра;
- материалы аэрофотосъемки лесного покрова;
- картографические материалы лесоустройства на территорию административного субъекта и его районов;
- статистическая отчетность регионального Департамента природных ресурсов и охраны окружающей среды о состоянии и использовании лесных ресурсов;
- материалы учета охотничьих животных, проводимого ФГБУ «Центрохотконтроль»;
- статистическая отчетность охотничьих хозяйств по форме 2ТП (охота), собираемая Федеральной службой государственной статистики РФ;
- картографический материал Государственной и региональных Красных книг;
- статистическая отчетность лесопатологического мониторинга, проводимого региональным отделением Федерального агентства лесного хозяйства;
- статистическая отчетность эпизоотического мониторинга вредителей сельского хозяйства, проводимого ФГБУ «Россельхозцентр»;
- картографические произведения, отображающие ландшафтное районирование административного субъекта.

Картографические модели, входящие в систему КМБР, подразделяются на региональные, отображающие состояние биологических ресурсов в пределах административного субъекта в масштабах от 1 : 1 000 000 до 1 : 12 000 000, и топические, создаваемые на отдельные административные районы в масштабах от 1 : 200 000 до 1 : 1 000 000.

Поскольку одним из важных абиотических факторов, определяющих характеристики и условия эксплуатации биологических ресурсов, является рельеф, необходимо уделить особое внимание его отображению при создании КМБР [7]. Система КМБР административного субъекта может быть расценена как предназначенная для широкого круга пользователей. Поэтому при отображении рельефа на картографических произведениях, входящих в ее состав, необходимо соблюдать требования, предъявляемые российским законодательством к открытым картографическим данным. В соответствии с этими требованиями [8], рельеф на картографических произведениях для широкого круга пользователей должен отображаться способами, не позволяющими определить координаты точек местности точнее 30 м по высоте. Поэтому информацию об абсолютных высотах необходимо заимствовать с обзорно-топографической карты масштаба 1 : 1 000 000 с высотой сечения рельефа 50 м (для региональных КМБР), или с обзорно-топографической карты масштаба 1 : 200 000 (для региональных КМБР). В последнем случае необходимо отбирать информацию

о каждой второй горизонтали, что в результате даст высоту сечения рельефа, равную 40 м.

Процесс создания конкретной картографической модели при обращении пользователя с запросом к системе КМБР выполняется в соответствии с ранее разработанными принципами формализации создания картографических произведений для широкого круга пользователя [9]. Пользователем определяются вид картографируемого ресурса, отображаемые показатели картографирования и форма визуализации КМБР. Составление и оформление КМБР выполняется в автоматизированном режиме, с опорой на принципы автоматизированного проектирования и оформления картографических моделей природных ресурсов [6, 10].

Созданные КМБР предоставляются пользователям в следующих формах:

- 1) двухмерная статичная визуализация (растровая или векторная карта);
- 2) двухмерная динамичная визуализация (картографическая анимация);
- 3) трехмерная статичная картографическая модель, отображающая взаимосвязь рельефа с запрошенными тематическими показателями;
- 4) трехмерная динамичная картографическая модель биологических ресурсов, представленная в виде 3D-видеосцены.

В целом система КМБР административного субъекта обеспечивает решение следующих задач:

- сбор, систематизация и интеграция разнородных данных о биологических ресурсах, собираемых из официальных источников;
- предоставление пользователю возможности селекции, моделирования и визуализации данных, необходимых для решения конкретной задачи по управлению биологическими ресурсами административного субъекта.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Реймерс Н. Ф. Природопользование : словарь-справочник. – М. : Мысль, 1990. – 639 с.
2. Положение о лесном мониторинге. Письмо Федеральной службы лесного хозяйства РФ от 29 ноября 1995 г. № МГ-1-17-6/287 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.businesspravo.ru/Docum/DocumShow_DocumID_35821.html.
3. Положение о лесопатологическом мониторинге [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/901742572>.
4. О порядке ведения государственного учета, государственного кадастра и государственного мониторинга объектов животного мира : Постановление Правительства РФ от 10 ноября 1996 г. № 1342 // Собрание законодательства Российской Федерации. – 1996. – № 47. – Ст. 5335.
5. О порядке выполнения функции официального статистического учета территориальными управлениями Росрыболовства [Электронный ресурс] : приказ Федерального агентства по рыболовству от 9 апреля 2013 г. № 254. – Режим доступа: <http://docs.pravo.ru/document/view/35469838/40903452/>.
6. Николаева О. Н. Об интерактивном создании картографического обеспечения для управления природопользованием // Теоретические и прикладные аспекты современной науки : сб. науч. трудов по материалам IX Междунар. науч.-практ. конф., 31 марта 2015 г. / под общ. ред. М. Г. Петровой. – Белгород : ИП Петрова М. Г., 2015. – Ч. 2. – С. 10–15.

7. Николаева О. Н. О разработке картографического обеспечения для эффективного управления лесными ресурсами // Геодезия и картография. – 2015. – № 11. – С. 30–34.
8. Перечень объектов местности и элементов содержания топографических карт и планов, запрещенных для открытого опубликования. Утвержден приказом Роскартографии от 14.12.2000 г. № 181пр. (согласован с ГШ ВС РФ, № 320/2/2996 от 02.11.2000 г.).
9. Дышлюк С. С., Николаева О. Н., Ромашова Л. А. Научно-методические основы формализации процессов составления тематических карт для реализации инструментальной справочно-аналитической геоинформационной системы // Вестник СГГА. – 2011. – Вып. 1 (14). – С. 49–54.
10. Николаева О. Н. Об алгоритмизации проектирования оформления тематических картографических произведений (на примере картографических моделей природных ресурсов) // Вестник СГУГиТ. – 2015. – Вып. 4 (32). – С. 61–69.

© О. Н. Николаева, 2017

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ АГРОКЛИМАТОЛОГИИ: СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА

Татьяна Шалвовна Фузелла

Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, 634055, Россия, г. Томск, пр. Академический, 10/3, кандидат географических наук, научный сотрудник, тел. (903)915-18-39, e-mail: fts10@yandex.ru

Александра Владимировна Пелипенко

Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, 634055, Россия, г. Томск, пр. Академический, 10/3, аспирант, тел. (952)800-85-46, e-mail: sasha92kra@mail.ru

Методы агроклиматологии в XXI веке позволяют охарактеризовать изменения климата и определить будущие климатические тенденции. На современном этапе продолжают совершенствоваться инструменты анализа закономерностей ежегодных колебаний климата.

Ключевые слова: агроклиматология, динамические модели, урожайность.

LATER METHODS OF AGRICULTURAL CLIMATOLOGY: STATE OF THE ART REVIEW

Tatiana Sh. Fuzella

Institute of Monitoring of Climatic and Ecological Systems SB RAS, 634055, Russia, Tomsk, 10/3 Academichesky Prospect, Ph. D., senior researcher, tel. (903)915-18-39, e-mail: fts10@yandex.ru

Aleksandra V. Pelipenko

Institute of Monitoring of Climatic and Ecological Systems SB RAS, 634055, Russia, Tomsk, 10/3 Academichesky Prospect, postgraduate student, tel. (952)800-85-46, e-mail: sasha92kra@mail.ru

The methods of agroclimatology in the 21st century allow to characterize climate changes and to define future climatic tendencies. At the present stage tools of the analysis of regularities of annual fluctuations of climate continue to be improved.

Key words: agroclimatology, dynamic models, crop yield.

Современные методы исследования в агроклиматологии охватывают комплексное изучение агроклиматических условий конкретной территории наряду с сопоставлением требований культивируемых растений к климату. Оценка климата становится одной из ключевых проблем мировой экономики и политики, вследствие чего человечество встает перед необходимостью приспособлять свою хозяйственную деятельность. Для этого необходимо использовать уже имеющиеся методы и разрабатывать новые методики с использованием современных технологий.

Особое внимание заслуживают зарубежные авторы, которые используют различные адаптивные математические модели, алгоритмы и программы по-

этапного прогнозирования агрометеорологических факторов, составляют агрометеорологические прогнозы и сценарии.

Так, группа китайских ученых совместно с С. Мiao [1] определила взаимосвязь между почасовыми экстремальными осадками и перепадами температур. Была выявлена широтная зональность суточной частоты слабых, умеренных, сильных и экстремальных почасовых осадков на примере 9 речных бассейнов Китая в разные периоды: с 1991 по 2001 и с 2002 по 2012 [1].

Работа исследователей из Нидерландов во главе с B.Schaap [2] заключалась в моделировании климатических сценариев: G+ (увеличение температуры на 1⁰), W+ (увеличение температуры на 2⁰). Целью исследования явилось установление приоритетов в проектировании стратегии адаптации к будущему изменению климата. Ученые использовали агроклиматический календарь (ACC), имитационную модель роста культур (WOFOST), анализ рентабельности и затрат, а также региональную базу данных (KWIN). С использованием данного метода, были выявлены наиболее важные климатические риски, выделены негативные последствия, связанные с ними, и подобраны меры адаптации для управления агроэкосистемой. В качестве лучшей меры адаптации к аномальной жаре было выбрано капельное орошение.

Совместное моделирование аномальной жары ученых из Норвегии и Германии под руководством J. Stagge [3] фокусируется на изучении воздействия засухи на разные сферы, такие как: энергетика, промышленность, сельское хозяйство, коммунальное водоснабжение. В основу модели был заложен Индекс осадков и Индекс испарения осадков за разные временные периоды (от 1 месяца до 2 лет). Для четырех европейских стран (Германия, Великобритания, Норвегия и Словения) был проведен анализ связи между данными индексами и возникновением неблагоприятного воздействия как на качество окружающей среды, так и на разные сферы хозяйствования. По мнению авторов [3], негативные последствия от засухи происходят чаще всего в результате сочетания краткосрочного (от 2 до 6 месяцев) дефицита осадков и долгосрочной аномалии суммарного испарения (12–24 месяцев), связанной с повышением температуры.

В свою очередь британский ученый [4], на основе данных за три тридцатилетних периода, рассмотрел различные сорта риса с целью определения климатически чувствительных культур к температуре и количеству осадков. В качестве меры адаптации к изменению климата автор предлагает выбирать сорта риса, приносящие устойчивые высокие урожаи.

Группа ученых из Норвегии и Великобритании [5] пришла к выводу, что с использованием вовремя полученной информации, негативное воздействие неблагоприятных климатических явлений может быть сведено к минимуму с помощью системы раннего предупреждения. Авторы проанализировали суровость климата и другие гидрометеорологические события, а также возможные прямые и косвенные последствия экстремальных событий, чтобы выявить возникновение возможного риска, связанного с производством продуктов питания.

Современный уровень развития информационных технологий создает российским ученым предпосылки для создания новых подходов в агроклиматоло-

гии, основанных на использовании комплексных данных и имитационно-моделирующих комплексов.

Примером численного мониторинга является агрометеорологическая информационно-прогностическая система (ИПС ВНИИСХМ) [6]. Система специализируется на составлении прогнозов урожайности и оценки условий произрастания сельскохозяйственных культур в автоматизированном режиме. Оперативное использование ее в работе даст возможность выйти на качественно новый уровень получения информации и существенно снизить затраты времени на выполнение работ по составлению агрометеорологических прогнозов и подготовке материалов для оперативного обслуживания потребителей [6]. С помощью полученной информации можно оперативно определять роль погоды в отклонениях урожайности от планируемой величины.

Для получения пространственно-временной оценки регионального изменения климата и урожайности сельскохозяйственных культур (озимой ржи, озимого ячменя, озимой пшеницы, кукурузы на силос, озимого рапса) российскими учеными совместно с германскими исследователями создана гибридная модель YIELDSTAT [7]. В модель заложено семь различных статических и динамических элементов. Наряду с метеоданными и урожайностью, учитывается тип почвы, крутизна склона, увлажненность, и индекс качества почвы.

Российские ученые работают над моделированием продукционного процесса растений с целью оптимизации агрокультуры. Созданы следующие программные комплексы: компьютерная система эколого-совместимая, энергоресурсосберегающая оптимизация производства продукции растениеводства (КСЭЭОПР) [8]; система имитационного моделирования продукционного процесса сельскохозяйственных растений AGROTOOL [9]. Система КСЭЭОПР разработана с учетом вариабельности разнообразных биометрических характеристик растений, времени наступления фенологических фаз, качества урожая. Система AGROTOOL, разработанная в АФИ в лаборатории математического моделирования агроэкосистем под руководством профессора Р. А. Полуэктова [10], предназначена для проведения модельных расчетов динамики продукционного процесса сельскохозяйственных культур с учетом процессов и явлений в окружающей природной среде, влияющих на рост растений и формирование урожая. С помощью модели AGROSIM, которая относится к группе моделей почва-растение-атмосфера-процессное управление, изучается воздействие изменения климата на накопление биомассы и урожайности в пределах севооборотов на основе физиологии растений. Модель AGROSIM-WW, созданная на основе компьютерного моделирования, была апробирована для пшеницы на примере Советска и Краснодара [7].

Для того чтобы охарактеризовать влияние агроклиматических изменений на урожайность посевов, Лаборатория самоорганизации геосистем ИМКЭС СО РАН работает над ГИС-проектом «Опасные природно-климатические явления, воздействующие на сферу аграрного землепользования в южной тайге Западной Сибири» с использованием комплексных агроклиматических данных [11]. База данных включает информацию по 29 метеостанциям, попадающим в зону

южной тайги. Данные, положенные в основу исследования, представлены метеоданными Росгидромета, данными по урожайности Росстата и региональных УГМС, а также сведениями о неблагоприятных и опасных явлениях ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД». Пространственно-временной анализ агроклиматических параметров и урожайности посевных культур, позволяет заключить, что территория южной тайги Западной Сибири имеет высокую степень проявления опасностей, затрудняющих аграрное природопользование. Результаты могут быть использованы для составления прогноза и предупреждения рисков производства сельскохозяйственной продукции.

Таким образом, обзор научных трудов по агроклиматологии как зарубежных, так и российских ученых, позволяет сделать вывод о том, что на современном этапе продолжают совершенствоваться как способы получения информации, так и инструменты анализа. Разработка новых подходов к методике прогнозирования климатических изменений осуществляется с привлечением современных информационных технологий. На основе оперативных данных различных систем наблюдения, объективных методов оценки и интерпретации выходных данных, составляется прогноз метеорологических величин и явлений погоды, что обеспечивает результаты в виде прогноза климата с учетом его колебаний и изменений. Важность современных агроклиматических исследований российских ученых заключается в том, что они направлены на количественную оценку урожаев с помощью математического моделирования агроэкосистем. Объединение специалистов разных профилей, решающих одну сложную задачу, расширяет возможности разработки новых агроклиматических моделей.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Miao C. et al. Linkage Between Hourly Precipitation Events and Atmospheric Temperature Changes over China during the Warm Season. – 2016. – Sci. Rep. 6: 22543.
2. Schaap B. F. et al. Participatory design of farm level adaptation to climate risks in an arable region in The Netherlands // European Journal of Agronomy – 2013. – Vol. 48. – P. 30–42.
3. Stagge J. H. et al. Modeling drought impact occurrence based on meteorological drought indices in Europe // Journal of Hydrology. – 2015. – № 530. – P. 37–50.
4. Moniruzzaman S. Crop choice as climate change adaptation: Evidence from Bangladesh // Ecological Economics. – 2015. – № 118. – P. 90–98.
5. Hans J. P. et al. Proactive systems for early warning of potential impacts of natural disasters on food safety: Climate-change-induced extreme events as case in point // Food Control. – 2013. – № 34. – P. 444–456.
6. Численный мониторинг как метод исследования коэволюции климата, почв и агро-сферы на протяжении XX и XXI столетий / О. Д. Сиротенко, А. Д. Клещенко, В. Н. Павлова, Е. В. Абашина // Труды регионального конкурса научных проектов в области естественных наук. Вып. 16. – Калуга : АНО КНЦ, 2011. – С. 211–215.
7. Mirschel W. A., Schultz K. O., Poluektov R. A. Crop growth modelling on different spatial scales – a wide spectrum of approaches // Archives of Agronomy and Soil Science. – 2004. – Vol. 50 (3). – P. 329–343.
8. Свентицкий И. И. Энергосбережения в АПК и энергетическая экстремальность самоорганизации. – М. : ГНУ ВИЭСХ, 2007. – 366 с.

9. Модели продукционного процесса сельскохозяйственных культур / Р. А. Полуэктов, Э. И. Смоляр, В. В. Терлеев, А. Г. Топаж. – СПб. : Изд-во С.-Петерб. ун-та, 2006. – 396 с.
10. Использование динамической модели агроэкосистемы для оценки влияния климатических изменений на продуктивность посевов (теория и реализация) / Р. А. Полуэктов, А. Г. Топаж, В. П. Якушев, С. А. Медведев // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. – 2012. – № 2. – С. 7–12.
11. Melnik M. A., Volkova E. S., Fusella T. Sh. About classification of dangerous and unfavorable climatic phenomena for agrarian nature management in the southern taiga of western Siberia // *Enviromis*. – 1016. – Томск, 2016. – P. 364.

© Т. Ш. Фузелла, А. В. Пелипенко, 2017

БИОХЕМОГЕННЫЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ СЕРЫ В СОВРЕМЕННЫХ И ДРЕВНИХ ОСАДОЧНЫХ БАССЕЙНАХ

Андрей Андреевич Злобин

Новосибирский государственный университет, 630090, Россия, г. Новосибирск, ул. Пирогова, 2, студент, тел. (913)770-03-78, e-mail: a.zlobin6@g.nsu.ru

Систематизированы и обобщены материалы, опубликованные различными авторами, о преобразованиях серы и ее соединений в морских осадочных бассейнах. Установлено, что в нормально морских условиях кристаллизация сульфатов может протекать интенсивно в седиментогенезе и раннем диагенезе в результате окисления сульфидных минералов, привнесенных с суши (на участках с их высокими концентрациями). Рассмотрены результаты экспериментального моделирования хемотропного низкотемпературного образования сульфидов железа в осадочных породах, проведенного российскими и зарубежными исследователями. Предполагается, что два типа реакций пиритизации в древних отложениях могли протекать как с участием микроорганизмов, так и самостоятельно. Определяющим фактором для жизнедеятельности бактерий являлось появление в осадке свободного сероводорода или элементарной серы, процессы, вероятно, начинались на глубине 10 см от поверхности морского дна. Хемотропный способ образования пирита зависел от температуры среды минерализации, которая должна была составлять более 65°C, что соответствует условиям позднего диагенеза – раннего катагенеза.

Ключевые слова: сера и ее соединения, морские осадки, сульфато- и сульфидообразование.

SULFUR BIOCHEMOGENIC TRANSFORMATIONS IN MODERN AND ANCIENT SEDIMENTARY BASINS

Andrei A. Zlobin

Novosibirsk State University, 630090, Russia, Novosibirsk, 2 Pirogova St., student, tel. (913)770-03-78, e-mail: a.zlobin6@g.nsu.ru

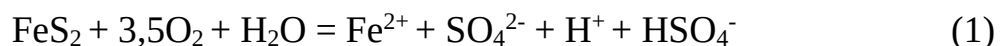
Materials from various authors about sulfur and its compounds transformation in marine sedimentary basins were analyzed and systematized. It is found that sulfate crystallization can proceed rapidly in normal sea conditions in the sedimentogenesis and in the early diagenesis, which is a result from the oxidation of sulphide minerals, taken from adscititious land (in areas with high concentrations of them). Experimental modelling results of chemogenic low-temperature iron sulphide formation in sediments, which were conducted by Russian and foreign researchers, are considered. It is assumed, two kinds of pyritization reactions in ancient deposits can occur either involving microorganisms or independently. The determining factor for the life of the bacteria in the sediment is the appearance of free hydrogen sulfide or elemental sulfur, the processes probably started at a depth of 10 cm from the surface of the seabed. Chemogenic method of forming pyrite depends on the temperature of the environment, which should be more than 65°C, which corresponds to the conditions of the late diagenesis – early katagenesis.

Key words: sulfur and its compounds, marine sedimentation, sulfate- and sulphide formation.

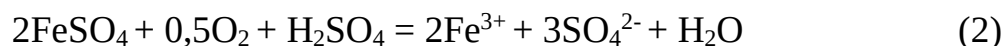
Благодаря литолого-геохимическим исследованиям нефтематеринской баженовской свиты и ее стратиграфических аналогов (отложения верхней юры Западной Сибири) сотрудниками ИНГГ СО РАН в последние годы был получен боль-

шой объем аналитических данных. При интерпретации результатов спектральных методов возникли вопросы, касающиеся процессов образования в осадках сульфатных и сульфидных аутигенных минералов. В частности, на снимках со сканирующего электронного микроскопа были зафиксированы агрегаты хорошо окристаллизованного пирита, инкрустированные тонкопластинчатым баритом, хотя такой парагенезис считается невозможным [1]. Кроме того, в породах наряду с фрамбоидами пирита, характерными для биогенного происхождения, отмечались аморфные выделения сливного облика по составу соответствующие сульфиду железа. Иногда в составе керогена, выделенного из пиритистых аргиллитов, отсутствовала бактериальная составляющая. В связи с этим, перед автором была поставлена задача систематизации и обобщения опубликованных материалов и теоретической (расчетной) проверки процессов последовательного преобразования серы и ее соединений в морских осадочных бассейнах.

Сера в океанической воде, составляя около 0,09 % (0,903 г серы на 1 кг воды), присутствует в виде свободных ионов SO_4^{2-} и в ионных парах $(\text{Na}, \text{K})\text{SO}_4^-$, $(\text{Mg}, \text{Ca})\text{SO}_4$, которые, в целом, по содержанию (2,7 г/кг) занимают второе место после хлорид-ионов. В составе обломочного материала, поступающего с суши, могут присутствовать зерна сульфатов, сульфидов и самородной серы. Перемещаясь по дну частицы постепенно разрушаются процессами механического истирания, химического окисления и растворения. В аэрируемых слоях осадка окисление сульфидов (пирита, халькопирита, халькозина, пирротина и др.) происходит химическим путем в ходе коррозионных процессов. Например, реакция с пиритом:



Выделяющаяся серная кислота способствует дальнейшему разложению минерала, а сульфат двухвалентного железа окисляется до соединения с трехвалентным железом (III):



Окисленный сульфат продолжает процесс разложения родительского минерала, в результате которого образуется сера:



Исследования показали, что, несмотря на «естественное» протекание химических реакций в стерильных лабораторных условиях, практически во всех изученных природных объектах в процесс окисления сульфидов были вовлечены тиобактерии [2]. Их роль в опубликованных работах оценивается по-разному. Установлено, что тиобактерии способны окислять сероводород, сульфиды, сульфиты, тиосульфаты, тетратионаты, роданиды, дитиониты, а также молекулярную серу, с образованием сульфатов в случае полного окисления:



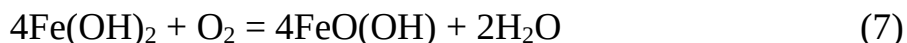
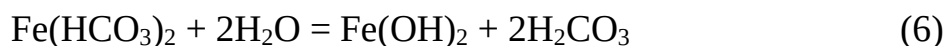
Коррозия сульфидных минералов из терригенного материала происходит непрерывно до их полного разложения при условии наличия кислорода. Таким образом, в аэрируемых сильно обводненных слоях осадка одновременно при-

сутствуют продукты всех четырех реакций: Fe^{2+} , Fe^{3+} , SO_4^{2-} , H^+ , HSO_4^- , S. При этом серная кислота выделяется на первом и последнем этапе окисления сульфидов. От ее количества зависит степень сохранности органических остатков, в том числе карбонатного раковинного детрита, реагирующего с H_2SO_4 :



В результате образуется сернокальцевая соль (гипс, ангидрит), которая в количестве от 1,69 до 2,67 г/л растворяется в морской воде при температурах выше 0 °С. Если концентрация превышает указанные значения, в осадке происходит кристаллизация гипса (температура 0–18 °С) или ангидрита (более 18 °С). Рентгеноструктурным и спектральными методами исследований гипс в отложениях верхней юры зафиксирован в разных частях Западно-Среднесибирского бассейна. Можно предполагать, что вышеописанный процесс наиболее интенсивно протекал в прибрежно-морских обстановках, на участках, где в составе тяжелой фракции (удельный вес больше 2,9 г/см³) преобладали сульфидные минералы, привнесенные с суши. Концентрирование этого материала происходило в геоморфологических ловушках морского дна (по типу естественного шлиха).

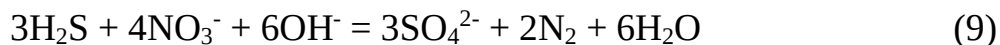
В современных акваториях повышенные значения в распределении органического углерода в осадках также приурочены к приконтинентальной зоне [3]. По данным Е. А. Романкевича дна достигает только 3–8 % ОВ, продуцируемого в океане и приносимого с суши [4]. Степень его разложения в седиментогенезе (на поверхности дна и в самом верхнем слое осадков) зависит от скорости накопления отложений и соответственно быстроты погружения в зоны диагенеза. Средний состав ОВ, рассчитанный исследователями по результатам анализа иловых вод, принимается как $(\text{CH}_2\text{O})_{106}(\text{NH}_3)_9(\text{H}_3\text{PO}_4)_{0,2-0,7}$, его сохранность зависит от количества бентосной фауны и аэробных сапрофитных микроорганизмов, использующих органические соединения как источник углерода [5]. Конечными продуктами аэробного окисления ОВ являются диоксид углерода, фосфат- и нитрат-ионы. В результате взаимодействия CO_2 с морской водой его большая часть преобразуется в HCO_3^- . Наличие свободных ионов железа способствует формированию металлогуминовых комплексов и неустойчивого гидрокарбоната $\text{Fe}(\text{HCO}_3)_2$, далее гидролизующегося до $\text{Fe}(\text{OH})_2$. Гуминовые вещества значительно замедляют осаждение железа в минеральной форме [6]:



Активное расходование кислорода в ходе химического и бактериального преобразования верхних слоев осадков (толщиной 5–60 см) приводит к его полному исчезновению и смене окислительной обстановки на восстановительную, если содержание в них органического углерода (Сорг.) составляет не менее 0,5 %. В поровых водах появляется свободный сероводород, как результат разложения формальдегидной части ОВ (CH_2O):

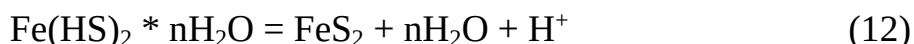
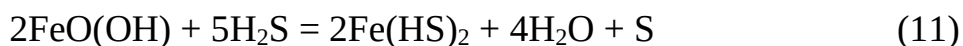


По многочисленным данным H_2S фиксируется уже на глубине 10 см от поверхности морского дна. В этих условиях наиболее успешно развиваются факультативные анаэробы, например, *Thiobacillus denitrificans*, которые в аэробных обстановках осуществляют окислительные процессы с участием молекулярного кислорода, а в анаэробных переключаются на денитрификацию и восстанавливают нитраты до молекулярного азота. Одним из продуктов реакций с H_2S или элементарной серой (сохранившейся от окисления в придонном слое, реакции 3 и 4) является сульфат-ион:



Вероятно, на этом этапе диагенеза, высокая концентрация в поровых водах SO_4^{2-} способствует их связыванию с катионами металлов и образованию сульфатов Ca, Na, Mg, K, Ba, Sr, Fe и др. Часть из которых весьма неустойчива, например, мирабилит – $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$, розенит и др. – $\text{FeSO}_4 \cdot n\text{H}_2\text{O}$. Несмотря на указанное обстоятельство, на дне современных водоемов с повышенной соленостью мирабилит формируется в виде кристаллов при температуре 5,5–6 °С. В отложениях верхней юры Западной и Средней Сибири кроме гипса и ангидрита также зафиксированы барит, баритоцелестин, мирабилит.

По мере того, как в поровых водах увеличивается концентрация сероводорода начинается следующая стадия аутигенного минералообразования. Традиционно эту зону связывают с образованием пирита в результате жизнедеятельности сульфатредуцирующих бактерий. Механизм процесса до сих пор четко не определен. Согласно реакциям, приведенным выше, сера к началу данного этапа присутствует в системе в виде сульфат-ионов (где ее степень окисления равна +6), элементарной S и в составе H_2S (со степенью окисления –2). Для того, чтобы связаться с положительно заряженными катионами металлов сере из сульфат-ионов необходимо поменять степень окисления с +6 до –2, что характеризуется очень высоким энергетическим барьером. С. В. Козеренко с коллегами провели экспериментальное моделирование хемогенного образования сульфидов железа в осадочных и гидротермально-осадочных низкотемпературных (менее 200 °С) процессах [7]. Они установили, что вначале, как правило, образуются гидроксид-сульфиды (фазы-предшественники), затем трансформирующиеся в обычные сульфиды. По мнению Э. А. Королёва и др. фазой-предшественником в верхнеюрских отложениях является гидротроилит ($\text{Fe}(\text{HS})_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$) [8]. Необходимый для реакции гидроксид присутствует в системе согласно реакции (7).

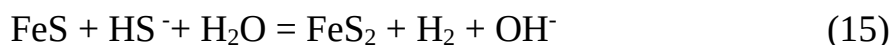


Аналогичную схему, согласно экспериментальным данным, используют микроорганизмы. Вид *Thiocapsa thiozimgenes* восстанавливает $\text{FeO}(\text{OH})$ до сульфида железа, формируя фрамбоиды пирита при значительно более низких температурах. Следует учитывать, что концентрации H_2S более 0,002–0,003 моль/л угнетают большинство сульфатредуцирующих сообществ.

Зарубежные исследователи рассмотрели вариант образования пирита, через аморфный моносουλфид [9]. Вначале, некоторые из них считали возможным получение FeS_2 в лабораторных условиях в результате реакции:



Однако в растворах при температурах ниже 100 °С всегда оказывался аморфный FeS , поэтому дальнейшие эксперименты проводились с целью совершенствования структуры этого моносулфида до пирита:



Реакция прошла успешно при температуре 65 °С и обычном атмосферном давлении. Таким образом, можно предполагать преимущественно хемогенное образование сульфидов в отложениях, где в составе керогена бактериальная составляющая не зафиксирована. Процесс, вероятно, происходил в условиях позднего диагенеза – раннего катагенеза, в верхней зоне газообразования на уровне более интенсивного выхода H_2S . В подтверждение этому присутствие в верхнеюрских отложениях аморфной фазы-предшественника FeS . В то же время, в приведенных схемах реакций пиритизации сульфат-ионы не расходуются, поэтому представляется возможным образование ангидрита, барита и других сульфатов одновременно с сульфидами.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Теодорович Г. И. О минералого-геохимических критериях битумо- и нефтеобразования // Проблемы геологии нефти. Труды ИГиРГИ. – М. : Недра, 1971. – Вып. 2. – С. 97–113.
2. Каравайко Г. И., Кузнецов С. И., Голомзик А. И. Роль микроорганизмов в выщелачивании металлов из руд. – М. : Наука, 1972. – 248 с.
3. Волков И. И. Геохимия серы в осадках океана : монография. – М. : Наука, 1984. – 272 с.
4. Романкевич Е. А. Геохимия органического вещества в океане. – М. : Наука, 1977. – 256 с.
5. Oxidation of organic matter in recent marine sediments / M. Hartmann, P. Muller., E. Suess, C. H. Van der Weijden // Meteor. Forsch.: Ergebnisse. – 1973. – № 12. – P. 77–86.
6. Возная Н. Ф. Химия воды и микробиология : учеб. пособие для вузов. – М. : Высш. школа, 1979. – 340 с.
7. Экспериментальная модель образования сульфидов железа в осадочных и гидротермально-осадочных процессах / С. В. Козеренко, Н. Н. Колпакова, Н. И. Органова, В. С. Русаков, В. В. Фадеев [Электронный ресурс]: отчет о НИР/НИОКР, грант РФФИ 97-05-64573-а, 1999. Режим доступа: <http://elibrary.ru/item.asp?id=750242>.
8. Влияние структурно-генетических особенностей различных видов органических остатков на характер образования аутигенных пиритовых агрегатов в верхнеюрских отложениях / Э. А. Королёв, О. П. Шиловский, Э. Р. Бариева, Е. В. Нуждин, В. М. Николаева, Р. И. Хамадиев // Ученые записки Казанского университета. – 2010. – Т. 152, кн. 3. – С. 192–207.
9. Schoonen M. A. A., Barnes H. L. Reactions forming pyrite and marcasite from solution: I. Nucleation of FeS 2 below 100 °C // Geochimica et Cosmochimica Acta. – 1991. – Vol. 55. – №6. – P. 1495–1504.

© А. А. Злобин, 2017

СОДЕРЖАНИЕ

1. <i>И. Г. Казанцев.</i> Комплексирование многоспектральной информации в задачах уточнения границ на изображениях в томографии.....	3
2. <i>А. А. Бучнев, В. П. Пяткин.</i> Классификация с обучением гиперспектральных данных дистанционного зондирования Земли	8
3. <i>Т. В. Ярославцева, В. Ф. Рапута.</i> Восстановление полей длительного загрязнения атмосферного воздуха промышленного города по спутниковым наблюдениям состояния снежного покрова.....	13
4. <i>В. С. Сидорова.</i> Сравнение карт по каппе Козна	18
5. <i>В. П. Пяткин, Г. И. Салов.</i> К задаче обнаружения протяженных объектов на зашумленных изображениях при отсутствии вероятностных распределений.....	23
6. <i>С. М. Кононенко, Т. В. Старостина.</i> Совместное использование спутниковой и наземной метеорологической информации для мониторинга посевов сельскохозяйственных культур	28
7. <i>П. А. Ким.</i> О слиянии-стыковке краев проективных поверхностей.....	34
8. <i>А. А. Донцов, И. А. Пестунов, С. А. Рылов, И. А. Суторихин.</i> Автоматизированный мониторинг площадей акваторий озер и водохранилищ по спутниковым данным	38
9. <i>П. В. Воронина, Д. Л. Чубаров, В. А. Кихтенко.</i> Статистические отклонения в пространственно-временных рядах спутниковых данных температуры поверхности Земли на территории юга Сибири	46
10. <i>С. М. Борзов.</i> Исследование методов классификации трудно-различимых типов растительности по гиперспектральным данным.....	51
11. <i>Г. П. Мартынов, Л. Ю. Анощенко, Н. С. Богданова.</i> Статистический анализ некоторых зависимостей климатических данных Новосибирской области за 36 лет.....	57
12. <i>И. М. Ламков, Л. К. Трубина.</i> Экологическая составляющая в кадастровых работах в отношении земельных участков, занятых водными объектами искусственного происхождения.....	63
13. <i>Ю. С. Ларионов, О. А. Ларионова, Н. А. Ярославцев.</i> Экологическое значение биоземледелия и закона плодородия почв.....	68
14. <i>В. П. Зайцев, О. В. Рослякова.</i> Предотвращение загрязнения окружающей среды транспортом	78
15. <i>Н. П. Косых, Е. А. Сайб.</i> Динамика надземной фитомассы кустарничков рьяма лесостепной зоны Западной Сибири	83
16. <i>Ю. С. Ларионов, Л. К. Трубина, Б. В. Селезнев, Е. И. Баранова, О. А. Ларионова.</i> Проблемы мониторинга плодородия земель сельскохозяйственного назначения	87

17. <i>Е. И. Зыкова</i> . Обзор законодательства в области охраны атмосферного воздуха населенных пунктов.....	101
18. <i>А. А. Калиева, А. В. Ермиенко</i> . Накопление ртути рыбами – надежный индикатор при исследовании загрязнения водоемов ртутью	105
19. <i>О. Н. Злобина</i> . Масштабы волновой эрозии морского дна на регрессивном этапе развития эпиконтинентального бассейна.....	110
20. <i>В. В. Головкин, О. В. Чанкина</i> . Элементный состав пыльцы растений, присутствующей в воздухе Новосибирска	115
21. <i>В. Е. Ушницкий, С. Ю. Артамонова, М. С. Мельгунов</i> . Современные уровни глобальных радиоактивных выпадений в районе Томторского месторождения (северо-запад Якутии)	120
22. <i>Л. Ю. Анопоченко, М. В. Якутин</i> . Запасы растительного вещества в подземном ярусе в мониторинге сукцессионных экосистем Барабы.....	125
23. <i>Н. И. Добровольская, А. Н. Радчиков</i> . Использование картографического моделирования в системе агроэкологической оценки земель сельскохозяйственного назначения	131
24. <i>Е. К. Вишнякова, Н. Г. Коронатова, Е. В. Михайлова</i> . Трансформации соединений углерода и макроэлементов в торфяных залежах болот различной трофности.....	137
25. <i>С. Ю. Артамонова, Н. А. Попов</i> . Элементный состав твердых осадков снежного покрова в районе Новосибирского оловокомбината (2005–2016 гг.)	141
26. <i>В. В. Головкин, В. Л. Истомин, А. С. Козлов</i> . Скорости седиментации пылевых частиц анемофильных растений, интродуцированных в Западной Сибири	146
27. <i>В. П. Днепровская, И. Г. Яценко, Т. О. Перемитина</i> . Комплексное исследование антропогенного воздействия на природные объекты Западно-Сибирского региона с применением данных наземного и дистанционного исследования территорий	151
28. <i>С. А. Ефимов</i> . Способ формирования изображения сейсмического волнового поля как метод исследования строения Земли.....	157
29. <i>И. И. Бочкарева, А. В. Борисова</i> . Организация производственного экологического контроля на промышленном предприятии.....	163
30. <i>Б. М. Клёнов, М. В. Якутин</i> . Емкость катионного обмена и органическая составляющая выщелоченных черноземов Приобья.....	166
31. <i>А. В. Пелипенко, Т. Ш. Фузелла</i> . Влияние агроклиматических факторов на урожайность картофеля (на примере Томской области).....	171
32. <i>Е. В. Михайлова, И. Д. Махатков, Н. П. Миронычева-Токарева, Н. Г. Коронатова</i> . Антропогенная нагрузка на тундровые экосистемы при прокладке линейных сооружений.....	175
33. <i>П. И. Муллаярова</i> . О необходимости совершенствования методики инвентаризации городских зеленых насаждений	180

34. <i>Т. О. Перемитина, И. Г. Яценко, В. П. Днепровская.</i> Диагностика состояния и восстановление природных экосистем на объектах нефтегазового комплекса Западной Сибири и прилегающих территориях	186
35. <i>М. В. Якутин, Д. С. Дубовик, С. Е. Худяков, А. Е. Шуклина.</i> Микробиологические характеристики в экологическом мониторинге пойменных почв реки Таз (ЯНАО).....	191
36. <i>Н. П. Миронычева-Токарева, С. В. Шибарева, Н. Г. Коронтова, Е. В. Михайлова.</i> Влияние пастбищной нагрузки на динамику макроэлементов в системе «почва – растение».....	197
37. <i>С. А. Попова, В. Ф. Рапута, Т. В. Ярославцева, В. И. Макаров.</i> Оценка источников поступления органического и элементного углерода в составе аэрозолей в центральную часть г. Новосибирска в зимний и весенний периоды	202
38. <i>М. В. Якутин, В. С. Андриевский.</i> Почвенно-биологические методы в экологическом мониторинге засоленных почв в зоне сухих степей Тывы	208
39. <i>О. Н. Николаева.</i> О разработке картографического обеспечения рационального управления биологическими ресурсами административного субъекта	213
40. <i>Т. Ш. Фузелла, А. В. Пелипенко.</i> Современные методы исследования агроклиматологии: состояние вопроса.....	218
41. <i>А. А. Злобин.</i> Биохемотренные преобразования серы в современных и древних осадочных бассейнах	223

CONTENTS

1. <i>I. G. Kazantsev</i> . Combination of multispectral information in the problem of digital image edges enhancement in tomography	3
2. <i>A. A. Buchnev, V. P. Pyatkin</i> . Supervised classification of the hyperspectral data of the Earth remote sensing.....	8
3. <i>T. V. Yaroslavtseva, V. F. Raputa</i> . Reconstruction of fields a long period air pollution of industrial city using satellite observations of snow cover	13
4. <i>V. S. Sidorova</i> . Comparison of maps on Cohen's kappa	18
5. <i>V. P. Pyatkin, G. I. Salov</i> . To the problem of extended objects detection on noisy images without availability of probabilistic distributions	23
6. <i>S. M. Kononenko, T. V. Starostina</i> . Joint use of satellite and ground-based meteorological information for monitoring of agricultural crops.....	28
7. <i>P. A. Kim</i> . About the projective surfaces edges merger-docking	34
8. <i>A. A. Dontsov, I. A. Pestunov, S. A. Rylov, I. A. Sutorikhin</i> . Automated monitoring of surface areas of lakes and water reservoirs by satellite data	38
9. <i>P. V. Voronina, D. L. Chubarov, V. A. Kikhtenko</i> . Statistical deviations in spatial-time series of satellite Land surface temperature data under the South Siberia.....	46
10. <i>S. M. Borzov</i> . Analysis of methods for classifying similar looking vegetation using hyperspectral imagery	51
11. <i>G. P. Martynov, L. Yu. Anopchenko, N. S. Bogdanova</i> . Statistical analysis of some climatic dependencies of Novosibirsk region data for 36 years.....	57
12. <i>I. M. Lamkov, L. K. Trubina</i> . Ecological component of cadastral works as regards land plots with artificial reservoirs.....	63
13. <i>Yu. S. Larionov, O. A. Larionova, N. A. Yaroslavtsev</i> . Environmental importance of biodegraphy and the law of fertility of soils	68
14. <i>V. P. Zaicev, O. V. Roslyakova</i> . Preventing environmental pollution from transportation.....	78
15. <i>N. P. Kosykh, E. A. Sajb</i> . Dynamics of phytomass ryama in forest-steppe zone of West Siberia	83
16. <i>Yu. S. Larionov, L. K. Trubina, B. V. Seleznev, Y. I. Baranova, O. A. Larionova</i> . Problems of monitoring the fertility of agricultural land plants	87
17. <i>E. I. Zykova</i> . Review of legislation in the field of atmospheric air protection.....	101
18. <i>A. A. Kaliyeva, A. V. Ermienko</i> . Accumulation of mercury fishing – reliable indicator in research of pollution of water tanks mercury	105

19. O. N. Zlobina. Scope of the wave erosion of the seabed in the regressive stage of an epicontinental basins.....	110
20. V. V. Golovko, O. V. Chankina. Composition of plant pollen elements in Novosibirsk atmosphere	115
21. V. E. Ushnitski, S. Yu. Artamonova, M. S. Melgunov. Modern level of global radioactive fallout in the area of Tomtor deposit (north-west of Yakutia)	120
22. L. Yu. Anopchenko, M. V. Yakutin. Stocks of vegetable substances in the underground layer in the monitoring of successional ecosystems of Baraba.....	125
23. N. I. Dobrotvorskaya, A. N. Radchikov. Cartographic modeling in system of agro-ecological assessment of agricultural lands	131
24. E. K. Vishnyakova, N. G. Koronatova, E. V. Mikhailova. Transformation of carbon and macroelements compounds in mire peat deposits of different nutritional status	137
25. S. Yu. Artamonova, N. A. Popov. Element composition of fallout, accumulated in snow blanket of Novosibirsk Tin Plant area.....	141
26. V. V. Golovko, V. L. Istomin, A. S. Kozlov. Speeds of sedimentation of pollen particles of the anemofilny plants introduced in Western Siberia	146
27. V. P. Dneprovskaya, I. G. Yashchenko, T. O. Peremitina. Natural objects of West-Siberian region: comprehensive research of anthropogenic impact by terrestrial monitoring and remote sensing	151
28. S. A. Efimov. The image generation method of seismic wave field as a method of research structure of the Earth	157
29. I. I. Bochkareva, A. V. Borisova. The organization of production environmental control at the industrial enterprise.....	163
30. B. M. Klenov, M. V. Yakutin. Cation exchange capacity and organic constituent of leached chernozems of Near-Ob river area	166
31. A. V. Pelipenko, T. Sh. Fuzella. Nfluence of agroclimatic factors on the yield of potato (on the example of the Tomsk region).....	171
32. E. V. Mikhailova, I. D. Makhatkov, N. P. Mironycheva-Tokoreva, N. G. Koronatova. Anthropogeneous burdening on forest-tundra ecosystems during the paving of linear constructions	175
33. P. I. Mullaiarova. On the necessity of improving of technique for urban green space inventory	180
34. T. O. Peremitina, I. G. Yashchenko, V. P. Dneprovskaya. Diagnostics of condition and restoration of natural ecosystems on oil and gas complex facilities in West Siberia and adjoining territories	186
35. M. V. Yakutin, D. S. Dubovik, S. E. Khudyakov, A. E. Shuklina. Microbiological characteristics in the ecological monitoring of floodplain soils in the Taz River (YANAD).....	191
36. N. P. Mironycheva-Tokoreva, S. V. Shibareva, N. G. Koronatova, E. V. Mikhailova. The influence of the pasture load on the dynamics of macroelements in the soil-plant system	197

37. <i>S. A. Popova, V. F. Raputa, T. V. Yaroslavtseva, V. I. Makarov.</i> Estimation of the aerosol sources of organic and elemental carbon to the Novosibirsk downtown for winter and spring.....	202
38. <i>M. V. Yakutin, V. S. Andrievskiy.</i> Soil-biological methods in envi- ronmental monitoring of saline soils in the dry steppes zone of Tuva	208
39. <i>O. N. Nikolaeva.</i> On developing of cartographic support for sus- tainable management of regional biological resources	213
40. <i>T. Sh. Fuzella, A. V. Pelipenko.</i> Later methods of agricultural cli- matology: state of the art review	218
41. <i>A. A. Zlobin.</i> Sulfur biochemogenic transformations in modern and ancient sedimentary basins	223

Научное издание

ХIII Международные научный конгресс и выставка

ИНТЕРЭКСПО ГЕО-СИБИРЬ-2017

Международная научная конференция

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

Т. 2

Сборник материалов

Материалы публикуются в авторской редакции

Компьютерная верстка *Е. М. Федяевой*

Изд. лиц. ЛР № 020461 от 04.03.1997.

Подписано в печать 21.04.2017. Формат 60 × 84 1/16

Печать цифровая.

Усл. печ. л. 13,6. 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.