

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«СИБИРСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ ГЕОДЕЗИЧЕСКАЯ АКАДЕМИЯ»
(ФГБОУ ВПО «СГГА»)

IX Международные научный конгресс и выставка

ИНТЕРЭКСПО ГЕО-СИБИРЬ-2013

Международная научная конференция

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

Т. 2

Сборник материалов

Новосибирск
СГГА
2013

УДК 502:528.7
С26

Ответственные за выпуск:

Доктор технических наук, профессор,
проректор по учебно-методической работе МИИГАиК, Москва
И.Г. Журкин

Кандидат технических наук, заведующий кафедрой фотограмметрии
и дистанционного зондирования СГГА, Новосибирск
А.В. Комиссаров

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

Кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры фотограмметрии
и дистанционного зондирования СГГА, Новосибирск
А.С. Гордиенко

С26 Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2013. IX Междунар. науч. конгр., 15–26 апреля 2013 г., Новосибирск : Междунар. науч. конф. «Дистанционные методы зондирования Земли и фотограмметрия, мониторинг окружающей среды, геоэкология» : сб. материалов в 2 т. Т. 2. – Новосибирск : СГГА, 2013. – 200 с.

ISBN 978-5-87693-629-5 (т. 2)
ISBN 978-5-87693-627-1
ISBN 978-5-87693-610-3

В сборнике опубликованы материалы IX Международного научного конгресса «Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2013», представленные на Международной научной конференции «Дистанционные методы зондирования Земли и фотограмметрия, мониторинг окружающей среды, геоэкология».

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

УДК 502:528.7

ISBN 978-5-87693-629-5 (т. 1)
ISBN 978-5-87693-627-1
ISBN 978-5-87693-610-3

© ФГБОУ ВПО «СГГА», 2013

Сборник включен в систему РИНЦ.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СТОКА ИЗ БАССЕЙНА РЕКИ ЛЕНА

Виктор Иванович Кузин

Институт вычислительной математики и математической геофизики СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, ул. Ак. Лаврентьева, 6, д.ф.-м.н., профессор, заведующий лабораторией, тел. (383)3306450, e-mail: kuzin@sscc.ru

Наталья Александровна Лаптева

Институт вычислительной математики и математической геофизики СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, ул. Ак. Лаврентьева, 6, младший научный сотрудник, тел. (383)3306450, e-mail: lapteva@vector.nsc.ru

В статье представлена климатическая модель речного стока с разрешением 1/3 градуса. Для расчетов использовались данные реанализов NCEP/NCAR и ERA40 для бассейна рек и Лена Восточной Сибири. Контрольные данные о стоках рек взяты из результатов измерений на гидрологической станции Лена-Кюсюр.

Ключевые слова: математическое моделирование, климатический речной сток, бассейн реки Лена.

MATHEMATICAL MODELLING OF THE RUNOFF FROM THE LENA RIVER BASIN

Victor I. Kuzin

Institute of Computational Mathematics and Mathematical Geophysics SB RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, prospect Akademika Lavrentjeva, 6, doctor, professor, Head of the Laboratory, tel. (383)3306450, e-mail: kuzin@sscc.ru

Natalya A. Lapteva

Institute of Computational Mathematics and Mathematical Geophysics SB RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, prospect Akademika Lavrentjeva, 6, junior Researcher, tel. (383)3306450, e-mail: lapteva@vector.nsc.ru

Climatic model of the river runoff with 1/3 degree resolution is presented in the paper. Data of the NCEP/NCAR and ERA40 reanalysis was used for the numerical modeling for the Lena river watershed in the Eastern Siberia. The control data about the river discharge was taken from the results of the measurements on the hydrological station Lena-Kusur.

Key words: Mathematical modelling, climatic river runoff, Lena river basin.

Введение.

Глобальный гидрологический цикл в атмосфере и океане играет важнейшую роль в определении климатического состояния на Земле. Для климата материков этот цикл имеет первостепенное значение, поскольку это связано с поступлением влаги на их поверхность и регулирует увлажненность почвы. Особый интерес в последнее время уделяется региональным характеристикам гидрологического цикла и, в частности, в средних и высоких широтах.

В настоящей статье обсуждаются результаты расчетов по линейной резервуарной модели климатического речного стока к бассейну р. Лена.

Имея исток вблизи Байкальских гор в центральном Сибирском плато, она протекает на север и северо-запад в море Лаптевых Северного Ледовитого океана. Водосборный бассейн реки Лена составляет 2400 тыс. км², из которых 80 - 93% перекрыт многолетней мерзлотой [1]. Лена привносит около 524 км³ пресной воды в Арктический океан в год, что составляет около 15% всего притока пресной воды в бассейн [2]. Вариации стока составляют величины, достигающие 63%. Все эти факты делают проблему анализа и моделирования стока реки Лена в рамках климатической системы Сибири и Арктики весьма актуальной [3, 4].

Климатическая модель речного стока.

Разработанная модель составлена из линейных резервуаров в ячейках сетки. Это означает, что скорость стока из ячейки линейно зависит от притока и пропорциональна наклону в ячейке и обратно пропорциональна расстоянию между центрами ячеек. Скорость изменения стока из ячейки или каскада ячеек в простейшем варианте модели Калинина-Милюкова [5,6] определяется на основе последовательного решения обыкновенных дифференциальных уравнений, сведенных к интегралам свертки (Дюамеля).

В конкретной реализации модели поток воды на суше разделяется на три составляющие: поверхностный сток, грунтовый сток, речной сток [7, 8].

Поверхностный и грунтовый стоки представляют собой единичные ячейки, а речной сток представлен в виде каскадов ячеек. Количество каскадов вычисляется по размеру, наклону ячеек и величине коэффициента задержки. Коэффициент задержки грунтового стока для ячейки принимается постоянным. Каждая элементарная ячейка модели имеет 8 возможных направлений стока в соседние ячейки - четыре по координатным географическим направлениям: N, E, S, W и четыре диагональных направления: NE, SE, SW, NW, определяемых наклоном рельефа однозначным образом. В каждой ячейке производится учет процентного содержания болот и озер.

Результаты моделирования.

При проведении численных экспериментов по климатической модели речного стока было выбрано разрешение, соответствующее разрешению в региональной климатической модели ИВМиМГ СО РАН, и составляющее 1/3 градуса по широте и долготе соответственно. Модель речного стока покрывает Сибирский регион по долготе от Урала до Дальнего Востока и по широте от Северного Казахстана до Северного Ледовитого океана.

В настоящей статье обсуждаются результаты расчетов по модели климатического речного стока в бассейне р. Лена. Построение направлений речного, поверхностного и грунтового стоков строилось на основе данных по рельефу и анализа графов стоков по поверхности и в речном русле (рис. 1).

Был проведен анализ данных по изменению климатических и гидрологических характеристик бассейна р. Лена во второй половине XX века и численные рас-

четы по моделированию межгодовой изменчивости стока реки Лена на основе данных реанализа NCEP/NCAR и ERA40 для периода 1958-2001 гг.

Были рассчитаны коэффициенты корреляции между годовым влагонаполнением (осадки минус испарение плюс таяние снега) бассейна реки Лена по данным реанализов и рассчитанными годовыми стоками для периода 1958–2001 гг. Коэффициенты корреляции составляют для реанализа NCEP/NCAR - 0,94 и для реанализа ERA40 – 0,93.

Рассчитаны коэффициенты корреляции между среднеклиматическим внутригодовым влагонаполнением бассейна реки Лена и среднеклиматическими данными годового гидрографа на основе измерений со сдвигом по фазе 1 месяц. Коэффициенты корреляции для данных реанализа NCEP/NCAR составляет 0,57, а для ERA40 – 0,91.

В результате расчетов сравнение с гидрологическими данными на створе Лена-Кюсюр для среднеклиматического годового стока дает отличие в амплитуде для данных реанализа NCEP/NCAR – 25%, а для ERA40 – 14%. Данные среднеклиматического годового гидрографа NCEP/NCAR дает отличие в амплитуде наступления весеннего паводка – 15% с запаздыванием на 1 месяц. Годовой гидрограф для данных реанализа ERA40 по амплитуде и фазе наступления весеннего паводка совпадает с данными среднеклиматического годового гидрографа (рис. 2). Коэффициенты корреляции годовых гидрографов с данными наблюдений для реанализа NCEP/NCAR составляет 0,83, а для реанализа ERA40 – 0,987. Межгодовая изменчивость годовых стоков имеет большие отличия между модельными стоками и данными наблюдений. Причем амплитуда отклонений для данных NCEP/NCAR существенно выше, чем для данных ERA40 (рис. 3).

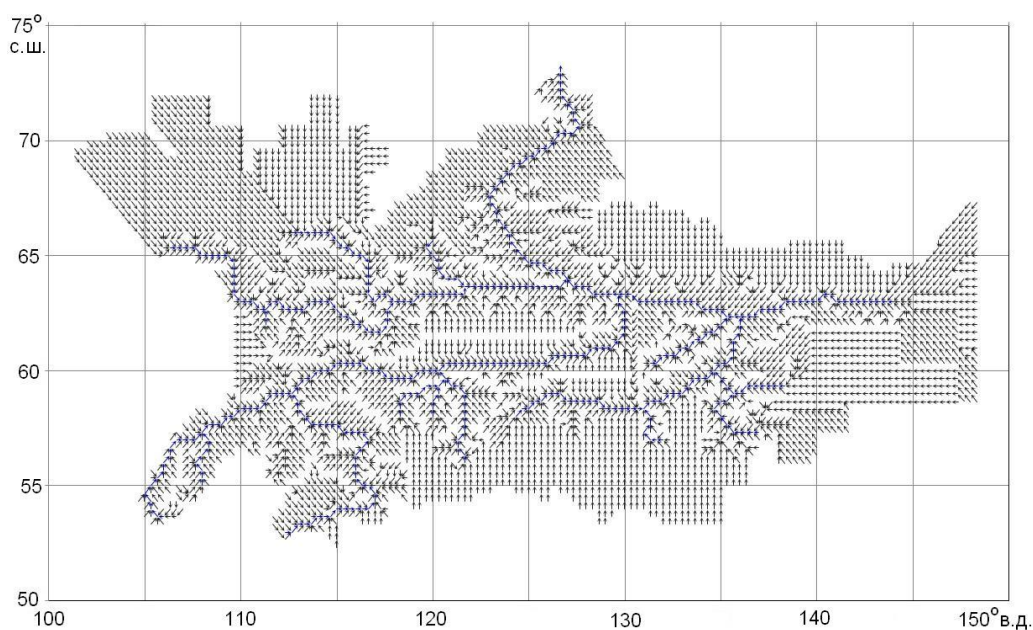


Рис. 1. Схема речного, поверхностного и грунтового стоков бассейна реки Лена

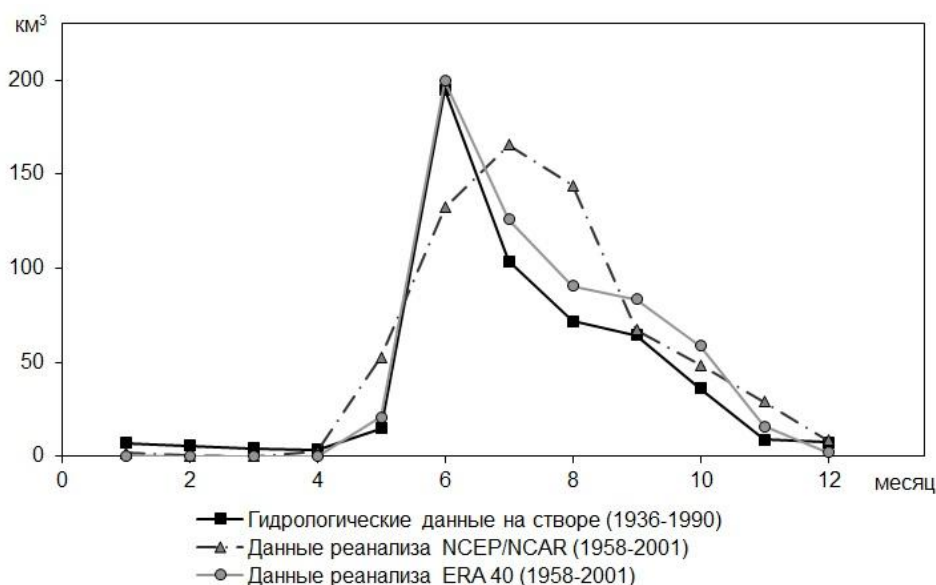


Рис. 2. Среднеклиматические годовые гидрографы по данным реанализов NCEP/NCAR, ERA40 и данным на створе Лена-Кюсюр



Рис. 3. Годовые стоки по данным реанализов NCEP/NCAR, ERA40 и данным на створе Лена-Кюсюр за период 1958 – 2001 гг.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Zhang T., Barry R.G., Knowles K., Heginbottom J.A., Brown J. Statistics and characteristics of permafrost and ground-ice distribution in the Northern Hemisphere // *Polar Geogr.*, 23(2), 132-154, 1999.
2. Shiklomanov I.A., Shiklomanov A.I., Lammers R.B., Peterson B.J., Vorosmarty C.J. The dynamics of river water inflow to the Arctic Ocean // in *The Freshwater Budget of the Arctic Ocean: Proceedings of the NATO Advanced Research Workshop*, edited by E.L. Lewis et al., pp. 281-296, Kluwer Acad., Norwell, Mass., 2000.

3. Ye B., Yang D., Kane D.L. Changes in Lena River streamflow hydrology: Human impacts versus natural variations // *Water resources research*, vol. 39, No. 7, 1200, doi: 10.1029/2003WR00191, 2003. SWC 8 (1-13)
4. Yang D., Kane D.L., Hinzman L.D., Zhang X., Zhang T., Ye H. Siberian Lena River hydrologic regime and recent change // *Journal of Geophysical research*, vol. 107, No. D23, 4694, doi: 10.1029/2002JD002542, 2002. ACL 14 (1-10).
5. Бураков Д.А. К оценке параметров линейных моделей стока // *Метеорология и гидрология*. – 1989. - № 10, с. 89-95.
6. Кучмент Л.С. Математическое моделирование речного стока. - Л.: Гидрометеиздат, 1972. – 190 с.
7. Hagemann S., Dumenil L. Hydrological discharge model // *Technical report No 17, MPI, Hamburg*. 1998. 42 p.
8. Кузин В. И., Лаптева Н.М. Математическое моделирование климатического речного стока из Обь-Иртышского бассейна // *Оптика атмосферы и океана*. – 2012. Т. 25. № 06. С. 539–543.

© В.И. Кузин, Н.А. Лаптева, 2013

МОДЕЛИРОВАНИЕ ГИДРОДИНАМИКИ ШЕЛЬФОВОЙ ЗОНЫ МОРЯ ЛАПТЕВЫХ

Вера Фофонова

Институт Полярных и Морских Исследований Альфреда Вегенера, отдел “Динамика климата” и “Экология шельфовых зон”; D-27570, Бремерхафен, Германия, аспирант, тел. +49(471)4831-1703, e-mail: Vera.Fofonova@awi.de

Сергей Данилов

Институт Полярных и Морских Исследований Альфреда Вегенера, отдел “Динамика климата”, D-27570, Бремерхафен, Германия; к.ф.-м.н., зам. начальника отдела “Динамика климата”, тел. +49(471)4831-1703, e-mail: Sergey.Danilov@awi.de

Алексей Андросов

Институт Полярных и Морских Исследований Альфреда Вегенера, отдел “Динамика климата”, D-27570, Бремерхафен, Германия, к.ф.-м.н., научный сотрудник, тел. +49(471)4831-2106, e-mail: Alexey.Androsov@awi.de

Михаил Жуков

Южный Федеральный Университет, факультет Математики, Механики и Компьютерных наук, кафедра Вычислительной Математики и Математической Физики, 344090, Россия, Ростов-на-Дону, ул. Мильчакова 8а, профессор, заведующий кафедрой Вычислительной Математики и Математической Физики, тел. +7(863)2-975-114, e-mail: zhuk@math.sfedu.ru

Ольга Семёнова

Российский Государственный Гидрометеорологический Институт, Гидрологический факультет, 195196, Россия, Санкт-Петербург, Малоохтинский проспект, дом 98, к.ф.-м.н., научный сотрудник, тел. +7 (911) 213-26-57, e-mail: omakarieva@gmail.com

Пол Овердуин

Институт Полярных и Морских Исследований Альфреда Вегенера, отдел “Исследование перигляциальных областей”, Германия, Потсдам, к.ф.-м.н., научный сотрудник, тел. +49(331)288-2113, e-mail: Paul.Overduin@awi.de

Карен Вилтшир

Институт Полярных и Морских Исследований Альфреда Вегенера, отдел “Экология шельфовых зон”, D-27498, Германия, Хельголанд, профессор, начальник отдела “Экология шельфовых зон”, тел. +49(4725)819-3238, e-mail: Karen.Wiltshire@awi.de

Основная цель работы заключается в подготовке физической трехмерной модели шельфовой зоны моря Лаптевых для анализа климатических и биологических изменений, происходящих в регионе за последние 50 лет, а также для создания рабочей базы для моделирования экосистемы шельфовой зоны моря Лаптевых. Рассматривается динамика региона под влиянием атмосферной циркуляции, приливной динамики, температуры и объема стока реки Лена. Моделирование осуществляется на базе современного конечно-объемного пакета FVCOM с использованием неструктурированной сетки.

Ключевые слова: море Лаптевых, дельта реки Лена, FVCOM, шельфовая зона.

SIMULATIONS OF SHELF CIRCULATION DYNAMICS IN THE LAPTEV SEA

Vera Fofonova

Alfred Wegener Institute for Polar and Marine Research, Climate Dynamics and Coastal Ecology, Bussestrasse 24, D-27570 Bremerhaven (Building F-408), Germany, PhD student, tel. +49(471)4831-1703, e-mail: Vera.Fofonova@awi.de

Sergey Danilov

Alfred Wegener Institute for Polar and Marine Research, Climate Dynamics, Bussestrasse 24, D-27570 Bremerhaven (Building F-305), Germany, tel. +49(471)4831-1764, e-mail: Sergey.Danilov@awi.de,

Alexey Androsov

Alfred Wegener Institute for Polar and Marine Research, Climate Dynamics, Bussestrasse 24, D-27570 Bremerhaven (Building F-302), Germany, Dr., tel. +49(471)4831-2106, e-mail: Alexey.Androsov@awi.de,

Michael Zhukov

Southern Federal University, Faculty Mathematics, Mechanics, and Computer Science, Department of Computational Mathematics and mathematical Physics, 344090, Russia, Rostov-on-Don, Milchakova 8a, head of the department, Prof., tel. +7(863)2-975-114, e-mail: zhuk@math.sfedu.ru

Olga Semenova

Russian State Hydrometeorological University, Department of Hydrology, 195196, Russia, Saint-Petersburg, Malookhtinsky prospect 98, Dr., tel. +7 (911) 213-26-57, e-mail: omakarieva@gmail.com

Paul Overduin

Alfred Wegener Institute for Polar and Marine Research, Periglacial Research, Telegrafenberg A43, D-14473 Potsdam (Building A43-116), Dr., tel. +49(331)288-2113, e-mail: Paul.Overduin@awi.de

Karen Wiltshire

Alfred Wegener Institute for Polar and Marine Research, Shelf Sea System Ecology | Coastal Ecology, Head of the Department, Kurpromenade, D-27498 Helgoland (Building C-51), Germany, head of the department, Prof., tel. +49(4725)819-3238, e-mail: Karen.Wiltshire@awi.de

The article describes the modeling processes of the shelf circulation dynamics in the Laptev Sea with focus on the Lena Delta region. We try to estimate the role of different factors such as atmospheric forcing, Lena runoff and tidal forcing on the dynamics of the region. An unstructured-grid Finite Volume Coastal Ocean Model (FVCOM) is used as a modeling tool.

Key words: Laptev Sea, Lena Delta, shelf circulation dynamics, FVCOM.

Introduction

The polar shelf zones are highly dynamic and diverse systems. They form a border between warm and fresh water continental drain and the cold currents of the northern seas. In the Arctic shelf region, multiple river deltas accumulate organic carbon. They host a unique and very diverse northern fauna and flora.

The Lena delta region of Laptev Sea acquires a special focus in this context as it can serve as an indicator of climate change. A large number of observations in this

region suggest a strong climate and biological changes for the last fifty years (AARI, web source; Bauch et al., 2009; Hölemann et al., 2011). Organized as a part of the International Polar Year (2007 – 2008), joint study by the National Research Center of France, University of Alaska (USA) and Melnikov Permafrost Institute (Siberian Branch of Russian Academy of Sciences) has found that the Lena water temperature in the flood period had increased by 2 ° C compared to the values of 1950 (Costard et al., 2007).

Based on the results of observations in the Lena Delta region (Russian-German expeditions «Lena-2007», «Lena-2008») and Laptev Sea (Russian-German expedition «BARKALAV-2007/TRANSDRIFT-XII», «POLYNIA-2008/TRANSDRIFT-XIII», «BARKALAV-2008/TRANSDRIFT-XIV») it was established, that in summer 2007 a positive anomaly of temperature and negative of salinity existed in the central and eastern part of the Laptev Sea in the mixed layer. The same structure of temperature and salinity field was observed in summer 2008, but the magnitudes of anomalies were smaller. A continuant temperature increase was also found for Atlantic water. Such a powerful invasion of warm Atlantic waters into the Arctic Basin was not previously observed for the entire period of instrumental observations since 1897 (AARI, web source).

The long-term analysis by (Polyakov et al., 2008) of the surface salinity change in the Arctic Basin and Arctic Seas, including the Laptev Sea, showed, that ice-related processes, freshwater runoff and its spreading under the influence of atmospheric processes play a key role in desalination and salinity changes of the upper layer over the past decades.

Johnson (2001) modeling studies showed that atmospheric forcing greatly determines the direction of freshwater transport in the Laptev Sea. The observations have confirmed that the variability of summer surface salinity in the Laptev Sea is mainly governed by local wind patterns associated with positive and negative phases of atmospheric vorticity over the adjacent Arctic Ocean (Dmitrenko et al., 2005). It should be emphasized that the winter water dynamics has very small impact to riverine water pathways in the summer (Dmitrenko et al., 2010). In the end of the winter season (March-April) the surface hydrography pattern is nearly the same as in September modified by thermodynamic ice formation.

The prevailing cyclonic regime (positive vorticity) in the summer leads to spread of the Laptev Sea riverine water to the east and hence a negative salinity anomaly east of the Lena Delta and farther to the East Siberian Sea, and a positive anomaly to the north of the Lena Delta. The prevailing of anticyclonic regime (negative vorticity) in the summer leads negative salinity anomalies northward from the Lena Delta due to freshwater advection toward the north, and a corresponding salinity increase eastward (Dmitrenko et al., 2005).

Despite the fact that the anomalies of atmospheric circulation have a significant impact on local salinity and temperature patterns, the surface salinity field over the shelf area east of the Lena Delta is less sensitive to the atmospheric circulation, with the standard deviation varying between 2 and 4 psu (Dmitrenko et al., 2010). Apparently, an as of yet undetermined interplay between the atmospheric circulation, river

runoff, topography and ice related processes may explain those components of the salinity variance that are not well described by local wind patterns (Dmitrenko et al., 2005).

Driven by the need to explain and understand the processes in the Lena Delta, the main goal of our work is the modeling the shelf circulation dynamics in the Laptev Sea with focus on the Lena Delta region. Our more distant goal is the ecosystem modeling in the region, for which a model with consistent dynamics is a necessary step.

This note describes our results obtained while tuning the model so that it is able to simulate the climatic changes in the region, and studying with its help the variability of circulation under the action of atmospheric, tidal and run-off forcing. We examine the role of local wind pattern, tidal dynamics, structure and temperature of freshwater runoff, characteristics of heat fluxes in determining the features of the temperature and salinity distributions in the region. Additionally, we estimate the impact of improved bathymetry representation on the shelf in the vicinity of Lena Delta on tidal dynamics and temperature and salinity local patterns. The numerical simulations were based on Finite Volume Coastal Ocean Model (FVCOM) (Chen et al., 2006).

Model description

We use the Finite Volume Coastal Ocean Model (FVCOM) to carry out our simulations. It is developed for simulations of flooding/drying processes in estuaries and tidal-, buoyancy- and wind-driven circulation in the coastal region featuring with complex irregular geometry and steep bottom topography. FVCOM is a prognostic, unstructured-grid, finite-volume, free-surface, 3-D primitive equation coastal ocean circulation model (Chen et al., 2003; Chen et al., 2006).

Our model domain covers water depths up to 65 m (Fig.1). The minimum water depth in the model is 0.5 m. We use high quality unstructured grid, which allows to take into account complexity of coastline, characteristics of the bathymetry and peculiarities of the problem. The grid was constructed using Persson's algorithm (Persson, Strang, web source). Elements sizes are vary from 400m near the cost to 5 km on the open boundary. The model contains 6 vertical sigma-layers with 250000 nodes on each of them. FVCOM was run using spherical coordinates, including wet/dry treatment of domain, open boundary Temperature/Salinity time series nudging. For vertical and horizontal mixing simulation we use modified Mellor and Yamada level 2.5 and Smagorinsky turbulent closure schemes respectively. As advection scheme we use second order upwind scheme. The FVCOM version used in this study is numerically solved by a mode splitting method (Chen et al., 2009). The time step for external mode is 4.6 sec for barotropic case and 2.5 sec for baroclinic case, the ratio of internal mode time step to external mode time step is 10.

Input data

The bathymetry data were taken from GEBCO (The General Bathymetric Chart of the Oceans, (GEBCO, web source)). For coastline construction we compared GEBCO bathymetry data and NOAA (The National Oceanic and Atmospheric Ad-

ministration) coastline data (NOAA, web source). To smooth the coastline we used cubic b-splines technique (Fig.1).

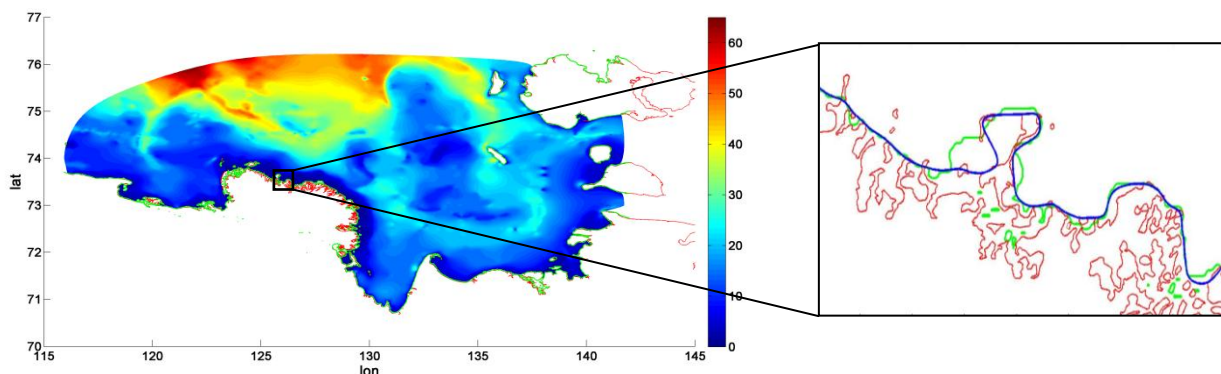


Fig. 1. The selected domain, bathymetry data from GEBCO (resolution of GEBCO grid is 30 arc-second), m. In red is shown coastline based on NOAA data, in green – coastline, which was obtained from GEBCO bathymetry data. On the right picture in blue is shown constructed coastline (smoothed using cubic b-splines technique).

The wind magnitudes and direction, radiation fluxes were taken from the regional, non-hydrostatic model provided by the consortium for Small-scale Modeling (COSMO). The time resolution of COSMO forcing is 1 hour. The COSMO model with included thermodynamic sea-ice module provides a high quality atmospheric forcing allowing to take into account the presence of a thin layer of ice and can be applied for short-range simulations (Steppeler et al., 2003), (Schättler et al., 2008), (Schröder et al., 2011). We used results from COSMO simulations with 5 km resolution performed for the Laptev Sea area with and without assumption that the Laptev Sea polynyas are ice-free. Also for long simulations (more than 1 month) we were using NOAA and ECMWF (European Centre for Medium-Range Weather Forecasts) atmospheric forcing.

The temperature and salinity fields for initializing the model (Fig.2) and for daily nudging on the open boundary were taken from Arctic simulations by R. Gerdes and P. Rozman with focus on the Laptev Sea region (Rozman et al., 2011). This model provides data, which are in a good agreement with long-term mean (1920-2008) surface salinity distribution for winter season (February-April) described in (Dmitrenko et al., 2010) and salinity observation data for May 2008 (provided by M. Janout). Also, the provided salinity/temperature patterns are close to the pattern of seasonal cycle from summer 2007 to late winter/spring of 2008 shown in (Hölemann et al., 2011). This sea-ice model provides daily data for temperature and salinity field in the region for 6 vertical layers.

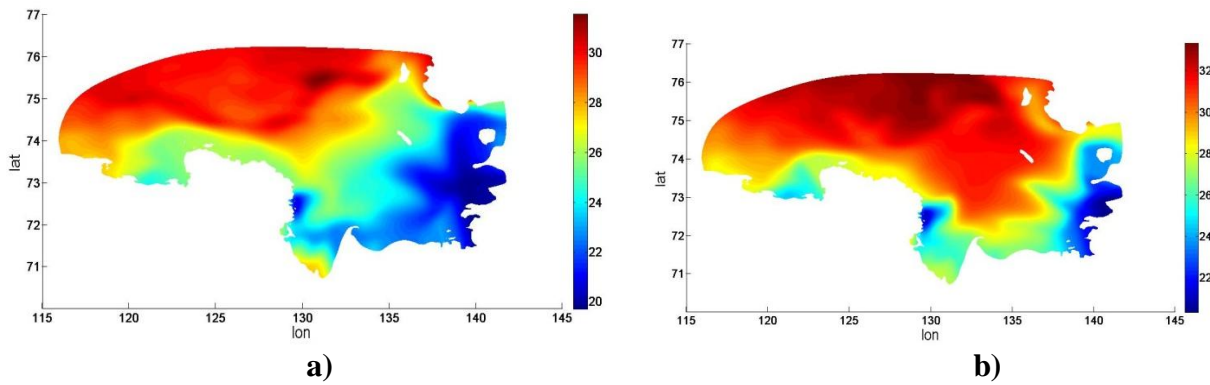


Fig. 2. Initial of salinity fields (9 of May, 2008 at 00:00:00), PSU, in a) surface layer and b) bottom layer.

The input daily Lena runoff data, derived from observations, were provided by Hydrological Institute, St. Petersburg. The runoff temperature was set to either 0.5°C or 5°C , which present, respectively, the approximately lower and upper bounds for mean temperature in the river mouth during May based on (Yang et al., 2002), (Yang et al., 2005), (Costard et al., 2007). For assessment of the influence of local bathymetry on temperature and salinity patterns we used additionally bathymetry measurement data in Lena Delta region. The observation bathymetry data at 27686 locations (the average distance between points is about 800m) in close proximity to Lena Delta were provided by Paul Overduin (Alfred Wegener Institute, Potsdam).

The model is forced by tidal elevation prescribed at the open boundary from different models: TPX06.2, TPX07.1 and AOTIM with Doodson correction. We paid special attention to tuning the conditions at open boundaries so as to obtain best agreement with the observational data. The model simulates the four most energetic tidal constituents: M_2, S_2, O_1, K_1 (Sof'ina, 2008), (Lenn et al., 2011), (Kowalik, 1993; Dmitrenko et al., 2012).

Tidal dynamics analysis

Observations of tidal currents over the Laptev Sea continental are rare and fragmentary. The starting point of the analysis were tide gauges data provided by Kowalik and Proshutinsky (KP) (can be downloaded from <http://www.ims.uaf.edu/tide/>). Based on observation data near the open boundary and features of different model we designed new open boundary condition. To specify the correct open boundary condition is one of the central problem of our modeling due to small depths in the area under consideration. We should emphasize that for current domain the amplitudes and phases on open boundary taken from any models near the coast (depth < 10-15m) should be corrected. The horizontal resolution of TPX06.2 and TPX07.1 and associated inaccuracies in bathymetry data limits its to resolve the tidal features in the coastal zone. In addition to the 2-D character, the linear assumption used in AOTIM, makes this model incapable of resolving residual currents and tide-induced water transports in coastal regions where the interaction of tidal currents with topography is highly non linear (Chen et al., 2009)

The AOTIM (The Arctic Ocean Tidal Inverse Model) was created based on (Egbert et al., 1994) data assimilation scheme by computing the inverse solution with all available tidal gauge data (Padman and Erofeeva, 2004). As a ‘prior’ solution was used the Arctic Ocean Dynamics-based Tide Model (the numerical solution to the shallow water equations). This pan-Arctic 2-D linear model is highly resolved (5-km regular grid), simulates 4 most energetic tides constituents (M_2 , S_2 , O_1 , and K_1). Assimilated data consists not only coastal and benthic tide gauges (between 250 and 168 310 gauges per tidal constituent) but also available satellite altimeters (Padman and Erofeeva, 2004). Model bathymetry is based on the International Bathymetric Chart of the Arctic Ocean (Jakobsson et al., 2008). AOTIM5 does not include the effects of sea ice presence.

The TPXO7.1 and TPXO6.2 is a global inverse tide model developed by Gary Egbert and Lana Erofeeva at Oregon State University. The resolution of this models is $1/4^\circ \times 1/4^\circ$. TPXO7.1 and TPXO 6.2 assimilates TOPEX/Poseidon (T/P) and TOPEX Tandem satellite radar altimetry (available for the ice-free ocean between $\pm 66^\circ$ latitude), and *in situ* tide gauge data in the Antarctic and the Arctic. TPXO7.1 is one of the most accurate global tidal solutions.

(Chen et al., 2009) presented high resolution unstructured grid finite volume Arctic Ocean model (AO-FVCOM) in application for tidal studies. A spherical coordinate version of the instructed grid 3-D FVCOM was applied to the Arctic Ocean for tides simulation. The size of elements varies from 1 km in the near coastal areas to 15 km in the deep ocean. This model resolves accurately the irregular geometry of bays, inlets and islands in the Arctic coastal zone and produces a detailed description of the topographically trapped diurnal tidal waves. However the largest amplitude and phase differences between modeled and observed diurnal tides (tide gauge of coastal observations) were caused by the model errors along the Russian coast. The designed open boundary condition provides better agreement with observation data compared to the case when the condition directly derived from AOTIM, TPXO6.2 or TPXO7.1 is used. The results from the tidal simulations for East Siberian shelf provided by Sofina have been also included in the analysis. The table below shows the results of comparison for M_2 constituent.

	AO-FVCOM with stations coord. corrections (R<40km)	East Siberian shelf model	AOTIM5	TPX07.1	TPX06.2	Simulation based on AOTIM5	Simulation based on TPX07.1	Simulation based on designed open boundary conditions	Simulation based on designed open boundary conditions with stations coord. corrections (R<20km)
<i>Error</i>	30.94	41.07	45.74	36.86	50.78	33.09	19.61	15.24	3.61

$$Error = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \left(\left(1 + \left(\frac{S_{am}(i)}{O_{am}(i)} \right)^2 - 2 \cdot \cos \mathbf{I}(S_{ph}(i) - O_{ph}(i)) \cdot \frac{S_{am}(i)}{O_{am}(i)} \right)^{\frac{1}{2}} \right)$$

Where S_{am} , S_{ph} - simulated amplitude and phase respectively, O_{am} , O_{ph} - observed amplitude and phase respectively, $N = 10$ - number of stations.

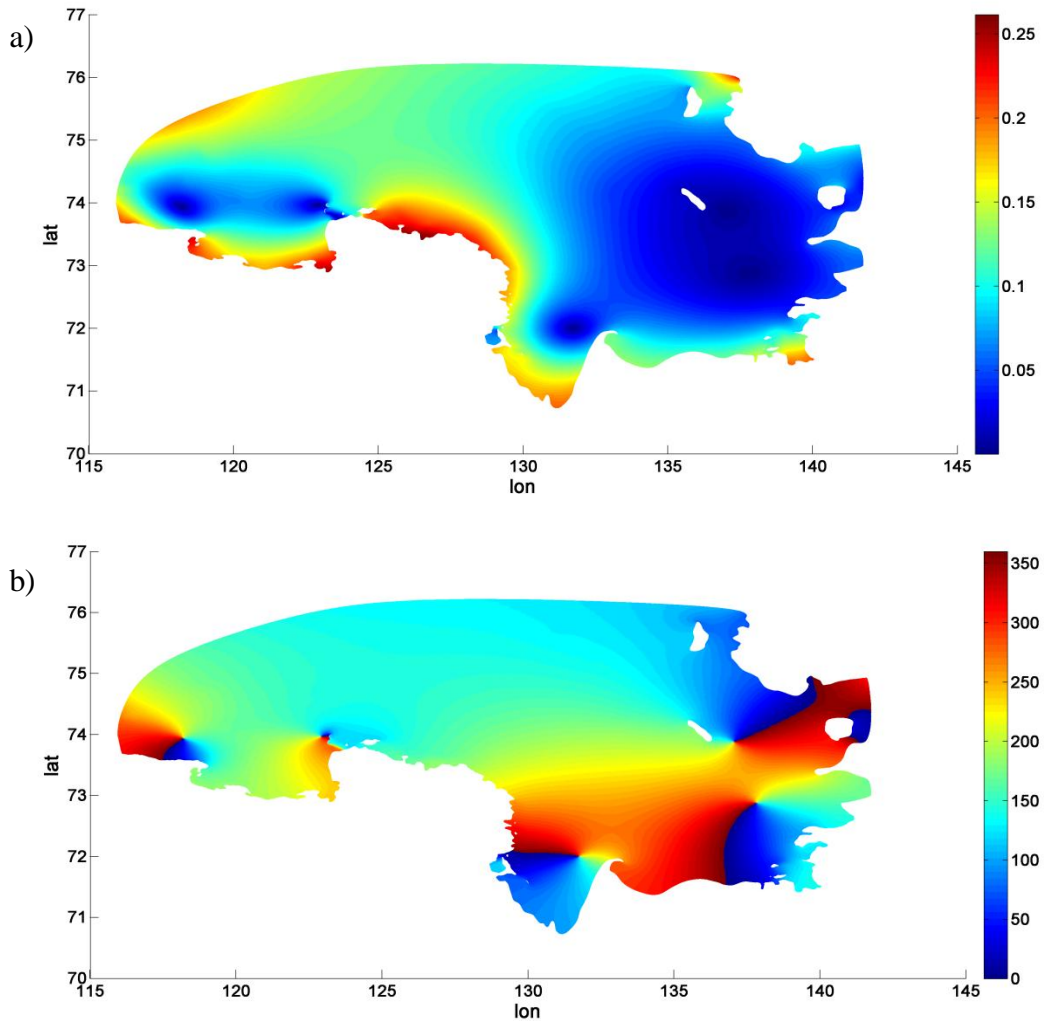
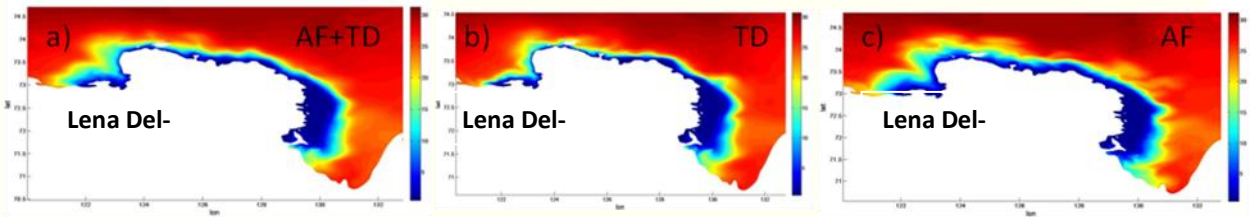


Fig.3. The results of simulation with desined open boundary condition for amplitude and phase for M2 constituent: a) Amplitude, m b) Phase, deg

Temperature and salinity patterns variability

We compare salinity and temperature fields in mixed layer under the ice in simulations with and without atmospheric forcing, tidal dynamics, with different temperatures of freshwater and using different techniques for freshwater input. We present here only a schematic overview of obtained results.



The salinity fields, freshwater runoff input from the boundary, calculation period from 9 of May 2008 to 31 of May 2008, PSU: a) atmospheric forcing from COSMO without open polynya assumption, b) no atmospheric forcing, c) atmospheric forcing is the same as in a), but no tidal dynamics.

The surface salinity to the north and west from Lena Delta is mainly determined by the local wind pattern. Note that the locking westward winds drive the freshwater distribution to the east in the western part and to the north in the northern part in the vicinity of Lena Delta, the locking eastward winds drive flows to mouth due to the Coriolis force.

We should emphasize the importance of the local wind pattern for the explanation of local salinity pattern in the vicinity zone. The NOAA wind with 1° resolution cannot provide adequate picture due to unstable and heterogeneous wind pattern in the region of interest with smaller scale features.

Tidal dynamics also have an important influence on the local salinity and temperature distributions. The insensitivity of salinity and temperature in the mixed layer to atmospheric circulation over the shelf east of the Lena Delta is explained, according to the model, by buoyancy forcing and the structure of tidal flows in the region. These factors play a main role in this area due to nearby presence of the large freshwater ducts. Also, tides play a significant role in water mass modification through vertical mixing of seawater properties in the mixed layer.

The dominating of southward and westward winds (cyclonic atmospheric circulation) in late spring/summer season strengthens the freshening effect over the shelf east of the Lena Delta. It leads the appearance of big temperature and salinity anomalies compared to the climatic mean (Fig. 7).

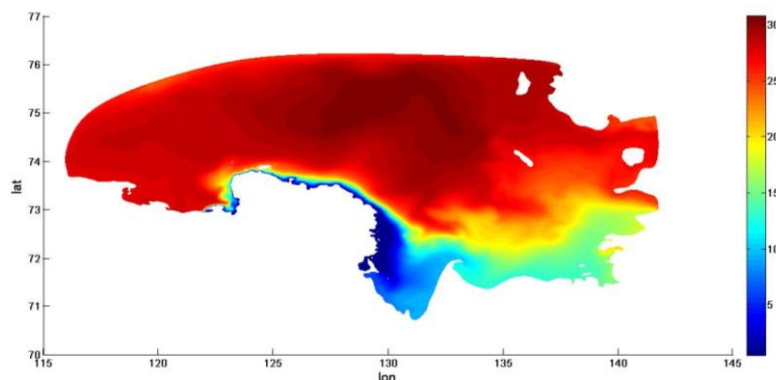


Fig.7. The salinity field in practical scale. Simulations cover summer months with prevailing cyclonic regime

We have found that the variability of runoff temperature influences only little the freshwater plume direction. However, the structure of heat fluxes strongly affects the variability of temperature pattern in the entire mixed layer.

We have also observed that because of weak winds in the region, the detailed representation of freshwater channels and distribution of total runoff volume over these channels becomes particularly important and influences detail of simulated distributions of temperature and salinity.

REFERENCES

1. "Arctic and Antarctic Research Institute" Federal State Budgetary Institution, The current state and variability of the natural environment of the Laptev Sea region as a reflection of global climate processes. <http://portalrp.ru/atmosphere-and-hydrosphere-monitoring-2007-2010-projects/tech-02-515-11-5080> Last accessed: 30.07.2012 (in Russian).
2. Bauch, D., Dmitrenko, I., Kirillov, S., Wegner, C., Hölemann, J., Pivovarov, S., Timokhov, L., Kassens, H., 2009. Eurasian Arctic shelf hydrography: Exchange and residence time of southern Laptev Sea waters. *Continental Shelf Research* 29 (15), 1815-1820, doi:10.1016/j.csr.2009.06.009.
3. Chen, C., Beardsley, R.C., Cowles, G., 2006. An Unstructured Grid, Finite-Volume Coastal Ocean Model. FVCOM User Manual, second ed. SMAST/UMASSD-06-0602.
4. Chen, C., Liu, H., Beardsley, R. C., 2003. An Unstructured Grid, Finite-Volume, Three-Dimensional, Primitive Equations Ocean Model: Application to Coastal Ocean and Estuaries. *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology* 20(1), 159, doi: 10.1175/1520-0426(2003)020<0159:AUGFVT>2.0.CO;2
5. Chen C., Gao G., Qi J., Proshutinsky A., Beardsley R., Kowalik Z., Lin H., Cowles G., 2009. A new high-resolution unstructured grid finite volume Arctic Ocean model (AO-FVCOM): An application for tidal studies *J. Geophys. Res.*, Vol. 114, C08017, doi:10.1029/2008JC004941.
6. Costard, F., Gautier, E., Brunstein, D., Hammadi, J., Fedorov, A., Yang, D., Dupeyrat, L., 2007. Impact of the global warming on the fluvial thermal erosion over the Lena River in Central Siberia. *Geophys. Res. Lett.* 34, L14501, doi:10.1029/2007GL030212.
7. Dmitrenko, I., Kirillov, S., Eicken, H., Markova, N., 2005. Wind-driven summer surface hydrography of the eastern Siberian shelf. *Geophysical Research Letters* 32, L14613.
8. Dmitrenko, I. A., Kirillov, S. A., Krumpfen, T., Makhotin, M., Abrahamsen, E. P., Willmes, S., Bloshkina, E., Hölemann, J. A., Kassens, H., Wegner, C., 2010. Wind-driven diversion of summer river runoff preconditions the Laptev Sea coastal polynya hydrography: Evidence from summer-to-winter hydrographic records of 2007–2009. *Continental Shelf Research* 30(15), 1656-1664.
9. Dmitrenko, I. A., Kirillov, S. A., Bloshkina, E., Lenn, Y.D., 2012. Tide-induced vertical mixing in the Laptev Sea coastal polynya, *J. Geophys. Res.* 117, doi:10.1029/2011JC006966.
10. Ebner, L., Schröder, D., Heinemann, G., 2011. Impact of Laptev Sea flow polynyas on the atmospheric boundary layer and ice production using idealized mesoscale simulations. *Polar Research* 30, 7210, doi:10.3402/polar.v30i0.7210.
11. Ernsdorf, T., Schröder, D., Adams, S., Heinemann, G., Timmermann, R., Danilov, S., 2011. Impact of atmospheric forcing data on simulations of the Laptev Sea polynya dynamics using the Sea-ice ocean model FESOM. *J. Geophys. Res.*, 116, C12038, doi:10.1029/2010JC006725.
12. GEBCO. http://www.gebco.net/data_and_products/gridded_bathymetry_data/ Last accessed: 30.07.2012
13. Hölemann, J., Kirillov, S., Klagge, T., Novikhin, A., Kassens, H., Timokhov, L., 2011. Near-bottom water warming in the Laptev Sea in response to atmospheric and sea ice conditions in 2007. *Polar Research* 30, doi: 10.3402/polar.v30i0.6425

14. Jakobsson, M., Macnab, R., Mayer, L., Anderson, R., Edwards, M., Hatzky, J., Schenke, H.W., Johnson, P., 2008. An improved bathymetric portrayal of the Arctic Ocean: Implications for ocean modeling and geological, geophysical and oceanographic analyses. *Geophys. Res. Lett.* 35, DOI: 10.1029/2008GL033520
15. Kowalik, Z., Proshutinsky, A. Y., 1993. Diurnal Tides in the Arctic Ocean, *J. Geophys. Res.* 98(C9), 16,449–16,468, doi:10.1029/93JC01363.
16. Kowalik, Z., Proshutinsky, A. Y., 1994. The Arctic Ocean tides, in: Johannessen, O. M., Muench, R. D., Overland, J. E., *The Polar Oceans and Their Role in Shaping the Global Environment*, *Geophys. Monogr. Ser.* 85, 137–158, AGU, Washington, D. C., doi:10.1029/GM085p0137.
17. Kowalik, Z., and A. Proshutinsky, 1995. Topographic enhancement of tidal motion in the western Barents Sea. *J. Geophys. Res.*, 100(C2), 2613–2637, doi:10.1029/94JC02838.
18. Lenn, Y. D., Rippeth, T. P., Old, C. P., Bacon, S., Polyakov, I., Ivanov, V., Hölemann, J., 2011. Intermittent Intense Turbulent Mixed under Ice in the Laptev Sea Continental Shelf. *Journal of Physical Oceanography* 41 (3), 531-547, doi:10.1175/2010JPO4425.1.
19. NOAA. <http://www.ngdc.noaa.gov/mgg/shorelines/shorelines.html> Last accessed: 30.07.2012
20. Padman L. and Erofeeva S., 2004. A Barotropic Inverse Tidal Model for the Arctic Ocean. *J. Geophys. Res.*, Vol. 31, DOI: 10.1029/2003GL019003
21. Persson, P.O., Strang, G., A simple mesh generator in MATLAB. <http://persson.berkeley.edu/distmesh/persson04mesh.pdf> Last accessed: 30.07.2012
22. Proshutinsky, A., Timmermans, M.-L., Ashik, I., Beszczynska-Moeller, A., Carmack, E., Eert, J., Frolov, I., Itoh, M., Kikuchi, T., Krishfield, R., McLaughlin, F., Rabe, B., Schauer, U., Shimada, K., Sokolov, V., Steele, M., Toole, J., Williams, W., Woodgate, R., Zimmermann, S., 2011. Arctic Report Card: update for 2011, Ocean, <http://www.arctic.noaa.gov/reportcard/ocean.html> Last accessed: 30.07.2012
23. Rozman, P., Hölemann, J. A., Krumpfen, T., Gerdes, R., Köberle, C., Lavergne, T., Adams, S., Girard-Arduin, F., 2011. Validating satellite derived and modelled Sea-ice drift in the Laptev Sea with in situ measurements from the winter of 2007/08. *Polar Research* 30, 7218, doi:10.3402/polar.v30i0.7218
24. Schättler, U., Doms, G., Schraff, C., 2012. A Description of the Nonhydrostatic Regional COSMO-Model, Part VII: User's Guide. Printed at Deutscher Wetterdienst, Germany.
25. Schröder, D., Heinemann, G., Willmes, S., 2011. The impact of a thermodynamic Sea-ice module in the COSMO numerical weather prediction model on simulations for the Laptev Sea, Siberian Arctic. *Polar Res.* 30, 6334, doi:10.3402/polar.v30i0.6334.
26. Sofina, E.V., 2008. The simulation of tidal ice drift and ice-related changes in tidal dynamics and energy in Siberian continental shelf. Dissertation, Russian State Hydrometeorological University (in Russian).
27. Steppeler, J., Doms, G., Schättler, U., Bitzer, H.W., Cassmann, A., Damrath, U., Gregoric, G., 2003. Meso-gamma scale forecasts using the nonhydrostatic model LM.s.l. *Meteorol. Atmos. Phys.* 82, 75–96, doi:10.1007/s00703-001-0592-9.
28. Voinov, G., 2002. Tide and tidal streams, in *Polar Seas Oceanography: An Integrated Case Study of the Kara Sea*. Springer, 147 – 214, New York.
29. Yang, D., Liu, B., Ye, B., 2005. Stream temperature changes over Lena River Basin in Siberia. *Geophys. Res. Lett.* 32, L05401, doi:10.1029/2004GL021568.
30. Yang, D., Kane, D. L., Hinzman, L., Zhang, X., Zhang, T., Ye, H., 2002. Siberian Lena River hydrologic regime and recent change. *J. Geophys. Res.* 107(D23), 4694, doi:10.1029/2002JD002542.

© V. Fofonova, S. Danilov, A. Androsov, M. Zhukov,
O. Semenova, P. Overduin, K. Wiltshire, 2013

ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОГО ПОТОКА МЕТАНА НА ШЕЛЬФЕ МОРЕЙ ВОСТОЧНОЙ АРКТИКИ В РЕЗУЛЬТАТЕ ЕГО РАЗГРУЗКИ ИЗ ДОННЫХ ИСТОЧНИКОВ

Валентина Владимировна Малахова

Институт вычислительной математики и математической геофизики, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Лаврентьева, 6, кандидат физико-математических наук, научный сотрудник, тел. (913)892-7069, e-mail: malax@sscc.ru

Елена Николаевна Голубева

Институт вычислительной математики и математической геофизики, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Лаврентьева, 6, доктор физико-математических наук, старший научный сотрудник, тел. 8(383)330-64-50, e-mail: elen@ommfao.sccc.ru

На основе региональной модели Северный Ледовитый океан – Северная Атлантика, разработанной в ИВМиМГ СО РАН, проведены расчеты по моделированию состояния водных масс СЛО на период с 1948 по 2010 гг. В предположении увеличения газовой проницаемости многолетних мерзлых донных осадков, как следствия климатических изменений, были проведены численные эксперименты по поступлению растворенного метана в воды шельфа из донных резервуаров в виде диффузионных потоков. Из анализа результатов модельных экспериментов следует, что суммарная эмиссия метана на шельфе морей Восточной Арктики может составить до 200 килотонн в год за период открытой воды.

Ключевые слова: перенос метана, поток метана, окисление метана, Восточно-Сибирский шельф.

ESTIMATION OF POSSIBLE METHANE FLUXES FROM THE EAST ARCTIC SEAS A RESULT OF ITS DISCHARGE OF A SEDIMENT

Valentina V. Malakhova

Institute of Computational Mathematics and Mathematical Geophysics of SB RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, pr. Acad. Lavrentieva, 6, kandidat (PhD) of Physical and Mathematical Sciences, Researcher, tel. (913)892-7069, e-mail: malax@sscc.ru

Elena N. Golubeva

Institute of Computational Mathematics and Mathematical Geophysics of SB RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, pr. Acad. Lavrentieva, 6, doctor (PhD) of Physical and Mathematical Sciences, Researcher, tel. 8(383)330-64-50, e-mail: elen@ommfao.sccc.ru

Based on the regional model the Arctic Ocean–North Atlantic developed in ICMMG SB RAS the variability of the Arctic Ocean water masses state was simulated for the period from 1948 to 2010. Assuming the increase in the gas permeability of the perennial frozen sediment caused by climate change, the numerical simulation of the dissolved methane transport from the bottom reservoirs in the shelf water was performed. According to our numerical results obtained in the period from 2002 to 2010, the total methane emission in the eastern Arctic shelf waters can be estimated to 200 kilotons per year.

Key words: methane transport, methane flux, methane oxidation, East Siberian shelf.

Введение

Климатические изменения, происходящие в последнее десятилетие в Арктике, наблюдаются в атмосфере, гидросфере, криосфере и наземном покрове. Наиболее ярким индикатором этого процесса является сокращение ледового покрова Северного Ледовитого океана (СЛО). В целом, за десятилетие с 1997 по 2007 г. площадь морских льдов в Арктике сократилась на 26 %, в сибирских арктических морях площадь морского льда в сентябре сокращалась еще более быстрыми темпами и достигла 79 %, [1]. Повышение температуры приводит к разрушению берегового ледового комплекса и подводной мерзлоты. Все это может привести к вовлечению в современный биогеохимический цикл огромного количества метана, законсервированного в мерзлоте.

Данные экспедиционных исследований 2003-2008 гг. демонстрируют масштабную эмиссию метана в атмосферу из мелководной части шельфа в Восточно-Сибирском море и море Лаптевых [2, 3]. Предполагается, что это может происходить в результате высвобождения газа из мелководных арктических шельфовых газгидратов в результате образования сквозных таликов и увеличения проницаемости подводных мерзлых отложений [3, 4].

Основным в работе является вопрос о том, какими могут быть масштабы современной эмиссии метана в атмосферу на шельфе морей восточной Арктики в предположении наличия транспорта газа из донных отложений.

Методы исследования

Для проведения численного эксперимента используется совместная региональная модель гидротермодинамики океана ИВМиМГ СО РАН [5, 6] и морского льда CICE-3.14 (The Los Alamos Sea Ice Model, <http://oceans11.lanl.gov/trac/CICE>). Расчетная область включает акваторию Северной Атлантики с южной границей на 20°N и СЛО. Разрешение численной сетки для Северной Атлантики выбрано равным 1° . Севернее 65° используется репроективная сетка, максимальное разрешение которой достигается в приполярном районе и составляет 35 км. Минимальная глубина шельфовой зоны задана равной 50 метрам. Начальное распределение полей температуры и солености соответствуют климатическим данным [7] для зимнего сезона. В ходе численных экспериментов использовались характеристики нижней атмосферы, полученные из данных реанализа NCEP/NCAR.

Представленная выше региональная численная модель океана и морского льда, дополненная трассерным блоком, используется для исследования распространения растворенного метана в водах Восточно-Сибирского шельфа. Распределение растворенного метана (С) в морской воде рассматривается как решение адвективно-диффузионного уравнения для примеси с учетом окисления. Учет окисления метана был реализован на основе подхода, предложенного в работе [8], где на основе анализа данных по окислению метана в морской воде предложено эмпирическое соотношение для учета времени существования газа в растворенном виде в зависимости от его концентрации.

Поток метана в атмосферу был рассчитан как функция разницы концентрации растворенного метана в поверхностном слое воды C_w [нмоль/л] и равно-

весной с атмосферой концентрации метана C_a , (для данного региона от 3 до 4.5 [нмоль/л]), скорости ветра из данных реанализа NCEP/NCAR (V [м/с]), числа Шмидта (Sc) и сплоченности льда [9].

$$F = 0.31V^2 \left(\frac{Sc}{660} \right)^{-0.5} (C_w - C_a) \quad (1)$$

Результаты численного моделирования

В результате работы численной модели с использованием данных реанализа NCEP/NCAR была восстановлена система взаимодействия водных масс Северной Атлантики и СЛО, включая циркуляцию вод в морях сибирского шельфа с 1948 по 2010 гг. В соответствии с проведенными расчетами в последние десятилетия получены значительные изменения в системе водных масс СЛО [10]. По результатам расчета поступление аномально теплых атлантических водных масс в Северный Ледовитый океан, начавшееся в конце 80-х годов, привело к повышению придонной температуры на Восточно-Сибирском шельфе, что подтверждается данными экспедиционных наблюдений. Эти результаты, подкрепленные данными измерений [11], дают основание для предположений о росте температур многолетнемерзлых осадков на шельфе морей и, как следствие этого, о возможном увеличении газовой проницаемости субаквальной части криолитозоны. С использованием представленной модели были реализованы численные эксперименты по поступлению растворенного метана из донных резервуаров в период с 2002 по 2010 год в соответствии с двумя сценариями.

В первом сценарии С1 предполагалось увеличение газовой проницаемости многолетних мерзлых донных осадков на морских глубинах до 100 м и поступление растворенного метана из донных отложений равномерно по всей области шельфа в виде диффузионных потоков порядка 3 нмоль /м² [8].

Перенос растворенного метана по акватории морей Восточной Арктики производится в соответствии с системой течений бассейна и зависит от рассматриваемого периода. Рассчитанное поле течений имеет сложную структуру, изобилующую локальными круговоротами, особенно в западной части моря Лаптевых, характеризующейся значительными неоднородностями рельефа дна. Несмотря на равномерное задание диффузионных потоков метана по всей области мелководного шельфа, в местах круговоротов происходит его накопление, и образуются так называемые плюмы. Районами скопления растворенного метана в численном эксперименте С1 являются места впадения рек, пролив Дмитрия Лаптева, Новосибирские острова и восточная часть Восточно-Сибирского моря, что соответствует данным измерений [2].

Во втором сценарии С2 были заданы потоки из донных резервуаров порядка 1000 нмоль/м² в секунду в мелководной области шельфа до 50 м, где по данным 2003 - 2007 гг. зарегистрированы устойчивые аномалии растворенного метана, [2]. Величина потока взята из работы [12], где моделировался процесс

разрушения поддонных газогидратных залежей в мелководных арктических областях на основе математической модели.

Результаты моделирования показали, что аномальные концентрации метана до 900 нмоль/л сохраняются в придонном слое воды. Однако вынос в поверхностную часть водной колонки происходит только в районах, где в соответствии с динамикой водных масс формируется циркуляция, способствующая диффузионному переносу метана по всей водной колонке. В дальнейшем в поверхностном слое происходит распространение метана по всей акватории шельфа.

Выполненные сценарные расчеты позволили оценить возможные потоки метана в атмосферу рассматриваемого региона. Расчет эмиссии метана проводился по методологии, описанной в [9], с учетом соотношения (1). Поток метана в атмосферу в зависимости от года может составить от 20 до 90 килотонн в год по результатам эксперимента С1, от 30 до 200 килотонн в год в эксперименте С2 (см. рисунок). Расчет интегральных потоков метана в изучаемом районе показал, что максимальная эмиссия характерна для 2005 и 2007 годов (см. рисунок). Данные наблюдений показывают, что в середине 2000-х годов значения аномалий среднегодовой температуры воздуха в северной полярной области достигли наибольших значений. Наиболее теплыми годами стали 2005 г. и 2007 г. с аномалией температуры 1,8 °С [1]. Формирование уникального теплового состояния поверхностного слоя воды, способствовало прогреву вод арктических морей в летний период и резкому сокращению площади, занимаемой морскими льдами в конце летнего периода. В численных экспериментах также значительно сократилась площадь льда в этот период, что могло способствовать повышенной эмиссии метана в атмосферу в эти годы.

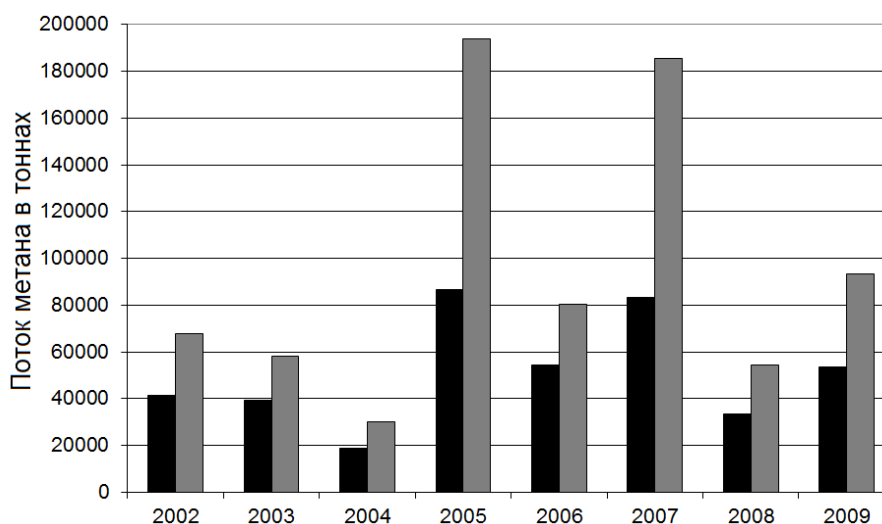


Рис. Поток метана в атмосферу региона в тоннах, полученный в эксперименте С1 (черный цвет) и эксперименте С2(серый цвет) для всего безледового периода

Заключение

Наблюдаемые климатические изменения в Арктике и их возможное усиление в будущем может оказать влияние на объемы переноса метана в

водных системах и его транспорта в атмосферу региона. Существенным здесь может быть оттаивание субаквальной мерзлоты, а также увеличение продолжительности безледного периода в арктических морях.

В предположении увеличения газовой проницаемости многолетних мерзлых донных осадков, как следствия климатических изменений, были проведены численные эксперименты по поступлению растворенного метана в воды Восточно-Сибирского шельфа из донных резервуаров и путем речного стока. Показано, что причиной скопления растворенного метана в устьевых районах рек, в проливе Дмитрия Лаптева, у Новосибирских островов может быть система течений данного региона, а не локализация источников именно в этой части шельфа.

На основе сценарных расчетов получены оценки потока метана на шельфе морей восточной Арктики. Показано, что эмиссия метана из вод Восточно-Сибирского сектора Арктики может составить до 200 килотонн в год за период открытой воды, что примерно на порядок ниже оценок приведенных в [3].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Алексеев Г.В., Радионов В.Ф., Александров Е.И., Иванов Н.Е., Харланенкова Н.Е. Климатические изменения в Арктике и северной полярной области // Проблемы Арктики и Антарктики. 2010. Т.84. №1. Стр.67-80
2. Shakhova N., Semiletov I., Salyuk A., Yusupov V., Kosmach D., Gustafsson O. Extensive methane venting to the atmosphere from sediments of the East Siberian Arctic Shelf // Science. 2010. V.327. Issue 5970. P. 1246-1250.
3. Шахова Н. Е., В. И. Сергиенко, И. П. Семилетов Вклад Восточно-Сибирского шельфа в современный цикл метана // Вестник Российской Академии наук. 2009. Том 79. № 6. С.507-518
4. Shakhova, N., Semiletov, I., Leifer, I., Rekan, P., Salyuk, A., and Kosmach, D.: Geochemical and geophysical evidence of methane release from the inner East Siberian Shelf // J. Geophys. Res. 2010. V. 115, C08007, doi:10.1029/2009JC005602.
5. Golubeva E.N., Platov G.A. On improving the simulation of Atlantic Water circulation in the Arctic Ocean // J.Geoph.Res. - 2007. - Vol. 112. - C04S05
6. Голубева Е.Н. Численное моделирование динамики Атлантических вод в Арктическом бассейне с использованием схемы QUICKEST// Вычислительные технологии. 2008. Т.13. №5. С. 11-24.
7. Steele M., Morley R., Ermold W. PHC: A global hydrography with a high quality Arctic Ocean // J. Climate. 2000. V. 14. № 9. P. 2079-2087
8. Elliott S. Maltrud M, Reagan M., Moridis G., Cameron-Smith P. Marine methane cycle simulations for the period of early global warming // J. Geophysical Research. - 2011. V.16. G01010. doi:10.1029/2010JG001300
9. Wanninkhof R. Relationship between wind speed and gas exchange over the ocean // Journal of Geophysical Research. 1992. V.97. NO. C5. P.7373–7382.
10. Голубева Е. Н., Платов Г. А. Численное моделирование отклика Арктической системы океан-лед на вариации атмосферной циркуляции 1948 – 2007 гг. // Известия РАН, серия ФАО. 2009. Т.45. № 1. С.145 -160.
11. Обзор гидрометеорологических процессов в Северном Ледовитом океане. 2007 // Санкт-Петербург. ААНИИ. – 2008. 82 стр.

12. Reagan M. T., Moridis G. J. Dynamic response of oceanic hydrate deposits to ocean temperature change // J. Geophysical Research. 2008. V.113. C12023, doi:10.1029/2008JC004938.

13. Polyakov I. D., Alekseev G. V., Bekryaev R. V., Bhatt U., Colony R., Johnson M. A., Karklin V. P., Makshtas A. P., Walsh D., and Yulin A. V. Observationally based assessment of polar amplification of global warming // Geophysical research letters. 2002. V. 29. №. 18. 1878, doi:10.1029/2001GL011111. P.25-1 -25-4

Работа выполнена при поддержке междисциплинарного ИП СО РАН №109, проекта РФФИ № 11-05-01075-а

© В.В. Малахова, Е.Н. Голубева, 2013

МОДЕЛИРОВАНИЕ ГЛОБАЛЬНОЙ ПЕРЕМЕЖАЕМОСТИ ТУРБУЛЕНТНОСТИ В УСТОЙЧИВОМ АТМОСФЕРНОМ ПОГРАНИЧНОМ СЛОЕ: ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ

Людмила Ивановна Курбацкая

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

Альберт Феликсович Курбацкий

Институт теоретической и прикладной механики им. С.А. Христиановича СО РАН, 630090, г. Новосибирск, Институтская ул., 4/1, главный научный сотрудник, д.ф.-м.н., профессор, тел. (383) 330-78-05, e-mail: kurbat@itam.nsc.ru

RANS схема моделирования турбулентности, включающая эффект внутренних гравитационных волн, применена для анализа структуры течения и статистики турбулентности устойчиво стратифицированного пограничного слоя. Анализируется возможность описания в рамках RANS приближения перемежающейся структуры турбулентности как вблизи поверхности, так и поднятой турбулентности в окрестности струйного течения низкого уровня, формирующегося наверху устойчивого пограничного слоя. Обсуждается роль процессов турбулентной диффузии (статистических моментов третьего порядка) в генерации перемежающейся турбулентности. Результаты численного моделирования согласуются с результатами LES моделирования и натурных наблюдений, показывая наличие перемежаемости кинетической энергии турбулентности как вблизи поверхности, так и поднятой турбулентности ниже струйного течения низкого уровня.

Ключевые слова: атмосферный пограничный слой, струйное течение, перемежаемость турбулентности, численное моделирование.

MODELLING OF GLOBAL INTERMITTENCY TURBULENCE IN THE STABLY ATMOSPHERIC BOUNDARY LAYER: MODELLING AND SIMULATION

Lyudmila I. Kurbatskaya

Institute of Computational Mathematics and Mathematical Geophysics of SB RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, pr. Acad. Lavrentieva, 6, senior scientific researcher, tel. (383) 330-61-52, e-mail: L.Kurbatskaya@omgp.sccc.ru

Albert F. Kurbatskiy

Khristianovich Institute of Theoretical and Applied Mechanics, 630090, Russia, Novosibirsk, Institutskaya Str., 4/1, principal scientific researcher, tel. (383) 330-78-05, e-mail: kurbat@itam.nsc.ru

RANS scheme of turbulence modelling including of internal gravitational waves effect is applied to the analysis of a structure flow and the turbulent statistics in the stably stratified boundary layer. Possibility of the description within the limits of RANS approach of intermittently structure of turbulence as near to a surface, and the elevated turbulence in a neighborhood of a low level jet formed above of a stable stratified boundary layer is analyzed. The role of processes of a turbulent diffusion (the third order moments) in the generation of intermittently turbulence is discussed. The

results of numerical modelling will be agreement with the LES results and the natural observations, showing the presence of turbulence kinetic energy intermittency as near to a surface, and the elevated turbulence below a low level jet.

Key words: atmospheric boundary layer, low level jet, modelling and simulation.

В классическом устойчиво стратифицированном пограничном слое турбулентность генерируется вблизи поверхности и транспортируется наверх. В не классическом устойчиво стратифицированном пограничном слое турбулентность может также генерироваться и формирующимся в верхней части устойчивого пограничного слоя струйным течением (струей низкого уровня [1,2]). Генерация турбулентности происходит за счет сдвига скорости на нижней и верхней ветви струи. Поднятая над поверхностью турбулентность моделировалась численно в [3, 4]. Перемежающиеся турбулентные бёрсты, индуцируемые струей низкого уровня, моделировались в [4] LES методом с заданным форсингом поверхности из экспериментальных данных. Перемежающийся характер турбулентности в сильно устойчивом не классическом пограничном слое (большие отрицательные потоки тепла на поверхности) получен в [5] с привлечением LES-метода (метода моделирования турбулентности с выделением крупных вихрей). Для квазиустановившегося состояния пограничного слоя численные результаты показывают перемежающийся характер кинетической энергии турбулентности, причем турбулентные бёрстинги с большей вероятностью возникают в области под струей (рис. 2).

В настоящем исследовании предпринята попытка выяснить возможность RANS схемы турбулентности высокого уровня замыкания в воспроизведении перемежающегося характер турбулентности в устойчиво стратифицированном пограничном слое как вблизи поверхности, так и в окрестности струйного течения в верхней части пограничного слоя. В трехпараметрической RANS схеме турбулентности [6] не используются функции устойчивости, которые ‘включают’ возникновение перемежаемости, точнее говоря, осцилляционного поведения характеристик течения. КЭТ, скорость ее спектрального расходования (диссипация) и турбулентная потенциальная энергия (выраженная через дисперсию температурных флуктуаций) – искомые переменные. Результаты проведенных вычислительных тестов чувствительности, полученные по трехпараметрической RANS схеме турбулентности, сопоставляются с данными наблюдений и численными результатами, полученными LES и DNS методами при одном и том же форсинге на поверхности.

Определяющие уравнения трехпараметрической $(E - \varepsilon - \overline{\theta'^2})$ - модели геофизической турбулентности, выражения для турбулентных потоков импульса $\overline{u'w'}$, $\overline{v'w'}$ и тепла $\overline{\theta'w'}$, структура вихревых коэффициентов диффузии импульса K_m и тепла K_h , а также граничные условия для кинетической энергии турбулентности E , скорости ее спектрального расходования ε и дисперсии температурных флуктуаций $\overline{\theta'^2}$ приведены в [6, 7] и здесь не приводятся.

Параметризации турбулентных потоков импульса и тепла в трехпараметрической RANS схеме турбулентности, в которой учитывается воздействие внутренних гравитационных волн на перенос импульса, имеют вид градиентной диффузии [6]. Вычислительный эксперимент ставил своей целью выяснение чувствительности трехпараметрической RANS схемы турбулентности к воспроизведению перемежающейся турбулентности как вблизи твердой поверхности, так и поднятой турбулентности, генерируемой струйным течением низкого уровня в термически устойчиво стратифицированном пограничном слое. Для сравнения с результатами LES моделирования [5] на поверхности был задан постоянный форсинг в виде турбулентного потока тепла $(\overline{w'\theta'})_s = -0,05 \text{ К м с}^{-1}$. Как и в [5], использована однородная сетка в вертикальном направлении с разрешением 3, 125м.

На рис. 1 приведены вычисленные временные ряды перемежающейся КЭТ, вычисленные по RANS схеме турбулентности для квазиустановившегося состояния сильно устойчивого пограничного слоя (с форсингом на поверхности в виде задания постоянного отрицательного потока тепла $(\overline{w'\theta'})_s = -0,05 \text{ К м с}^{-1}$). Верхняя диаграмма (1) – область генерации КЭТ сдвигом над струей; нижние три диаграммы, (2)-(4), охватывают область под струей. Хотя сдиг возрастает как ниже, так и выше струи, турбулентные бёрстинги с большей вероятностью возникают в области под струей. Такой вывод сделан и в [5] на основе анализа результата моделирования, приведенного на рис. 2. Наблюдаются протяженные периоды, где КЭТ подавляется при сильно устойчивых условиях. Это более существенно с поднятием к носику струи (максимуму скорости). На обоих рис. 1, 2 можно видеть, что между спокойными периодами наблюдается ‘взрывное’ возрастание КЭТ в пределах сравнительно короткого временного масштаба. Кроме того, можно видеть, что интенсивность порождения в области под струей выше, чем над струей. Такой же вывод сделан в [8] при анализе данных натуральных измерений CASES-99.

Перемежающийся характер скорости турбулентного трения $u_* \left(= \sqrt{(-\overline{u'w'})^2 + (-\overline{v'w'})^2} \right)$ на первом расчетном уровне ($\Delta z/2=1, 5625 \text{ м}$) показан на рис. 5а для шестичасового интервала изменения.

Результаты настоящего исследования показывают, что наряду с LES методом, RANS метод может быть применен для моделирования структуры турбулентности устойчиво стратифицированного пограничного слоя. Проведенные тесты чувствительности RANS схемы при описании перемежающейся турбулентности показали существенную роль процессов турбулентной диффузии (статистических моментов третьего порядка) в уравнениях баланса КЭТ и скорости ее спектрального расходования, и их адекватная параметризация для устойчиво стратифицированного течения в пограничном слое требует дальнейшего исследования. Сравнение с LES результатами [9] и данными наблюдений по-

казывает, что обнаруживаемое присутствие перемежающейся турбулентности ниже струи [8] может быть воспроизведено и RANS схемой.

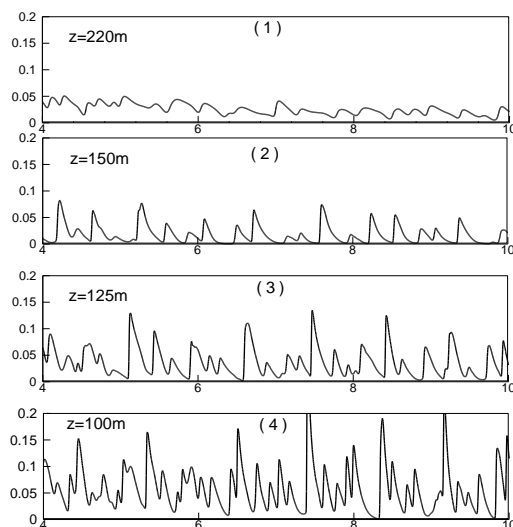


Рис. 1. Временные ряды кинетической энергии турбулентности $E = 1/2(\overline{u'^2} + \overline{v'^2} + \overline{w'^2})$ над верхней ветвью струи (диаграмма (1)) и на нижней ветви струи (диграммы (2) - (4)) в сильно устойчивом пограничном слое $(\overline{(w'\theta')_s} = -0,05 \text{ К м с}^{-1})$, полученные при численном моделировании по трехпараметрической RANS схеме турбулентности. На каждой из диаграмм по оси абсцис – локальное время в часах, по оси ординат - кинетическая энергия турбулентности $E \text{ (м}^2\text{с}^{-2}\text{)}$

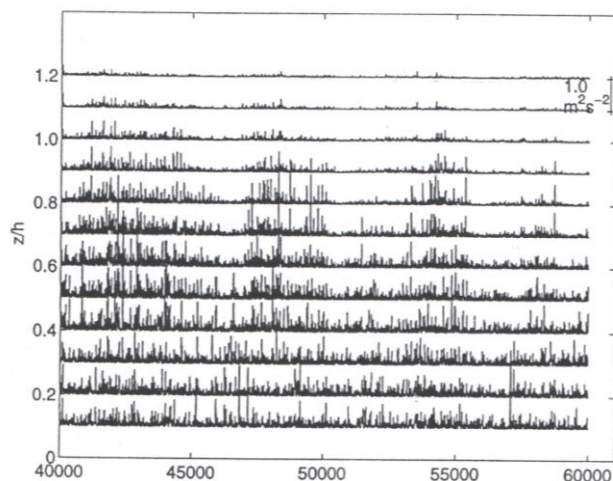


Рис. 2. Временные ряды перемежающейся кинетической энергии турбулентности $E = 1/2(\overline{u'^2} + \overline{v'^2} + \overline{w'^2})$, полученные в сильно устойчивом пограничном слое LES моделированием [9] $(\overline{(w'\theta')_s} = -0,05 \text{ К м с}^{-1}; z - \text{вертикальная координата, } h - \text{высота пограничного слоя})$

$$u_* = \left((-\overline{u'w'})^2 + (-\overline{v'w'})^2 \right)^{1/4}$$

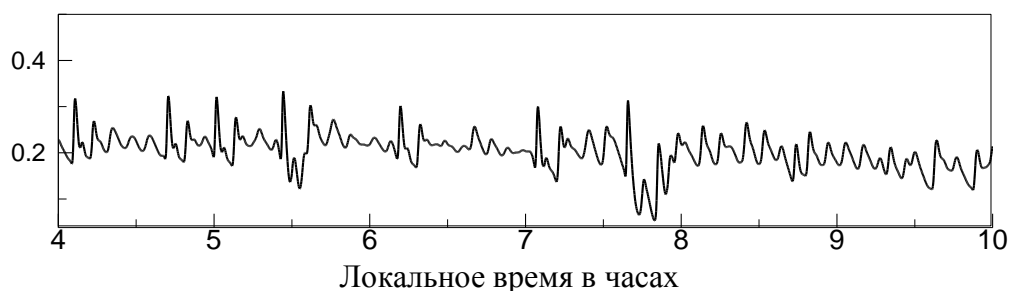


Рис. 3. Временной ряд турбулентной скорости трения u^* вблизи поверхности (на высоте $z=1,5625$ м) в сильно устойчивом пограничном слое, полученный при численном моделировании по трехпараметрической RANS схеме турбулентности

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Интеграционного проекта СО РАН по фундаментальным исследованиям №132, гранта РФФИ № 11-01-00187, а также гранта программы фундаментальных исследований Президиума РАН №4 и Отделения математических наук РАН №3.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Курбацкий А. Ф., Курбацкая Л. И. Структура поля ветра в устойчиво стратифицированном пограничном слое над шероховатой поверхностью // Изв. РАН. Физика атмосферы и океана. - 2011. - Т. 47, № 3. - С. 308-316.
2. Курбацкий А. Ф., Курбацкая Л. И. Инерционная осцилляция в устойчиво стратифицированном атмосферном пограничном слое // Оптика атмосферы и океана. - 2011. - Т. 24, № 12. - С. 1061-1065.
3. Conangla L., Cuxart J. On the turbulence in the upper part of the low-level jet: An experimental and numerical study // Bound. - Layer Meteor. - 2006 - V. 118. - P. 379-400.
4. Cuxart J., Jimenez M. A. Mixing Processes in Nocturnal Low-Level Jet: An LES study // J. Atmos. Sci. - 2007 - V. 64. - P. 1666- 1679.
5. Zhou B., Chow F. K. Large-Eddy Simulation of the Stable Boundary Layer with Explicit Filtering and Reconstruction Turbulence Modeling // J. Atmos. Sci. - 2011 - V. 68. - P. 2142- 2155.
6. Курбацкий А. Ф., Курбацкая Л. И. О турбулентном числе Прандтля в устойчиво стратифицированном атмосферном пограничном слое // Изв. РАН. Физика атмосферы и океана. - 2010 - Т. 46, №2. - С. 40-49.
7. Курбацкий А. Ф., Курбацкая Л. И. Трехпараметрическая модель турбулентности для атмосферного пограничного слоя над урбанизированной поверхностью // Изв. РАН, Физика атмосферы и океана. - 2006 - Т. 42, №4. - С. 476-494.
8. Sun J., Mahrt L., Banta R. M., Pichugina Y. L. Turbulence Regimes and Turbulence Intermittency in the Stable Boundary Layer during CASES-99 // J. Atmos. Sci. - 2012 - V. 69. - P. 338-351.

© Л.И. Курбацкая, А.Ф. Курбацкий, 2013

АНАЛИЗ ПОЛЕЙ РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ТЕРРИТОРИЙ АВАРИЙНЫМИ ВЫБРОСАМИ СИБИРСКОГО ХИМИЧЕСКОГО КОМБИНАТА

Владимир Федотович Рапута

Институт вычислительной математики и математической геофизики Сибирского отделения РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Лаврентьева, 6, ведущий научный сотрудник, тел. (383)330-61-51, e-mail: raputa@sscc.ru

Обсуждаются модели восстановления следа выпадений полидисперсной примеси от высотного мгновенного источника. С использованием предложенных моделей реконструкции полей атмосферных выпадений примесей проведён анализ данных аэрогамма-спектральных съёмки окрестностей Сибирского химического комбината.

Ключевые слова: численное моделирование, аэрозоль, радиоактивное загрязнение, реконструкция, обратная задача.

ANALYSIS OF RADIOACTIVE CONTAMINATION FIELDS FOR SIBERIAN CHEMICAL PLANT ENVIRONS

Vladimir F. Raputa

Institute of Computational Mathematics and Mathematical Geophysics SB RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, pr. Akademika Lavrentjeva, 6, tel. (383)330-61-51, e-mail: raputa@sscc.ru

Models of trace reconstruction of polydisperse admixtures fallout by tall instantaneous source are discussed. Analysis of air gamma spectral data determination in the Siberian Chemical Plant environs using proposed models for impurities atmospheric deposition fields reconstruction is presented.

Key words: numerical modeling, aerosol, radioactive contamination, the reconstruction, the inverse problem.

Определение количественных характеристик радиоактивного загрязнения природных сред в результате аварий на атомных станциях и предприятиях ядерно-технологического цикла является весьма актуальной задачей. Для корректного описания полей концентраций возникает необходимость обеспечения расчётных моделей соответствующей входной информацией. К ним следует отнести неопределённости высоты и мощности источника выброса радионуклидов в атмосферу, распределение в начальном облаке аэрозольных частиц по размерам и скоростям оседания и т.д., что приводит к необходимости использования при численном моделировании дополнительной экспериментальной информации о полях загрязнения и создания соответствующих моделей реконструкции [1, 2].

1. Модель реконструкции атмосферных выпадений примеси

Предварительный анализ полученных данных наблюдений аэрозольных выпадений радионуклидов показывает, что изменение полей их концентраций по мере удаления от места аварийного выброса может быть весьма значитель-

ным. Это позволяет сделать предположение о присутствии в их составе как крупных, так и достаточно мелких аэрозольных фракций. Исходным моментом для расчета поля выпадений полидисперсной примеси от точечного источника является соотношение [3]

$$p = \int_0^{\infty} w q_w N(w) dw \quad , \quad N(w) = \frac{a^{m+1}}{\Gamma(m+1)} w^m e^{-aw} \quad , \quad (1)$$

где q_w - поле концентрации монодисперсной примеси со скоростью оседания w , параметр w_m характеризует скорость преобладающей по количеству частиц фракции примеси, m - степень однородности распределения частиц примеси по скоростям w , $m \geq -1$, $a = m / w_m$, $\Gamma(m)$ - гамма-функция Эйлера.

С использованием аналитических решений уравнения турбулентной диффузии для относительно невысоких источников поле концентрации q_w вблизи земли можно представить в виде [4]

$$q_w(x, y) = \frac{M c^{\omega}}{2(1+n)\sqrt{\pi k_0} \Gamma(1+\omega) x^{1.5+\omega}} \exp\left(-\frac{c}{x} - \frac{y^2}{4k_0 x}\right) \quad . \quad (2)$$

Здесь ось x ориентирована в направлении ветра, ось y направлена в поперечном ветру направлении, M - мощность источника примеси, k_0 - параметр турбулентного обмена в направлении оси y , u_1 и k_1 - значения скорости ветра и коэффициента вертикального турбулентного обмена при $z = z_1$, $c = \frac{u_1 H^{1+n}}{(1+n)^2 k_1}$

$$, \quad \omega = \frac{w}{k_1(1+n)} \quad .$$

С учётом соотношения (2) выражение (1) можно представить в виде

$$p(x, y) = \frac{M a^{m+1} (1+n)^{m+1} k_1^{m+2}}{2\sqrt{\pi k_0} \Gamma(1+m) x^{1.5}} \exp\left(-\frac{c}{x} - \frac{y^2}{4k_0 x}\right) \int_0^{\infty} \frac{\omega^{m+1} \exp(-a k_1 (1+n) \omega)}{\Gamma(1+\omega)} \left(\frac{c}{x}\right)^{\omega} d\omega \quad . \quad (3)$$

В частности, для осевой концентрации ($y = 0$) соотношение (3) представляется в виде

$$p_{ось}(x) = \frac{\theta_1}{x^{1.5}} \exp\left(-\frac{c}{x}\right) \int_0^{\infty} \frac{\omega^{\theta_2} \exp(-\theta_3 \omega)}{\Gamma(1+\omega)} \left(\frac{c}{x}\right)^{\omega} d\omega \quad , \quad (4)$$

$$\theta_1 = \frac{M a^{m+1} (1+n)^{m+1} k_1^{m+2}}{2\sqrt{\pi k_0} \Gamma(1+m) x^{1.5}} \quad , \quad \theta_2 = m+1 \quad , \quad \theta_3 = a k_1 (1+n) \quad .$$

2. Реконструкция осевой части следа от аварии 1993 г. в Томске -7

6 апреля 1993 г. на радиохимическом заводе в г. Томске -7 произошло разрушение ёмкости с радиоактивным раствором. Авария сопровождалась кратковременным залповым выбросом радиоактивных веществ в окружающую среду через вентиляционную систему, вытяжную трубу высотой 150 м, а также развал стены здания на высоте 15 м. Распределение поля радиоактивного загрязнения местности изучалось с помощью самолётной гамма-съёмки, а также наземных маршрутных наблюдений загрязнения снегового и почвенного покрова. Начальная протяжённость следа с уровнем более 15 мкР/ч составила 28 км, наибольшая ширина – 6 км, площадь зоны загрязнения составила более 100 км². Дальнейшие наблюдения в мае-июне показали довольно быстрое снижение уровней загрязнения, что было обусловлено распадом короткоживущих радионуклидов - ¹⁰³Ru, ⁹⁵Nb, ⁹⁵Zr, ¹⁰⁶Ru, доминировавших в составе выброса [5-7].

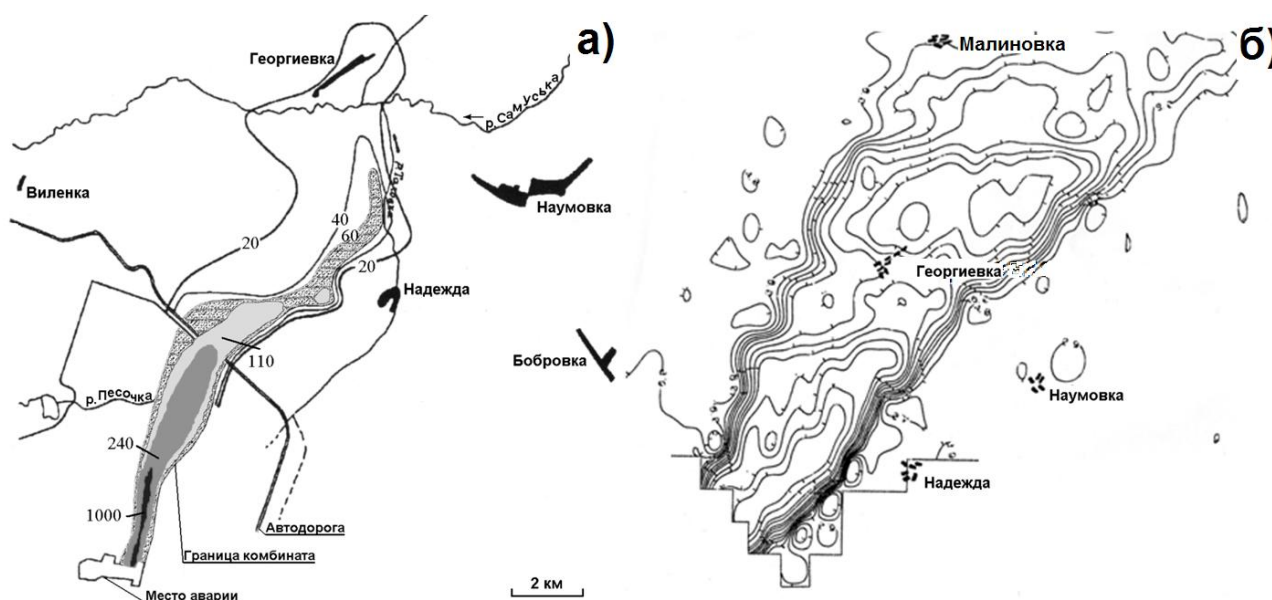


Рис. 1. Карты следов радиоактивных выпадений: а) - загрязнение почвы от аварии на СХК по состоянию на 13 мая 1993 г. (мкР/ч); б) – загрязнение снежного покрова по данным самолётной аэрогаммасъёмки на 12 апреля 1993 г.

На рис. 1а представлена карта радиационной обстановки в районе аварии на СХК на 13 мая 1993 г., полученная по данным наземных измерений гамма-поля на высоте 1 м [6, 7]. С использованием данных, приведённых на рис. 1а, и модельной зависимости (4) была проведена реконструкция осевой части следа.

Для проведения оценивания неизвестных параметров θ_1 , θ_2 , θ_3 в качестве опорных уровней измерений были использованы уровни: 110, 240, 1000 мкР/ч. Результаты численного восстановления осевых выпадений радионуклидов по заданным трём опорным уровням измерений представлена

на рис. 2а. С использованием одной опорной точки на оси следа и полученных оценок параметров θ_2 , θ_3 был проведён численный анализ поля радиоактивного загрязнения от аварии на 12 апреля 1993 г., представленного на рис. 1б [6]. Результаты восстановления поля на этот момент времени в направлении оси, представлен на рис. 2б.

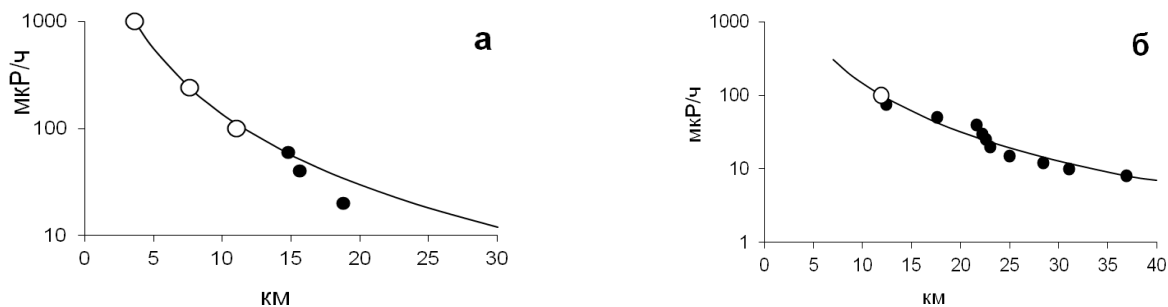


Рис. 2. Численно восстановленные по данным наблюдений уровни радиоактивного загрязнения почвы и снегового покрова от аварии на СХК 1993 г. вдоль оси следа: а) по состоянию на 13 мая, б) на 12 апреля (самолётная гамма-съёмка. ———— - результат численного моделирования, ○, ● - опорные и контрольные точки измерений

Анализ результатов моделирования показал вполне удовлетворительное согласие измеренных и вычисленных значений активности в контрольных точках измерений. Несмотря на значительную высоту источника произошло довольно быстрое снижение уровней загрязнения с расстоянием, что указывает на большую разнородность дисперсного состава выброшенной смеси радионуклидов. Тем не менее первоначальная протяжённость следа составила не менее 40 км.

2. Численная реконструкция северного следа выпадений ^{137}Cs , образовавшегося в результате аварии на реакторном заводе в Томске -7.

На рис. 3а представлены результаты аэрогамма-спектральной съёмки окрестностей СХК, выполненной в сентябре 1993 г. лётной экспедицией НПО «Тайфун» [8]. На момент съёмки плотность загрязнения ^{137}Cs на оси северного следа достигала 1 Кюри/км². К северу от СХК по ограниченному числу точек с помощью соотношений (3)-(4) численно восстановлен след выпадений ^{137}Cs , образовавшийся в результате крупной радиационной аварии на реакторных заводах комбината в шестидесятых годах прошлого столетия (рис. 3а). На рис. 3б приведена измеренная и численно восстановленная плотность выпадений радионуклида по оси следа.

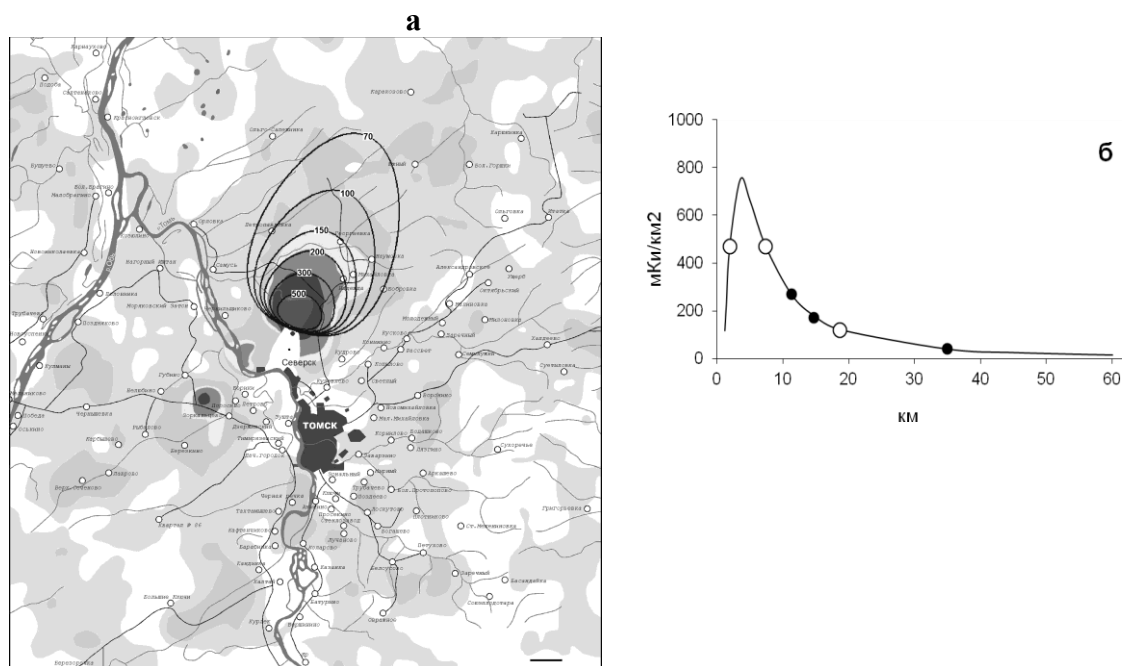


Рис. 3. Карта-схема плотности загрязнения почв ^{137}Cs (мКюри/км²) на 1993 г. по данным аэрогаммасьёмки (а) и численное восстановление выпадений радионуклида по оси следа (б)

С использованием рассчитанных параметров модели реконструкции и закона радиоактивного распада для ^{137}Cs проведена прогнозная оценка современного состояния следа, а также на предположительное время аварии - вторая половина 60 годов прошлого столетия.

Заключение

Предложенная малопараметрическая модель реконструкции выпадений полидисперсной примеси даёт возможность численного анализа данных наблюдений практически по всей оси следа. Для получения оценок неизвестных параметров в зависимости (б) требуется привлечение относительно небольшого объёма данных измерений. Как показал численный анализ данных радиационного мониторинга, весьма полезным приёмом оказалось выделение группы параметров, зависящих от характеристик дисперсного состава, что позволило при восстановлении полей осевых концентраций в другие моменты времени дополнительно сократить количество используемых уровней измерений. Весьма полезной является информация о количественном составе выброшенной в атмосферу радионуклидной смеси. Её наличие позволяет после проведения численной реконструкции поля выпадений нуклидов дать прогноз радиационной обстановки на последующие моменты времени.

Работа выполнена при финансовой поддержке Программы фундаментальных исследований Президиума РАН № 4.9-3.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Израэль Ю.А., Цатуров Ю.С., Назаров И.М. и др. Реконструкция фактической картины радиоактивного загрязнения местности в результате аварий и ядерных испытаний // Метеорология и гидрология. - 1994. - № 8. - С. 5-18.
2. Рапута В.Ф. Модели реконструкции загрязнения осевой части Восточно-Уральского радиоактивного следа // Вычислительные технологии. - 2006. - Т. 11. - Ч. 2. - Спецвыпуск. - С. 10-16.
3. Прессман А.Я. О распространении в атмосфере тяжёлой неоднородной примеси из мгновенного точечного источника // Инженер.-физ. журн. - 1959. - Т. 2. - № 3. - С. 78- 87.
4. Берлянд М.Е. Прогноз и регулирование загрязнения атмосферы. Ленинград: Гидрометеоздат, 1985. 272 с.
5. Израэль Ю.А., Артёмов Е.М., Назаров И.М. и др. Радиоактивное загрязнение местности в результате аварии на радиохимическом заводе в Томске // Метеорология и гидрология. - 1993. - № 6. - С. 5-8.
6. Булатов В.И., Чирков В.А. Томская авария: мог ли быть сибирский Чернобыль? Новосибирск: ЦЭРИС, 1993. 32 с.
7. Вакуловский С.М., Шершаков В.М., Бородин Р.В. и др. Анализ и прогноз радиационной обстановки в районе аварии на Сибирском химическом комбинате // Радиация и риск. - 1993. - Вып. 3. - Приложение 2. - С. 3-48.

© В.Ф. Рапута, 2013

МОНИТОРИНГ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ СНЕЖНОГО ПОКРОВА В ОКРЕСТНОСТЯХ НОВОСИБИРСКОГО ОЛОВОКОМБИНАТА

Василий Васильевич Коковкин

Институт неорганической химии Сибирского отделения РАН, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Лаврентьева, 3, старший научный сотрудник, тел. (383) 316-56-32, e-mail: basil@niic.nsc.ru

Владимир Федотович Рапута

Институт вычислительной математики и математической геофизики Сибирского отделения РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Лаврентьева, 6, ведущий научный сотрудник, тел. (383)330-61-51, e-mail: raputa@sscc.ru

Ольга Васильевна Шуваева

Институт неорганической химии Сибирского отделения РАН, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Лаврентьева, 3, ведущий научный сотрудник, тел. (383) 330-12-59, e-mail: olga@niic.nsc.ru

Обсуждаются результаты полевых, химико-аналитических и численных исследований современного влияния выбросов Новосибирского оловокомбината на загрязнение окружающих территорий. С использованием данных наблюдений и модельных описаний процессов распространения аэрозольной примеси в приземном слое атмосферы численно восстановлены поля выпадений тяжёлых металлов. С целью идентификации источника выполнен попарный корреляционный анализ между определяемыми компонентами элементного состава выпадений. Проводится сопоставление текущего состояния загрязнения с исследованиями предыдущих лет.

Ключевые слова: моделирование, мониторинг, загрязнение, тяжёлые металлы, снежный покров.

MONITORING HEAVY METALS CONTAMINATION OF SNOW COVER IN NOVOSIBIRSK TIN PLANT ENVIRONS

Vasily V. Kokovkin

Nikolaev Institute of Inorganic Chemistry of SB RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, 3 Academician Lavrentiev avenue, senior researcher, tel. (383)316-56-32, e-mail: basil@niic.nsc.ru

Vladimir F. Raputa

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

Olga V. Shuvaeva

Nikolaev Institute of Inorganic Chemistry of SB RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, 3 Academician Lavrentiev avenue, senior researcher, tel. (383)316-56-32, e-mail: olga@niic.nsc.ru

The results of field, chemical analytical and numerical investigations of contemporary influence of Novosibirsk tin plant pollution on the environs contamination are discussed. Using monitoring data and aerosol admixture distribution process models for atmospheric surface layer, heavy

metals fallout fields are numerically reconstructed. With the aim of pollution source identification, paired correlation analysis between fallout components of elemental composition was made. Contemporary contamination state is compared to that of in the previous periods.

Key words: modeling, monitoring, contamination, heavy metals, snow cover.

Введение

Новосибирский оловокомбинат (НОК) находится на левом берегу р. Обь в промзоне Кировского района г. Новосибирска. Деятельность предприятия направлена на производство товарного олова, сплавов, припоев и бабитов на его основе. Токсичными веществами, выделяющимися в воздушную среду во взвешенном состоянии при производстве олова, являются мышьяк, свинец, цинк, окислы серы. Выброс в атмосферу загрязняющих веществ с промплощадки НОК происходит в основном через стометровую трубу с диаметром устья 3,7 м. Скорость выхода из трубы газопылевой смеси может достигать 5-6 м/с, а температура 80-90 °С.

Исследования закономерностей распространения в атмосфере и выпадения на земную поверхность аэрозольных примесей представляют значительный интерес для решения многих практических задач. Движение в атмосфере облака аэрозольных частиц определяется в основном: действием силы тяжести в сочетании с силами сопротивления со стороны воздуха, полем ветра и турбулентной диффузией. Следует также отметить, что по мере увеличения скорости осаждения частиц происходит убывание коэффициентов турбулентного обмена. При скоростях оседания порядка 0.5 - 1 м/с вполне пригодна для использования кинематическая схема выпадения частиц на поверхность земли. При описании распространения более мелких фракций аэрозольных примесей следует также учитывать эффекты турбулентного перемешивания в атмосфере [1].

При проведении численного анализа и интерпретации данных экспериментальных исследований выпадения полидисперсных примесей требуется информация о функции распределения спектра размеров частиц, которая, как правило, отсутствует. В этом случае возникает необходимость учёта дополнительных априорных сведений о возможных описаниях функции распределения спектра размеров и постановках соответствующих обратных задач переноса примеси в приземном и пограничном слоях атмосферы [2].

1. Экспериментальные исследования

Геохимическими и санитарно-гигиеническими исследованиями были установлены количественные связи между содержанием металлов в атмосферном воздухе и выпадением в окрестностях промышленных источников, что фиксируется в виде аномалий в снежном покрове, депонирующих загрязнение и легко доступных для изучения по любой заранее заданной сети точек отбора проб. В снежном покрове в окрестностях промышленных предприятий установлены ареолы аномальных концентраций веществ, которые входят в состав выброса или составляют продукты их трансформации. Интенсивность и конфигурация поля концентрации определяется величиной выброса, длительностью периода

накопления, размещением источников, повторяемостью направлений ветра и т.д.

Текущее состояние загрязнения окрестностей НОК оценивали по составу снежного покрова как естественного природного планшета-накопителя. Отбор проб снежного покрова проводился в конце зимнего 2011/12 г.г. по радиальным относительно 100 метровой трубы маршрутам в направлениях преобладающего сноса примеси. Согласно климатическим данным в зимнее время доминируют северное и северо-восточное направления [3]. Точки отбора проб размещались на удалениях от трубы в диапазоне расстояний от 0,3 до 2 км со сгущением в области ожидаемого максимума выпадений.

Химический анализ проб на As, Sn, Pb, Zn, Fe, Cu, Cd и др. металлы проводили методом атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно-связанной плазмой после соответствующей пробоподготовки. Анализировали фильтрат и грубодисперсный осадок (размер частиц более 2-5 мкм).

При пробоподготовке, заключающейся в топлении проб, происходит растворение части аэрозольных компонентов в воде и, таким образом, изменение состава фракций. Тем не менее, получаемые данные достаточно информативны для характеристики источника загрязнения. Что касается восстановления состава аэрозольных фракций, то этот вопрос требует специального обсуждения.

2. Модель оценивания поля аэрозольных выпадений

Предварительный анализ полученных экспериментальных данных наблюдений аэрозольных выпадений примесей в окрестностях НОК показывает, что изменение их концентраций по мере удаления от трубы является весьма существенным. Это позволяет сделать предположение о значительных скоростях оседания аэрозольных частиц.

В рассматриваемом диапазоне расстояний достаточно использовать монодисперсную модель оценивания полей длительных аэрозольных выпадений. Для восстановления по данным наблюдений плотности $q_w(r, \varphi)$ использовалось следующее регрессионное соотношение [2]

$$q_w(r, \varphi, \bar{\theta}) = \theta_{1w} \cdot P(\varphi + 180^\circ) \cdot r^{\theta_{3w}} \cdot e^{-\frac{\theta_2}{r}}, \quad (1)$$

где w скорость оседания аэрозольных частиц, θ_{1w} , θ_2 , θ_{3w} - неизвестные параметры, подлежащие оцениванию, $P(\varphi)$ - приземная роза ветров.

Для определения параметров θ_{1w} , θ_2 , θ_{3w} в регрессии (1) необходимо проведение наблюдений не менее, чем в трех точках местности. Параметр θ_2 в некотором смысле является внешним параметром и его предварительную оценку можно выполнить отдельно, исходя из геометрической высоты источника и динамических и тепловых характеристик, выбрасываемой газовой воздушной смеси [1].

3. Численное моделирование

На рис. 1 изображены восстановленные на основе зависимости (1) концентрации ряда тяжёлых металлов в зоне интенсивного влияния выбросов НОК.

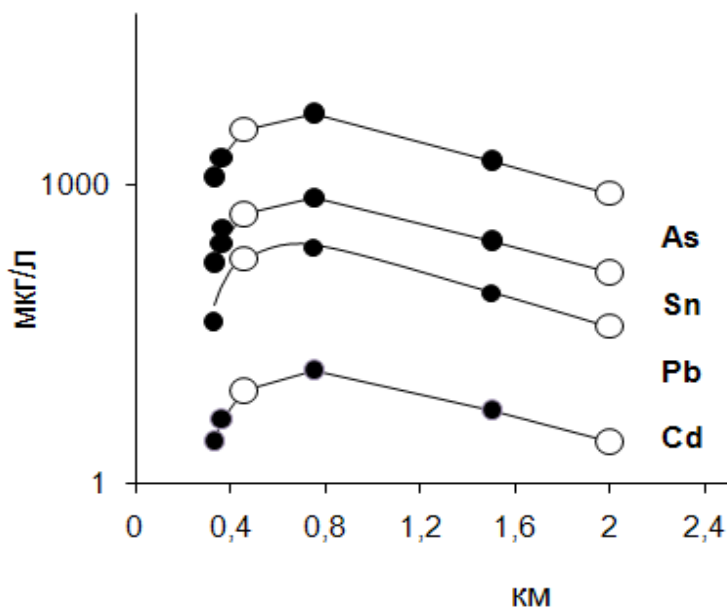


Рис. 1. Восстановленные в снеге концентрации мышьяка, олова, свинца и кадмия с использованием модели (1) на маршруте пробоотбора (непрерывная кривая), \circ и \bullet - опорные и контрольные экспериментальные точки

Анализ рис. 1 показывает, что предложенная модель вполне адекватно описывает поля аэрозольных выпадений мышьяка, олова и других элементов на снежный покров в окрестностях НОК. В рассматриваемом диапазоне расстояний достаточно использовать монодисперсное приближение. Скорости оседания частиц, содержащих тяжёлые металлы, являются значительными, что приводит к относительно высокому загрязнению территории непосредственно прилегающей к промплощадке.

Между элементами химического состава проведен попарный корреляционный анализ. Между такими элементами как As, Sn, Pb, Zn, Cd, Na, Cu, Mn, Ni, Cr, Co коэффициенты корреляции оказались более 0,8. Дополнительно к установленной выше пространственной динамике это служит подтверждением единого источника выбросов – трубы НОК. Напротив, для таких элементов как Ca, Mg, Sr, K коэффициенты корреляции менее 0,5, что указывает на значимые влияние других источников этих примесей.

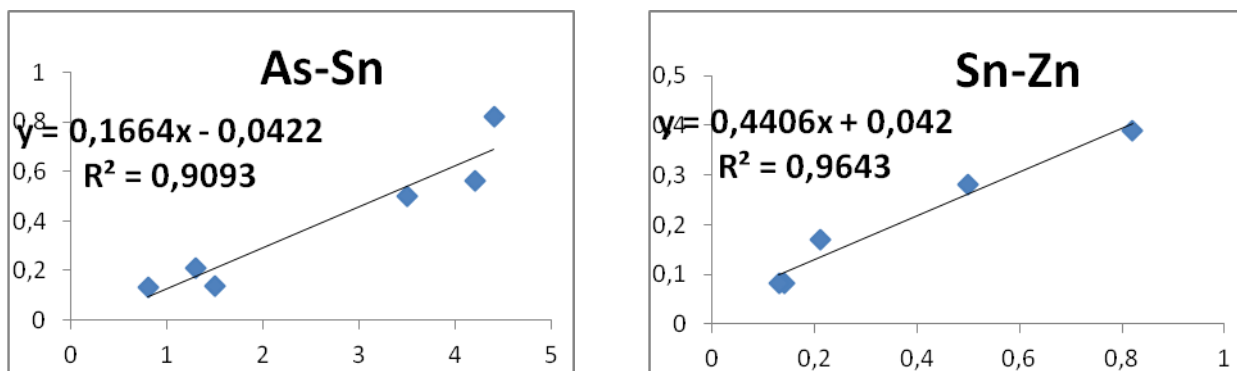


Рис. 2. Графики попарной корреляции As-Sn и Sn-Zn

Отмечено, что в сравнении с данными предыдущих лет [4] наблюдается некоторое снижение выбросов мышьяка, также наблюдается изменение элементного состава выбросов.

Заключение

В рамках монодисперсной модели оседания аэрозольных частиц примеси в атмосфере от точечного источника проведён численный анализ данных наблюдений в диапазоне расстояний до 2 км от высотной трубы НОК. Апробация модели показала вполне удовлетворительное согласие с данными экспериментальных исследований загрязнения снегового покрова в зоне влияния источника выброса аэрозольных фракций примеси. Выбор модели оценивания существенной степени определялся априорными сведениями о характеристиках дисперсного состава примеси и рассматриваемым диапазоном расстояний. Анализ показал, что наиболее значительные выпадения тяжёлых металлов происходит в ближних окрестностях 100 метровой трубы НОК в составе крупных фракций частиц.

Дальнейшее использование дополнительной априорной информации о возможном спектре размеров аэрозольных частиц позволит восстанавливать в рамках единой модели оценивания поля выпадений в дальней зоне от источника. В связи с более высокой заболеваемостью населения в зоне интенсивного влияния выбросов НОК необходимо проведение как дополнительных натурных, химико-аналитических исследований, так и численного моделирования процессов распространения газообразных алкилпроизводных тяжёлых металлов от трубы комбината.

Работа выполнена при финансовой поддержке Программы фундаментальных исследований Президиума РАН № 4.9-3.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бызова Н.Л., Гаргер Е.К., Иванов В.Н. Экспериментальные исследования атмосферной диффузии и расчеты рассеяния примеси. Л.: Гидрометеиздат. 1991. 279 с.
2. Рапута В.Ф. Модели реконструкции полей длительных выпадений аэрозольных примесей // Оптика атмосферы и океана. 2007. - Т. 20. - № 6. - С. 506-511.

3. Климат Новосибирска. Л.: Гидрометеиздат, 1979. 221 с.

4. Рапуга В.Ф., Шуваева О.В., Коковкин В.В., Шурухин С.Г., Воробьева О.А. Анализ аэрозольных выпадений в районе Новосибирского оловокомбината // Химия в интересах устойчивого развития. 2002. - Т. 10. - С.691-697.

© В.В. Коковкин, В.Ф. Рапуга, О.В. Шуваева, 2013

ОЦЕНКА РИСКА ЗЛОКАЧЕСТВЕННЫХ НОВООБРАЗОВАНИЙ ВБЛИЗИ КРУПНОЙ АВТОМАГИСТРАЛИ НОВОСИБИРСКА

Татьяна Геннадьевна Опенко

ФГБУ НИИ терапии СО РАМН, Россия, г. Новосибирск, ул. Б. Богаткова, 175/1, научный сотрудник, тел. 211-74-09 (раб.), e-mail: nsk217@rambler.ru

Владимир Федотович Рапута

Институт вычислительной математики и математической геофизики Сибирского отделения РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, проспект Академика Лаврентьева, 6, ведущий научный сотрудник, тел. (383)330-61-51, e-mail: raputa@sscc.ru

Сергей Николаевич Богатырёв

ФГБУ НИИ терапии СО РАМН, Россия, г. Новосибирск, ул. Б. Богаткова, 175/1, ведущий научный сотрудник, тел. 211-74-09 (раб.), e-mail: snb1109@rambler.ru

Выполнена оценка риска злокачественных новообразований у лиц, постоянно длительно проживающих вблизи крупной автомагистрали в г. Новосибирске (1988-2011 гг.). Показана связь между удаленностью от источника загрязнения и развитием злокачественных опухолей у жителей мегаполиса.

Ключевые слова: загрязнение атмосферного воздуха, выхлопные газы, заболеваемость злокачественными новообразованиями.

CANCER RISK IN VICINITY OF MAJOR HIGHWAY IN NOVOSIBIRSK

Tatyana G. Openko

Institute of Internal Medicine, Russian Academy of Medical Science, SB, 630089, Russia, Novosibirsk, Bogatkova-st., 175/1, researcher, tel. 211-74-09 (office), e-mail: nsk217@rambler.ru

Vladimir F. Raputa

Institute of Computational Mathematics and Mathematical Geophysics SB RAS, 630090, Novosibirsk, prospect Akademika Lavrentjeva, 6, tel. (383)330-61-51, e-mail: raputa@sscc.ru

Sergei N. Bogatirev

Institute of Internal Medicine, Russian Academy of Medical Science, SB, 630089, Russia, Novosibirsk, Bogatkova-st., 175/1, researcher, tel. 211-74-09 (office), e-mail: snb1109@rambler.ru

Authors was executed the evaluation of the cancer risk in persons who constantly long time lived near the major highway in Novosibirsk (1988-2011). Shown the relationship between the remoteness from the pollution source and the malignant tumors development in inhabitants of the metropolis.

Key words: air pollution, motor vehicle, cancer incidence.

Автомобильный транспорт является наиболее значимым загрязнителем воздушной среды г. Новосибирска. Характерными загрязняющими веществами являются окислы серы, азота, углерода, тяжелые металлы, полиароматические

углеводороды (ПАУ). В последние годы многое делается для того, чтобы снизить уровень загрязнения города от автомобильных выбросов, однако из-за многопараметричности процессов эффективность мероприятий часто оказывается неоднозначной и непредсказуемой. В связи с этим представляется целесообразным вести постоянный контроль динамики загрязнения окрестностях магистралей с интенсивным движением.

В настоящее время на всех урбанизированных территориях отмечается постоянный рост заболеваемости злокачественными новообразованиями (ЗНО). Одна из причин - увеличение техногенной нагрузки на единицу территории современного города. Существует гипотеза о совокупной канцерогенности выбросов автомобильных двигателей, но она пока не получила строгого подтверждения, хотя отдельные компоненты выхлопных газов внесены Международным агентством по изучению рака (МАИР) в список канцерогенов, опасных для человека. В крупных проспективных исследованиях типа «случай-контроль» (SYNERGY, Европа и Канада, n=30000 и др.) показано, что водители, инспекторы, дорожные рабочие, автомеханики и др. чаще болеют раком легкого и другими ЗНО, чем люди, неэкспонированные к выхлопным газам [3, 4]. Канцерогенный эффект оценивается по продолжительности занятости в автомобильной отрасли или по количеству поглощенного элементарного углерода и делаются попытки найти связь с заболеваемостью раком. Однако в этих исследованиях ограничены сроки наблюдения, продолжительность вредного воздействия и возможности подбора однородных групп, а также нельзя полностью исключить влияние вмешивающихся поведенческих и средовых факторов в группах.

Популяционные исследования позволяют изучать заболеваемость ЗНО в естественной среде, когда вредный фактор действует равномерно, круглосуточно и неограниченно по времени на всё население в целом, проживающее на какой-либо территории. В зависимости от удаленности от источника загрязнения и процессов переноса и рассеяния его влияние может варьироваться.

1. Мониторинг длительного загрязнения окрестностей автомагистралей

В конце зимних сезонов 2009-2012 г.г. проводились полевые, химико-аналитические исследования загрязнения снежного покрова ПАУ, тяжёлыми металлами, макрокомпонентами в окрестностях двух крупных автомагистралей г. Новосибирска: Советского шоссе и ул. Большевистской. Маршруты пробоотбора располагались в поперечных к трассам направлениях. Удаления точек отбора проб от них достигали 150 м. Для всех параметров химического состава проб с удалением от автотрассы наблюдалось, в целом, монотонное уменьшение концентрации. Среди неорганических катионов с наибольшим вкладом был представлен натрий. Его молярное количество в расчете на литр практически совпало с количеством хлоридов. Суммарно в снеге определяли 19 компонентов ПАУ, из которых 8 относят к канцерогенным. Особо следует отметить высокую степень загрязнения снегового покрова в окрестностях исследуемых магистралей ПАУ, включая бенз(а)пирен. В зонах интенсивного воздействия выбросов примесей концентрации бенз(а)пирена превышают среднегородскую в 4

– 8 раз. Установлены также многократные превышения от средних пыли, оксидов азота, формальдегида.

Численный анализ полученных экспериментальных данных на основе разработанной малопараметрической модели переноса полидисперсной примеси показал вполне удовлетворительное согласие с результатами моделирования во всём диапазоне исследуемых расстояний по обе стороны от автотрасс. Из результатов численного моделирования также вытекает, что дисперсный состав выпадающих частиц является весьма разнородным, включающим как достаточно крупные частицы, так и относительно мелкие, которые могут переноситься на большие расстояния.

2. *Материалы и методы*

В период 1988-2011 гг. изучены риски ЗНО среди населения в возрасте 20 лет и старше, постоянно проживающего вдоль ул. Большевистской. Изучаемая территория представляет собой вытянутый вдоль дороги участок 3500 м в длину и по 200 м в обе стороны от дороги в ширину.

Данные о количестве жителей получены из территориального органа Федеральной службы Государственной статистики по Новосибирской области с учетом постройки и сноса домов за период наблюдения [1, 2]. Выполнен расчет средневзвешенной численности населения на изучаемой территории.

Данные о впервые выявленных случаях ЗНО получены из популяционного регистра рака ФГБУ НИИ терапии СО РАМН (руководитель регистра д.м.н. проф. Г.И.Симонова). Регистр функционирует с 1988 г. по настоящее время и содержит записи обо всех впервые выявленных случаях ЗНО на территории двух районов г. Новосибирска (более 350000 жителей), в одном из которых находится ул. Большевистская. По данным регистра рака определено количество всех впервые выявленных случаев ЗНО за 24 года (1988-2011 гг.) у жителей домов на изучаемой территории.

Территорию вдоль автомагистрали условно разделили на несколько зон в зависимости от удаленности от проезжей части и сторон света:

меньше 100 м от дороги на северо-восток - **I зона** и на юго-запад - **II зона**; от 100 до 200 м от дороги на северо-восток - **III** и на юго-запад - **IV** зона.

Для более детального анализа дополнительно разделили I и II зоны на 2 части: меньше 50 м - **Ia и IIa**; от 50 до 100 м - **Iб и IIб**.

Рассчитаны среднегодовые интенсивные показатели заболеваемости всеми ЗНО и ЗНО отдельных локализаций - желудочно-кишечного тракта (ЖКТ), органов дыхания (ОД) и др. у лиц 20 лет и старше по формуле:

$$\text{Заболеваемость} = \frac{\text{количество случаев}}{\text{жителей}} \times \frac{100000}{24 \text{ года}}. \quad \text{Относительный риск (ОР)}$$

ЗНО в зонах рассчитывали по формуле: $OP = \frac{a(c+d)}{c(a+b)}$, где a – количество

больных ЗНО в зоне, где есть воздействие вредного фактора, b – количество здоровых жителей в этой зоне, c – количество больных в зоне с низким уровнем

загрязнения и d – количество здоровых там же. Значимость различий p оценивали по критерию Стьюдента.

3. Результаты исследования

Средний возраст жителей-мужчин составил 48,3, женщин – 51,2 года. Средний возраст выявления ЗНО у мужчин составил 62,4 года, у женщин – 62,8 лет, различия незначимы. В период 1988-2011 гг. на изучаемой территории выявлено 877 случаев рака, средневзвешенное количество жителей составило 7932 человека. Количество мужчин и женщин рассчитано, исходя из их соотношения в Новосибирске: 46% к 54%. Распределение жителей, количество случаев ЗНО и заболеваемость по зонам I-IV показаны в табл. 1, в I-II (а,б) – в табл. 2.

Таблица 1

Количество жителей (20 лет и старше), случаев ЗНО и заболеваемость в зонах I-IV

Зона	Жителей			Случаев ЗНО			Заболеваемость ЗНО		
	Муж.	Жен.	Оба пола	Муж.	Жен.	Оба пола	Муж.	Жен.	Оба пола
I	1198	1406	2604	162	174	336	563,4	515,6	537,6
II	1170	1373	2543	144	138	282	512,8	418,8	462,1
III	305	359	664	31	37	68	423,5	429,4	426,7
IV	976	1145	2121	84	107	191	358,6	389,4	375,2
Всего	3649	4283	7932	421	465	877	480,7	452,4	460,7
p^*	-	-	-	-	-	-	$p_{I-III}=0,117$ $p_{II-IV}=0,005$	$p_{I-III}=0,281$ $p_{II-IV}=0,552$	$p_{I-III}=0,063$ $p_{II-IV}=0,019$

* - значимость различий

Таблица 2

Количество жителей (20 лет и старше), случаев ЗНО и заболеваемость в зонах I - II (а,б)

Зона	Жителей			Случаев ЗНО			Заболеваемость ЗНО		
	Муж.	Жен.	Оба пола	Муж.	Жен.	Оба пола	Муж.	Жен.	Оба пола
Ia	626	734	1360	74	79	153	492,5	448,5	468,8
Iб	572	672	1244	88	95	183	641,0	589,0	612,9
IIa	549	645	1194	71	62	133	538,9	400,5	464,1
IIб	621	728	1349	73	76	149	489,8	435,0	460,2
Всего	2368	2779	5147	306	312	618	538,4	467,8	500,3
p	-	-	-	-	-	-	$p_{Ia-III}=0,453$ $p_{Iб-III}=0,032$ $p_{IIa-IV}=0,007$ $p_{IIб-IV}=0,040$	$p_{Ia-III}=0,818$ $p_{Iб-III}=0,079$ $p_{IIa-IV}=0,853$ $p_{IIб-IV}=0,439$	$p_{Ia-III}=0,494$ $p_{Iб-III}=0,006$ $p_{IIa-IV}=0,047$ $p_{IIб-IV}=0,049$

В зонах, удаленных от проезжей части, заболеваемость ниже (табл. 1, 2).

В Октябрьском районе Новосибирска, в котором расположена улица Большевистская показатель заболеваемости ЗНО лиц 20 лет и старше у мужчин составил 522/100000 и у женщин - 455/100000 (2010).

Аналогичные расчеты выполнены для отдельных локализаций ЗНО. Рассчитаны риски ЗНО (табл.3).

Таблица 3

Относительный 24-летний риск ЗНО у лиц, проживающих вблизи автомагистрали в I и II зонах по отношению к III и IV

ЗНО всех локализаций				
Зоны	Пол	ОР	ДИ	p
I	Мужчины	1,38	0,90-2,12	0,175
	Женщины	1,23	0,83-1,82	0,280
II	Мужчины	1,49	1,11-2,0	0,006
	Женщины	1,08	0,82-1,43	0,551
ЗНО органов пищеварения				
I	Мужчины	1,31	0,63-2,79	0,439
	Женщины	1,09	0,54-2,26	0,791
II	Мужчины	1,73	1,07-2,82	0,018
	Женщины	0,83	0,50-1,38	0,447
ЗНО органов дыхания				
I	Мужчины	0,95	0,48-1,93	0,884
	Женщины	2,82	0,38-58,7	0,299
II	Мужчины	1,96	1,05-3,70	0,024
	Женщины	0,58	0,20-1,66	0,267

Заключение

Таким образом, установлено, что у лиц, живущих на расстоянии меньше 50-100 м от автомагистрали, выше заболеваемость ЗНО, чем у лиц, в дальних зонах. У мужчин, проживающих с подветренной части улицы Большевистской (II зона) на расстоянии менее 50 м от проезжей части риск развития злокачественных опухолей в 1,5-2 раза выше, чем с наветренной (табл. 3).

Учитывая доминирующее влияние выбросов автотранспорта на окружающую среду города, необходимо дальнейшее расширение теоретических и прикладных исследований по этой проблеме, более широкого привлечения методов инструментального мониторинга текущего загрязнения атмосферного воздуха, разработки эффективных мероприятий по снижению негативного воздействия выбросов автотранспорта

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Официальный сайт Федеральной службы государственной статистики http://www.gks.ru/scripts/db_inet/dbinet.cgi от 14.02.13.

2. Территориальный орган Федеральной службы Государственной статистики по Новосибирской области // Официальный сайт: <http://www.novosibstat.ru/digital/region1/default.aspx>

3. Boffetta P. A review of cancer risk in the trucking industry, with emphasis on exposure to diesel exhaust. *G Ital Med Lav Ergon*. 2012 Jul-Sep;34(3):365-70.

4. Olsson AC, Gustavsson P, Kromhout H, Peters S, Vermeulen R, Brüske I, Pesch B, Siemiatycki J, Pintos J, Brüning T, et al. Exposure to diesel motor exhaust and lung cancer risk in a pooled analysis from case-control studies in Europe and Canada. *Am J Respir Crit Care Med*. 2011;183:941–948.

© *Т.Г. Опенко, В.Ф. Рапута, С.Н. Богатырёв, 2013*

КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА И ПРОСТРАНСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ БИОЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ

Ксения Алексеевна Семенова

Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, 634055, Россия, г. Томск, пр. Академический, 10/3, младший научный сотрудник лаборатории самоорганизации геосистем, тел. (3822) 49-22-23, e-mail: ksenia_ska@mail.ru

Предложена методика энергетической оценки биоэнергетического потенциала Томской области. Выявлены и количественно охарактеризованы биоэнергетические источники, проведен их пространственный анализ. Оценен биоэнергетический потенциал Томской области с позиции возможности ресурсосбережения, производства и преобразования энергии на органическом топливе для повышения энергоэффективности Томской области.

Ключевые слова: биоэнергетический потенциал, количественная оценка биоэнергетического потенциала, пространственный анализ, утилизация твердых бытовых отходов, осадка сточных вод и отходов животноводства.

QUANTITATIVE ASSESSMENT AND SPATIAL ANALYSIS OF THE TOMSK REGION BIOENERGY POTENTIAL

Kseniya A. Semenova

Institute of monitoring of climatic and ecological systems of the Siberian Branch of the Russian Academy of Science, 634055, Russia, Tomsk, av. Academicheskyy, 10/3, junior researcher, laboratory of geosystems self-organization, tel. (3822) 49-22-23, e-mail: ksenia_ska@mail.ru

The energy assessment technique of the Tomsk region bioenergy potential is offered. Bioenergy sources are revealed and quantitatively characterized; the spatial analysis is carried out them. The Tomsk region bioenergy potential from a position of resource-saving, production and energy transformation possibility on organic fuel for energy efficiency increase of the Tomsk region is estimated.

Key words: bioenergy potential, quantitative assessment of a bioenergy potential, spatial analysis, utilization of solid household waste, deposit of sewage and animal husbandry waste.

В европейских странах вклад биоэнергетики в энергобаланс Европейского союза ежегодно возрастает, в России же это направление пока еще не получило должного развития. Существуют технологии получения биоэнергии из биомассы (из материалов растительного происхождения, которые могут быть использованы для получения энергии): древесины и отходов лесного хозяйства, отходов переработки технических и кормовых культур и т.д., а также из отходов животноводства, жизнедеятельности человека (утилизация твердых бытовых отходов и осадка очистных сооружений) и органического сырья (сапрпель, торф), которые могут широко применяться и в нашей стране.

Актуальность данной проблемы объясняется практическими и теоретическими потребностями в совершенствовании методов и технологий переработки отходов с получением альтернативной энергии для предотвращения негативно-

го влияния на окружающую среду и уменьшения рисков природопользования. Кроме того, использование биотопливных технологий может обеспечить выработку электроэнергии, достаточной для покрытия части тепловых и электрических энергорасходов, повысить энергетическую независимость и экономическую стабильность территории Томской области.

В нашей стране научное направление, базирующееся на энергетическом подходе, разрабатывается довольно недавно и в настоящее время находится в стадии становления и развития. Известны работы: Е.А. Денисенко, Д.О. Логофета, О.В. Фельдмана [3, 13], А.С. Миндрина [6] по энергетическому анализу эффективности агросистем; Г.А. Булаткина [1], с энергетических позиций оценивающего почвенно-агрохимические, экологические и технологические условия устойчивого функционирования агроэкосистем; Г.И. Чогут [15], занимающийся исследованием эколого-экономической эффективности использования сельскохозяйственных земель, и др. Также следует отметить работы В.Г. Систера с соавторами [9], И.Р. Рагулиной [8] и др.

Исследования по энергетической оценке геосистем и природно-ресурсного потенциала ведутся с 1995 г. в лаборатории самоорганизации геосистем Института мониторинга климатических и экологических систем [2, 3, 5, 7, 10, 11, 14]. В частности, разработан алгоритм проведения исследований по энергетической оценке хозяйственной деятельности агроэкосистем, разработана перспективная модель функционирования агроэкосистемы с внедрением биогазовых технологий; оценен энергетический потенциал лесов Томской области; получена методика оценки энергетического бюджета геоморфологической системы: для высокогорных районов определен энергетический потенциал отдельных форм рельефа, а также расход потенциальной энергии геоморфосистемой Актру в результате экзогенного преобразования рельефа.

Имеющиеся в современном арсенале технологии при их рациональном использовании позволяют получать дополнительную энергию из отходов животноводства (ОЖВ), утилизации твердых бытовых отходов (ТБО) и переработке осадка сточных вод (ОСВ), и решить ряд экологических проблем. Для оценки потенциальных возможностей получения дополнительной энергии из отходов была разработана методика.

Так, биоэнергия, получаемая из отходов животноводства, рассчитывалась с учетом средней нормы получения биоэнергии с 1 головы сельскохозяйственного животного и их имеющегося поголовья по административным районам Томской области [12].

Расчет получения биоэнергии ТБО произведен по нормам накопления (количество отходов, образующихся на расчетную единицу в единицу времени) ТБО с учетом доли городского и сельского населения и теплоты сгорания ТБО.

Средняя норма накопления ТБО по России на городского жителя 1,2 кг/чел/сутки (438 кг/чел/год), на сельского - 0,52 кг/чел/сутки (190 кг/чел/год с условием кормления домашних животных очистками). Низшая теплота сгорания на рабочую массу принята 5,8 ГДж/т или 1,61 МВт*час. Биоэнергия, получаемая из осадка сточных вод, оценена исходя из средней нормы накопления

ОСВ по России 0,26 кг/чел/сутки (0,0949 т/чел/год), при низшей теплоте сгорания равной 2000 ккал/кг или 2,33 МВт*час/т [9]. В работе принят минимальный КПД биогазовых установок, составляющий 70% от расчетной биоэнергии: 65% на выходе теплоэнергия, а 35% – электроэнергия.

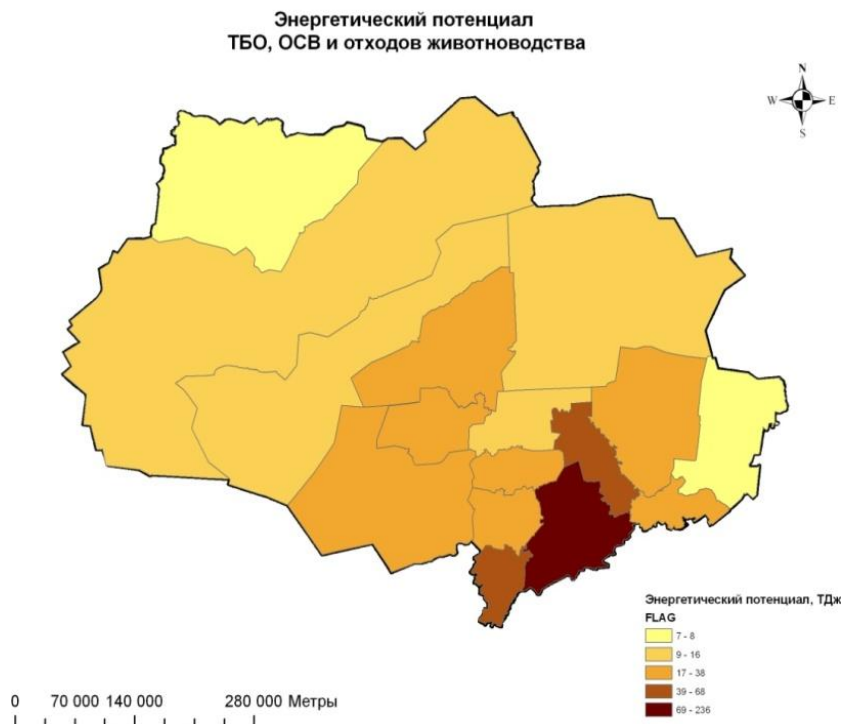


Рис. 1. Потенциальные возможности производства электроэнергии при эксплуатации биогазовых установок по административным районам Томской области

Разработанная методика позволила районировать территорию Томской области по степени обеспеченности ее биоэнергетическим потенциалом (рис.1). Карта потенциальных возможностей производства электроэнергии показывает, что южные районы с высокой плотностью населения и развитым сельским хозяйством обладают большим биоэнергетическим потенциалом (от 39 до 236 ТДж в год).

На территории области выделяются две основные группы районов: районы-доноры и районы-потребители (рис.2). Районы-доноры имеют потенциальные биоэнергетические ресурсы для удовлетворения собственных потребностей в электроэнергии, а также возможности передачи части энергии в соседние районы. Дополнительный источник электроэнергии в виде биогаза позволит повысить энергетическую независимость, экономическую стабильность, сни-

зить негативное влияние на окружающую среду как районов-доноров (Бакчарский, Зырянский, Первомайский и Шегарский районы), так и покрыть большую часть энергорасходов районов-потребителей (Верхнекетский, Парабельский, Кривошеинский и Чаинский районы). Северные районы (Александровский) из-за суровых климатических условий и низкой степени населенности обладают слабым биоэнергетическим потенциалом и причислены к районам-потребителям.

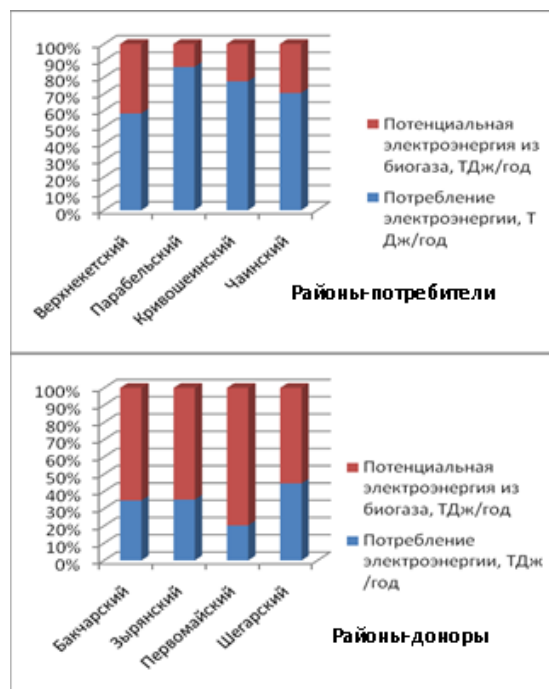


Рис. 2. Долевое соотношение потребляемой электроэнергии к производимой из биогаза

В целом, по нашим расчетам, в Томской области энергетический потенциал горючей части ТБО, т.е. без учета пластмассы, стекла, металла, строительных отходов и т.п. составляет 1896 ТДж, что эквивалентно 3,9% потребляемой областью тепловой энергии (по данным Росстата отпуск тепловой энергии в 2009 г. составил 11659,1 тыс. Гкал).

С учетом того, что электропотребление в Томской области в 2009 г. Росстатом оценивалось в 9642,6 млн.кВт.ч., использование новейших биогазовых технологий позволит сэкономить 3,3 % электроэнергии от общего объема электропотребления.

В результате проведённых исследований выявлены и количественно охарактеризованы потенциальные биоэнергетические источники (в кВт*час/год) Томской области. Проведена оценка биоэнергетического потенциала ТБО и отхо-

дов животноводства Томской области, результаты которой подтверждают возможность самообеспечения отдаленных районов электроэнергией с помощью биогазовых установок, что позволяет диверсифицировать структуру энергопотребления отдаленных районов Томской области.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Булаткин Г.А. Эколого-энергетические основы воспроизводства плодородия почв и повышения продуктивности агроэкосистем // Автореф. дисс. на соискание уч. степени доктора биол. наук. – М, 2007. - 45 с
2. Волкова Е.С. Оценка энергетического потенциала лесов Томской области: методологический аспект // «ГЕО-Сибирь-2011». Т. 3. Экономическое развитие Сибири и Дальнего Востока. Экономика природопользования, землеустройство, лесоустройство, управление недвижимостью. Ч. 2: сб. матер. VII Междунар. научн. конгресса «ГЕО-Сибирь-2011», 19-29 апреля 2011 г., Новосибирск. – Новосибирск: СГГА, 2011. - С. 208-210.
3. Волкова Е.С. Интегральный анализ рисков лесопользования в таёжной зоне Западной Сибири // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2012. – №07(81). – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2012/07/pdf/64.pdf>.
4. Денисенко Е.А. Механизмы функционирования и структурной организации агроэкосистем. - М.: Ин. геогр. АН РФ, 1990. - 160 с.
5. Кузнецов А.С., Невидимова О.Г. Энергетическая оценка динамики осыпных аккумулятивных склонов верховий горно-ледникового бассейна р. Актру // Вестник ТГУ. - 2010. № 338 (сентябрь). С. 227-230.
6. Миндрин А.С. Энергоэкономическая оценка сельскохозяйственной продукции. - М.: ЦНИИМ, 1997. - 294 с.
7. Поздняков А.В., Шуркина К.А. Новый методологический подход к анализу функционирования агроэкосистем // Вестник ТГУ. № 316. Томск, 2008. С. 206-213.
8. Рагулина И.Р. Биоэнергетический потенциал Калининградской области // Автореф. дисс. на соискание уч. степени канд. географ. наук. - М. 2007. - 23 с.
9. Систер В.Г., Мирный А.Н., Скворцов Л.С., Абрамов Н.Ф., Никогосов Х.Н. Твердые бытовые отходы (сбор, транспорт и обезвреживание). Справочник. Академия коммунального хозяйства им. К.Д. Памфилова. - Москва, 2001. - 319 с.
10. Семенова К.А., Поздняков А.В. Энергетический анализ эффективности функционирования агроэкосистем на примере крестьянского хозяйства "СоМер-2". - LAP LAMBERT Academic Publishing, 2010. - 132 с.
11. Семенова К.А., Шуркин А.И., Алибаева А.А. Инновационные пути повышения энергетического самообеспечения производства // Многопрофильный научный журнал. – Костанай, 2012. - №3. - С.61-66
12. Технологии использования возобновляемых источников энергии / Дистанционный интернет курс. 2005. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.ecomuseum.kz/dieret/dieret.html>
13. Фельдман О.В., Денисенко Е.А., Логофет Д.О. Энергетический подход при оценке эффективности использования ресурсов // Проблемы окружающей среды и природных ресурсов. - М.: ВИНТИ, 1998. - С. 66-81
14. Фузелла Т.Ш. Эколого-энергетический анализ агроэкосистем: оптимизация функционирования. - Lambert Academic Publishing. – Saarbrucken, Germany: LAP LAMBERT Academic Publish.G.- 2012. – 168 с.

15. Чогут Г.И. Эффективность функционирования эколого-экономических систем в сельском хозяйстве: теория, методология, практика // Автореф. дисс. на соискание уч. степени доктора экон. наук. - Воронеж, 2007. -45 с.

© К.А. Семенова, 2013

ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЙ АНАЛИЗ ФОРМ РЕЛЬЕФА ДЛЯ ОЦЕНКИ ЗЕМЕЛЬ Г. НОВОСИБИРСКА

Людмила Константиновна Трубина

Сибирская государственная геодезическая академия, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного 10, д.т.н., профессор, заведующая кафедрой экологии и природопользования, тел. (383) 361-09-11, e-mail: lab.ite@ssga.ru

Борис Васильевич Селезнев

Сибирская государственная геодезическая академия, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного 10, к.т.н., профессор кафедры экологии и природопользования, тел. (383) 361-09-11, e-mail: lab.ite@ssga.ru

Дмитрий Владимирович Панов

Сибирская государственная геодезическая академия, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного 10, аспирант кафедры экологии и природопользования, тел. (913)7604333, e-mail:dima_panov@mail.ru

В статье рассматриваются результаты геоинформационного анализа морфологии рельефа территории г. Новосибирска с целью оценки земель с учетом пространственного распределения потоков вещества.

Ключевые слова: анализ рельефа, потоки вещества, земельная оценка, геоинформационные системы.

GEOINFORMATION ANALYSIS OF FORMS OF RELIEF TO ASSESS OF LAND IN NOVOSIBIRSK

Ludmila K. Trubina

Siberian State Geodesic Academy, 630108, Russia, Novosibirsk, Plahotnogo 10, Professor, Doctor of Tehnical Sciences, tel. (383) 361-09-11, e-mail: lab.ite@ssga.ru.

Boris V. Seleznev

Siberian State Geodesic Academy, 630108, Russia, Novosibirsk, Plahotnogo 10, Professor, PhD, tel. (383) 361-09-11, e-mail: lab.ite@ssga.ru.

Dmitriy V. Panov

Siberian State Geodesic Academy, 630108, Russia, Novosibirsk, Plahotnogo 10, PhD student, tel. (913) 7604333, e-mail: dima_panov@mail.ru.

In the article the results of GIS analysis of the morphology of the relief area of Novosibirsk to determine the conditions of flow distribution of the substance.

Key words: analysis of the relief, substance flows, land estimation, geoinformation systems.

Геоинформационные технологии широко используются для принятия решений по управлению территориями. В настоящее время это становится все более актуальным в связи с необходимостью соблюдать принципы устойчивого

развития, требуется достижение двух противоречащих целей: сохранения окружающей среды и экономического развития территории. Из всего многообразия природных условий наиболее характерное и определяющее влияние на состояние городской территории оказывает рельеф. Он является важнейшим фактором, влияющим на планировку, застройку и благоустройство города и, в конечном счете, на экономику строительства. В свою очередь хозяйственная деятельность человека способствует возникновению и развитию некоторых геоморфологических процессов, приводящих к аккумуляции загрязнений, и тем самым ухудшению состояния окружающей среды.

Для учета этих реалий первичным при оценке городской среды становится анализ морфологии рельефа. Под этим понимается кроме вычисления отдельных морфометрических характеристик, так же выделение потоковых структур, возникших под действием физических полей.

Рассмотрение геоэкологических функций рельефа основано на анализе системы «земная поверхность + векторное поле». Теория и алгоритмы такого анализа представлены в работах российских ученых А.Н. Ласточкина, Ю.Г. Симонова, А.И. Спиридонова, И.Н. Степанова, Д.А. Тимофеева, Г.Ф. Уфимцева, Н.А. Флоренсова, П.А. Шарого [1,2].

Для учета векторного поля при исследовании земной поверхности выделен ряд морфометрических величин. К основным относятся горизонтальная и вертикальная кривизна, экспозиция и крутизна склонов. Средства ГИС повышают эффективность методов исследования морфологии рельефа, во многом благодаря трехмерному моделированию, четко выделяющему и определяющему распределение потоков вещества минеральных водных, воздушных масс вместе с вредными и полезными для человека компонентами.

Реализация таких подходов выполнена при исследовании особенностей городских земель Новосибирска, включающих в свой состав практически все виды земель поселений, выделяемых по функциональному назначению [3].

Последовательность выполнения работ представлена на рис. 1.

Для исследований применялись ГИС «Карта» ЗАО «Панорама» и аналитическая ГИС Эко, разработанная П.А. Шарым. Главная особенность этой программы состоит в том, что они позволяют использовать расширенный набор характеристик земной поверхности для анализа рельефа [4].

В ГИС «Панорама» формировалась ЦМР оцифровкой горизонталей с карт 1:25000. Кроме того выполнялся дополнительный набор точек по структурным линиям тальвегов, водоразделов, линиями максимальной кривизны склонов и линиями обрывов.

Дополнительные точки предварительно выбирались на исходной топографической карте по намеченным структурным линиям, отметки (Z) с заданным шагом определялись интерполированием высот горизонталей, а так же по потокам отметок урезов воды, обозначенным на карте. Это обеспечило наиболее адекватное отображение структуры рельефа, приуроченного к гидрографической сети. Кроме того отметки, набранные по линиям максимальной кривизны склонов, позволяют при аппроксимации поверхности избежать нежелательного

«эффекта террас», т.е. искажения геоморфологической ситуации, возникающей за счет более плотного расположения дискретных точек по линиям горизонталей в сравнении с расстоянием (заложением) между ними [5].

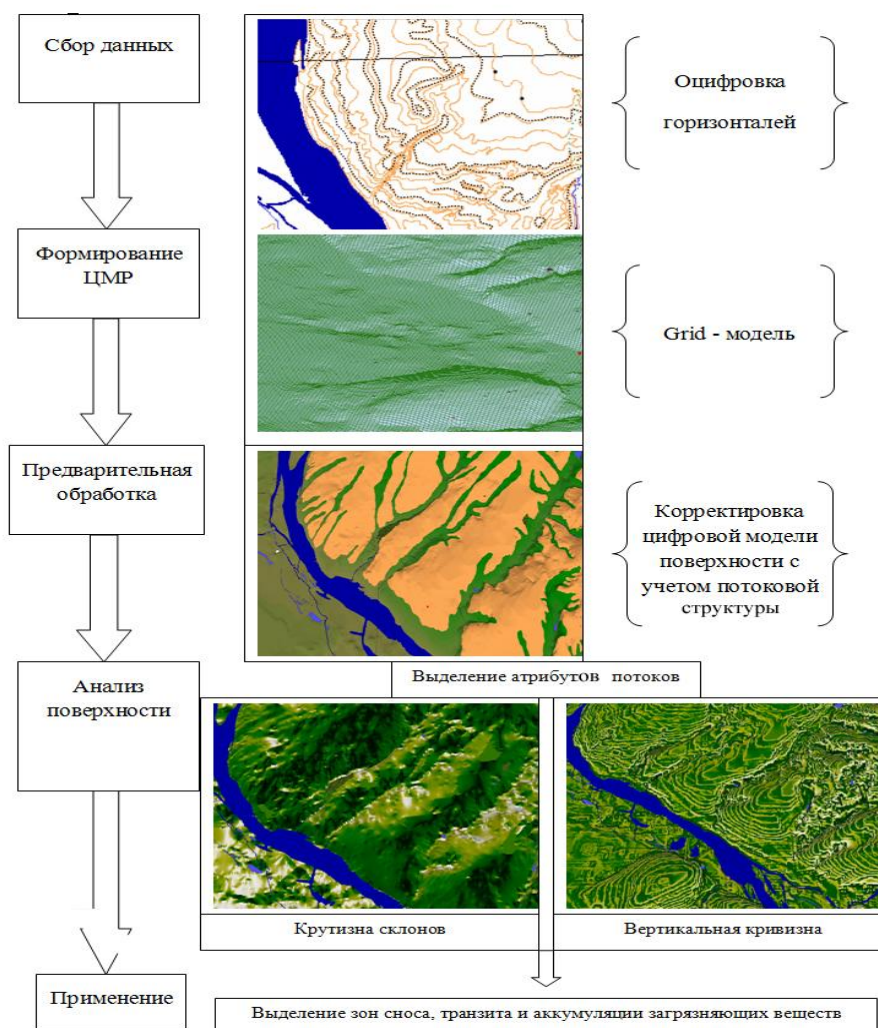


Рис. 1. Последовательность выполнения работ

Анализ полученной ЦМР на территорию Новосибирска и гистограммы распределения высот по территории города и его окрестностей позволяет сделать вывод о том, что в рельефе города можно выделить три основных высотных интервала от 90 до 150 метров, от 150 до 220 и от 220 до 280 метров. При этом максимальная высота 278 м - в окрестностях города в истоке реки Каменка, а минимальная высота 89,5 м - по урезу реки Обь. Средняя высота составляет 152 метра (рис. 2).

Полученные характеристики форм рельефа территории города обеспечивают выделение зон сноса, транзита и аккумуляции загрязняющих веществ.

Таким образом, цифровая модель рельефа городской территории с выделенными потоковыми структурами, позволяет отображать и изучать городскую территорию системно, рассматривать компоненты окружающей среды в их взаимосвязи и взаимодействии. Это свою очередь, способствует объективной оценке экологического состояния территории и оптимизации размещения производственных и др. объектов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Shary P.A. Models of topography// Advances in Digital Terrain Analysis. Lecture Notes in Geoinformation and Cartography, XIV / Eds. Zhou Q., Lees B., Tang G. Berlin: Springer – Verlag, 2008. P. 29-57.

2. Ласточкин А. Н. Общая теория геосистем. – СПб.: Изд-во «Лемма», 2011. - 980 с.

3. Трубина Л.К. Методологические аспекты экологической оценки состояния урбанизированных территорий. Интерэкспо Гео-Сибирь 2012. VIII Междунар. науч. конф. «Дистанционные методы зондирования Земли и фотограмметрия, мониторинг окружающей среды, геоэкология» сб. материалов в 2 т. Т. 2. Новосибирск: СГГА, 2012. 217 с.

4. Трубина, Л. К. Подходы к оценке экологического состояния кадастровых участков городских территорий / Л. К. Трубина, Б. В. Селезнев, Д. В. Панов // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2012. - №2/1. – С. 182-185.

5. Трубина, Л.К. Некоторые аспекты учета экологической составляющей при мониторинге земель городских территорий / Л. К. Трубина, Д.В. Панов // Изв. вузов «Геодезия и аэрофотосъемка», № 2/1 – М.: МГУГиК, 2012. С 143-148.

© Л.К. Трубина, Б.В. Селезнев, Д.В. Панов, 2013

ПОЧВЕННО-МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ В МОНИТОРИНГЕ ЭКОСИСТЕМ, ФОРМИРУЮЩИХСЯ В ПОДЗОНЕ СУХИХ СТЕПЕЙ

Михаил Владимирович Якутин

Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Лаврентьева, д. 8/2, д.б.н., старший научный сотрудник лаб. Биогеоценологии, тел. (383)3639025, e-mail: yakutin@issa.nsc.ru;

Сибирская государственная геодезическая академия, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, проф. кафедры экологии и природопользования

В статье анализируются различные характеристики микробоценозов молодых почв, формирующихся в сухостепной зоне Республики Тыва. Делается вывод, что современные инструментальные почвенно-микробиологические методы более всего подходят для использования в практике мониторинга молодых экосистем и почв.

Ключевые слова: Зона сухих степей, Тыва, почвы, мониторинг, микробиология, инструментальные методы.

THE SOIL-MICROBIOLOGICAL CHARACTERISTICS IN MONITORING OF THE ECOSYSTEMS FORMED IN A SUBZONE OF DRY STEPPES

Mikhail V. Yakutin

Institute of Soil Science and Agrochemistry SB RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, 8/2 Akademician Lavrentjev, ScD, senior researcher, laboratory of biogeocenology, tel. (383)3639025, e-mail: yakutin@issa.nsc.ru;

Siberian State Academy of Geodesy, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., professor of department of ecology and wildlife management

In article various microbiological characteristics of the young soils formed in dry steppes zone of Republic Tyva are analyzed. The conclusion that modern tool soil-microbiological methods more all approach for practice of ecological monitoring of young ecosystems and soils becomes.

Key words: Dry steppes zone, Tyva, soil, monitoring, microbiology, tool methods.

Особенностью экосистем сухих степей Тывы является замедленность биологического круговорота веществ. Медленное разложение корневого опада приводит к тому, что в почве отмечается большое количество мертвых корней и корневая масса резко преобладает над надземной [1,2]. Первые микробиологические исследования почв Тывы относятся к 1953 году [3], но и до настоящего времени микробиологические характеристики почв Тывы изучены очень слабо [2, 4].

Песчаные массивы широко представлены в центре Убсунурской котловины. Для них характерны широкие и вытянутые грядово-бугристые формы рельефа, сильно осложненные более мелкими холмисто-ячеистыми, барханскими и другими формами. С подветренной стороны, особенно на теневых склонах и в понижениях таких песчаных массивов формируются «каштановые пески» (на

Примерный возраст почв, сформировавшихся на песчаной гряде Цугер-элисс, определен по описаниям почвенных разрезов и анализу содержания $C_{орг}$ на основании закономерностей изменения песчаных почв в зависимости от возраста [5]. Так примерный возраст эмбриозема инициального (слабо закрепленный песок) составляет около 100 лет, светло-каштановой маломощной песчаной почвы – 500–3000 лет, а почвы светло-каштановой маломощной супесчаной – 3000–5000 лет.

Подзона сухих степей вообще характеризуется аридными условиями, и влажность является одним из основных факторов, ограничивающих развитие микроорганизмов в каштановых почвах. Влажность всех почвенных образцов во все сроки отбора оказалась очень низкой (0,25–2,21%), но, как показывают выполненные к настоящему времени исследования, даже при очень низкой влажности количество микроорганизмов в каштановых почвах может достигать значительных величин. Это указывает на высокую устойчивость микроорганизмов в этих почвах к недостатку влаги. Почти постоянный дефицит влаги в каштановых почвах обуславливает развитие спорообразующих бактерий и актиномицетов, которые легче переносят неблагоприятные условия окружающей среды и являются агентами глубокого разложения органического вещества. В моменты благоприятного сочетания температуры и влажности в каштановых почвах отмечается высокая напряженность микробиологических процессов [6,7].

На инициальной стадии почвообразования происходит заселение почвообразующего субстрата микробным ценозом, состоящим в основном из микобактерий, проактиномицетов и актиномицетов. И, как показано на основании исследования широкого спектра примитивных почв, такую микобактериально-проактиномицетно-актиномицетную стадию проходит каждая примитивная почва, независимо от широтного положения [8, 9]. Далее происходит заселение почвообразующих субстратов олиготрофной микрофлорой, представленной истинными споровыми и неспоровыми бактериями. Растения в это время еще отсутствуют [10].

Вторая стадия развития молодых почв связана с поселением на их поверхности растений и формированием простой растительной группировки. Процесс формирования этой группировки идет достаточно быстро в степной зоне и замедленно в таежной. Третья стадия развития молодых почв связана с формированием сложной растительной группировки [10].

При исследовании микробных сообществ песков на различных стадиях заращения в степной зоне Украины наблюдалось постепенное формирование фитоценозов и устойчивого микробного сообщества. Происходило постепенное усложнение трофических функций микробных сообществ и усиление их минерализационной активности [11, 12].

В результате проведения данного исследования было установлено, что содержание C -биомассы было минимальным в эмбриоземе инициальном (0,4 мг C / 100 г в слое 0–10 см) и резко (в 42 раза) увеличивалось в почве светло-каштановой песчаной, на транзитной позиции катены Цугер-Элисс. В процессе

дальнейшего развития почв от светло-каштановых к каштановой существенно-го увеличения содержания С-биомассы не происходит. Обращает на себя внимание высокое содержание микробной биомассы в слое 10–20 см во всех каштановых почвах. Этот факт хорошо объясняется тем, что именно в слое 10–15 см почв сухих степей отмечается максимальная активность процесса деструкции корней. Выше 10 см и ниже 15 см активность деструкционных процессов снижается [13].

Основное влияние на содержание С-биомассы на первом этапе развития также как и на содержание $C_{орг}$ оказывает комплекс факторов, определяемый возрастом почвы ($F=120$, $p<0,001$). Влияние всех остальных рассмотренных факторов на С-биомассы в процессе развития почвы в подзоне сухих степей оказывается несущественным.

Дыхательная активность была минимальной (0,1 мкг CO_2-C / г час) в верхнем (0–10 см) слое эмбриозема инициального, что оказалось в 2–3 раза ниже, чем в светло-каштановых почвах, и в 4 раза ниже, чем в каштановой. В слое 10–20 см дыхательная активность во всех каштановых почвах была примерно в 2 раза выше, чем в эмбриоземе инициальном.

Выявлено достоверное влияние на дыхательную активность комплекса факторов, связанных с возрастом почвы. Причем в процессе развития почвы отмечается постепенное снижение силы влияния фактора, определяемого возрастом, на данный показатель (F уменьшается от 109 до 20, $p<0,01$). Влияние комплекса факторов, определяемых слоем почвы на дыхательную активность оказалось также высоким ($F=33–68$, $p<0,01$).

Таким образом, эмбриозем инициальный характеризуется низким содержанием С-биомассы и низкой метаболической активностью микробобиомассы, оцененной по показателю дыхания. В процессе развития эмбриозема уже на стадии перехода к светло-каштановой почве происходит значительный рост содержания С-биомассы и дыхательной активности. При этом биомасса микроорганизмов увеличивается гораздо значительнее, чем показатель метаболической активности.

Основным лимитирующим фактором процесса инициального почвообразования в сухостепной подзоне является влага. Ее дефицит значительно осложняет освоение почвообразующих субстратов растениями, что замедляет процесс формирования запаса мортмассы, а это в свою очередь замедляет развитие комплекса деструкторов.

Сдерживает заселение песков растительностью и крайняя бедность элементами питания. После поселения растений на песке и формирования даже первичных растительных ассоциаций потери дефицитной влаги резко снижаются, благодаря притенению почвы растениями. Показано, что задернованные пески теряют влагу на физическое испарение на 10-20% меньше, чем пески голые. Кроме того, пески, не заросшие растительностью, сильнее и глубже охлаждаются зимой и прогреваются летом, чем песчаные почвы под растительностью [5].

Таким образом, несмотря на значительную пространственную близость друг к другу микробиологический блок деструкционного звена биологического круговорота в молодых почвах, находящихся на различных позициях катены Цугер-Элисс, резко отличается по степени своего развития. Молодые почвы, развивающиеся в подзоне сухих степей испытывают значительный дефицит влаги, и поэтому скорость их развития и формирования в них микробиологического компонента может быть сильно замедлена. Особенно затрудненным может оказаться процесс развития на самой первой стадии – стадии перехода от инициального эмбриозема к светло-каштановой почве.

Выявленные особенности в скоростях формирования биомассы микроорганизмов и ее метаболической активности на разных стадиях формирования молодых экосистем и почв в подзоне сухих степей... Методы определения биомассы микроорганизмов и ее метаболической активности гораздо менее трудоемкие и более точные, чем классические методы почвенной микробиологии. Таким образом, именно современные инструментальные методы определения состояния и метаболической активности почвенного микробиоценоза могут быть успешно использованы в практике экологического мониторинга.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ногина Н.А. Своеобразие почв и процессов почвообразования в Центральноазиатской фации (тайга, степь, пустыня) / Н.А. Ногина // Почвоведение. – 1989. – № 9. – С. 5–14.
2. Эксперимент «Убсу-Нур». Коллективная монография. Ч. 1. Наземные исследования / [отв. ред. В.В. Бугровский]. – М.: ИНТЕЛЛЕКТ, 1995. – 336 с.
3. Кириллов М.В. Некоторые данные о микрофлоре почв Тувинской Автономной области / Ученые записки Красноярского государственного педагогического института. Т. II. – Красноярск: Красноярское кн. изд-во, 1953. – С. 78–88.
4. Каличкин В.К. Динамика запасов углерода и азота микробной биомассы в темно-каштановой почве под влиянием сидерации / В.К. Каличкин, А.Е. Малыгин // Сиб. вестн. с-х. науки. – 2007. – № 2. – С. 17–23.
5. Гаель А.Г. Пески и песчаные почвы / А.Г. Гаель, Л.Ф. Смирнова. – М.: ГЕОС, 1999. – 252 с.
6. Клевенская И.Л. Микрофлора почв Западной Сибири / И.Л. Клевенская, Н.Н. Наплекова, Н.И. Гантимурова. – Новосибирск: Наука, Сиб. отд-ние, 1970. – 222 с.
7. Якутин М.В., Дубовик Д.С. О системе показателей мониторинга экосистем сухих степей // Вестник Сибирской государственной геодезической академии. 2012. № 18-2. С. 94–99.
8. Сушкина Н.Н. Микрофлора и первичное почвообразование / Н.Н. Сушкина, И.Г. Цюрупа. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1973. – 158 с.
9. Сукцессии и биологический круговорот / А.А. Титлянова, Н.А. Афанасьев, Н.Б. Наумова [и др.] ; отв. ред. В.М. Курачев. – Новосибирск: Наука, Сиб. отд-ние, 1993. – 157 с.
10. Клевенская И.Л. Склоновые процессы техногенных экосистем как фактор почвообразования / И.Л. Клевенская, С.А. Таранов, С.С. Трофимов, Ф.А. Фаткулин // Техногенные экосистемы. Организация и функционирование. – Новосибирск: Наука, Сиб. отд-ние, 1985 а. – С. 23–38.
11. Иутинская Г.А. Микробные ценозы и органическое вещество освоенных песчаных почв нижнего Днепра / Г.А. Иутинская, С.П. Голобородько, Н.В. Иличко, Н.Ф. Кигель, Н.И. Иванова // Микробиолог. журн. – 1986. – № 6. – С. 3–8.

12. Андреюк Е.И. Микробные сообщества песков на различных стадиях естественного зарастания / Е.И. Андреюк, Е.В. Валагурова, Е.А. Мятликова, Е.С. Гуменко, Г.А. Ткачева // Микробиол. журн. – 1989 а. – Т. 51, № 2. – С. 8–12.

13. Gill R. Relationship between root biomass and soil organic matter pools in the shortgrass steppe of Eastern Colorado / R. Gill, I.C. Burke, D.G. Milchunas, W.K. Lauenroth // Ecosystems. – 1999. – V. 2. – P. 226–236.

© М.В. Якутин, 2013

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОЧВЕННО-БИОЛОГИЧЕСКИХ МЕТОДОВ В МОНИТОРИНГЕ ПОЙМЕННЫХ ЭКОСИСТЕМ В РАЙОНЕ СРЕДНЕЙ ОБИ

Михаил Владимирович Якутин

Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Лаврентьева, д. 8/2, д.б.н., старший научный сотрудник лаб. Биогеоценологии, тел. (383)3639025, e-mail: yakutin@issa.nsc.ru;

Сибирская государственная геодезическая академия, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, проф. кафедры экологии и природопользования

Владислав Семенович Андриевский

Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Лаврентьева, д. 8/2, к.б.н., доцент, старший научный сотрудник лаб. Биогеоценологии, тел. (383)3639025, e-mail: VS@issa.nsc.ru

Александр Игоревич Шепелев

Сургутский государственный университет ХМАО – Югры, 628403, Россия, Тюменская обл., г. Сургут, пр. Ленина, 1, д.б.н., профессор кафедры ботаники, тел. (346)276-31-52, e-mail: landscape-ecology@yandex.ru

Проведен анализ состояния деструкционного блока в пойменных и таежных экосистемах в Сургутском и Нефтеюганском районах ХМАО с использованием почвенно-зоологических и почвенно-микробиологических методов. Продемонстрированы резкие отличия дерновых, луговых и дерново-подзолистых почв по изученным показателям. Делается вывод о возможности применения использованных методов в практике экологического мониторинга.

Ключевые слова: ХМАО, Средняя Обь, почвы, пойма, микробиология, зоология, методы, экологический мониторинг.

THE USE OF SOIL-BIOLOGICAL METHODS IN MONITORING OF FLOOD-PLAIN ECOSYSTEMS IN THE MIDDLE OB REGION

Mikhail V. Yakutin

Institute of Soil Science and Agrochemistry SB RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, 8/2 Akademician Lavrentjev, ScD, senior researcher, laboratory of biogeocenology, tel. (383)3639025, e-mail: yakutin@issa.nsc.ru;

Siberian State Academy of Geodesy, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., professor of department of ecology and wildlife management

Vladislav S. Andrievskiy

Institute of Soil Science and Agrochemistry SB RAS, , 8/2 Akademician Lavrentjev, 630090, Russia, Novosibirsk, PhD, senior researcher, laboratory of biogeocenology, tel. (383)3639025, e-mail: VS@issa.nsc.ru

Alexandr I. Shepelev

Surgut State University, 628403, Russia, Surgut, Tyumen region, 1 Lenin avenue, ScD, professor of department of botany, tel. (346)276-31-52, e-mail: landscape-ecology@yandex.ru

The analysis of a condition of destruction bloc in the flood-plain and taiga ecosystems in Surgut and Nefteyugansk areas HMAR with use of soil-zoological and soil-microbiological methods is carried out. Sharp differences between dernoviy, meadow and dernovo-podsolic soils on the studied indicators are shown. The conclusion about possibility of application of the used methods in ecological monitoring practice becomes.

Key words: HMAR, Middle Ob, soils, flood-plain, microbiology, zoology, methods, ecological monitoring.

Почвенный покров речных пойм отличается исключительной пестротой в пространстве и динамичностью во времени. Пойменные почвы имеют глубокие отличия от почв водораздельных территорий. Их ежегодное затопление паводковыми водами придает им специфический «земноводный» характер и особые черты водно-воздушного режима [1]. Половодье приносит на поверхность затопляемых почв речной аллювий, содержащий в себе минеральные и органические частицы и значительное количество микроорганизмов. Все это определяет высокую биогенность экосистем поймы [2].

Цель настоящего исследования состояла в изучении распределения С-биомассы микроорганизмов и населения панцирных клещей по профилям пойменных почв разных типов и зональной дерново-подзолистой почвы в районе Средней Оби.

Исследование было проведено в Нефтеюганском и Сургутском районах ХМАО в начале июня 2011 г. В качестве объектов исследования были выбраны две пойменные почвы и зональная дерново-глеувато-среднеподзолистая почва на второй террасе реки Оби. Основные характеристики исследованных экосистем приведены в таблице.

В отобранных образцах определяли содержание углерода в биомассе почвенных микроорганизмов (С-биомассы) методом SIR [3]. Для анализа населения панцирных клещей отбирались почвенные пробы стандартным пробоотборником послойно, по 5 см в глубину в 10-кратной повторности в каждой экосистеме. Выгонка клещей из почвы осуществлялась также общепринятым для микроартропод методом термоэктекции Тулльгрена-Берлезе [4]. Статистическая обработка полученных результатов проводилась методами вариационного и дисперсионного анализов [5].

Дерновые почвы распространены преимущественно на гривах прирусловой поймы и формируются в условиях отрыва от грунтовых вод. Луговые почвы распространены преимущественно в центральной области поймы и развиваются в условиях не только атмосферного, но и грунтового увлажнения [1, 6].

Благодаря постоянному отложению свежих наилок на поверхность периодически затопляемых сформировавшихся пойменных почв, они имеют все признаки «молодых» почв. А зональные признаки в них отсутствуют или выражены в очень слабой степени [7].

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]. По од-

ной из гипотез происхождения дерново-подзолистых почв южнотаежной подзоны Западной Сибири связано с наложением подзолообразования на луговые почвы при увеличении степени дренированности территории [8,9].

ТАБЛИЦА 1

ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ИССЛЕДОВАННЫХ ЭКОСИСТЕМ

№ п/п	Геоморфологическое положение	Экосистема	Почва
Т. 1	Правый берег Юганской Оби в 2,5 км от переправы на Южно-Сургутское месторождение. Высокое приустье, 2-10 м от берега	Разнотравно-злаковый луг в разреженном ивняке. Высота травостоя 10-30 см, проективное покрытие 60 %	Дерновая слоистая аллювиальная
Т. 2	Правый берег Юганской Оби. 1,5 км от переправы на Южно-Сургутское месторождение. Нижняя часть склона от приустья Юганской Оби к озеру центральной поймы	Разнотравно-злаковый мезофитный луг. Трава сожжена палом	Луговая аллювиальная
Т. 3	Южно-Сургутское месторождение. Вблизи федеральной трассы. Вторая терраса р. Оби	Березово-кедрово-сосновый чернично-зеленомошный лес	Дерново-глеевато-средне-подзолистая

В ряду почв: дерновые→луговые→дерново-подзолистые отмечается увеличение содержания С-биомассы микроорганизмов в профилях почв (Рис. 1). В верхнем 0-10 см слое дерновой слоистой почвы отмечены минимальные значения биомассы микроорганизмов (34 мг С / 100 г почвы). В верхнем 0-5 см слое дерново-глеевато-среднеподзолистой почвы содержание С-биомассы было в 5,5 раз выше, чем в луговой почве. В нижележащих горизонтах резких различий между данными почвами по содержанию С-биомассы не отмечено.

Аллювиальные почвы характеризуются плавным снижением изученных микробиологических показателей вниз по профилю. Для профильного распределения показателей С-биомассы в дерново-глеевато-среднеподзолистой почве характерна значительная прижатость к верхним горизонтам и резкое уменьшение вниз по профилю. Это объясняется тем, что практически все микробное население подзолистых почв сосредоточено в верхнем 30–35 сантиметровом слое. Подавляющее большинство микроорганизмов обитает в лесной подстилке (А₀) и в горизонте А₁, а в подзолистом горизонте численность микроорганизмов резко снижена. Основная масса грибов сосредоточена в слое 0-15 см. Заметная дыхательная активность отмечается только до глубины 35 см [10, 11,12].

Пик численности микроорганизмов в подзолистых почвах отмечается ранним летом, к осени численность микроорганизмов постепенно снижается [11]. Таким образом, высокая биомасса микроорганизмов в дерново-глеевато-

среднеподзолистой почве, отмеченная в настоящем исследовании, по-видимому, является отражением раннелетнего максимума.

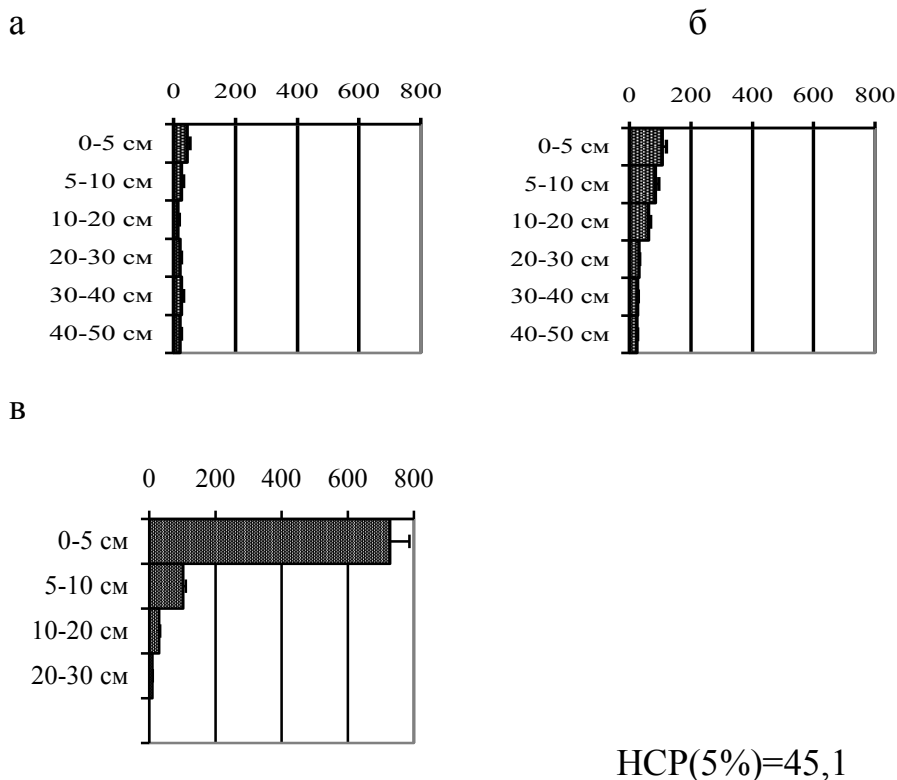


Рис. 1. Распределение С-биомассы (мг С/ 100 г почвы) в профилях исследованных почв: дерновой слоистой аллювиальной (а), луговой аллювиальной (б), дерново-глеевато-среднеподзолистой (в)

В исследовании, проведенном в пойме реки Сан Педро в Аризоне, было показано, что биомасса микроорганизмов тесно связана с вариациями микро топографии: более низко расположенные элементы рельефа получают больше питательных веществ и отличаются большей микробиологической активностью. И величина биомассы микроорганизмов в верхнем слое почвы теснее связана с уровнем паводка, чем биомасса в нижележащих горизонтах почвы [13]. Таким образом, увеличение степени гидроморфности пойменной почвы ведет к увеличению содержания микробной биомассы.

В процессе проведения данного исследования встал вопрос об оценке силы влияния таких факторов, как тип почвы и глубина взятия образцов на изучаемые показатели. С использованием дисперсионного анализа был рассчитан F-критерий для этих факторов и их взаимодействия. Наибольшее влияние на содержание С-биомассы микроорганизмов в пойменных почвах оказывает группа факторов, связанных с типом почвы ($F_C=16$ при $p<0,05$). Достоверного влияния глубины по профилю почвы на С-биомассы в пойменных почвах установлено не было.

По возрастанию основных количественных параметров сообщества панцирных клещей – численностям и видовому богатству – 3 исследованные почвы располагаются в следующей последовательности: луговая почва (самая бедная) – дерновая слоистая (занимающая среднее положение) – дерново-глеевато-среднеподзолистая (самая богатая). Последняя почва явно выделяется в этом ряду: по численности она богаче дерновой слоистой примерно в 4 раза, а луговой – в 8,5 раз. По видовому богатству дерново-глеевато-среднеподзолистая почва превосходит дерновую слоистую незначительно, а луговую превосходит почти вдвое.

Такие различия объясняются биологией панцирных клещей. Более всего эти организмы предпочитают влажные и богатые растительным опадом почвы (дерново-глеевато-среднеподзолистая почва). В более аридных условиях (дерновая слоистая почва) и в условиях периодического затопления (луговая почва) численность панцирных клещей и их видовое богатство снижаются.

Выявленные особенности изученных биолого-почвенных показателей (С-биомассы микроорганизмов и численности и видового богатства панцирных клещей) могут быть успешно использованы в практике экологического мониторинга пойменных и дерново-подзолистых почв в таежной зоне.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Добровольский Г.В. Почвы речных пойм центра Русской равнины / Г.В. Добровольский. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1968. – 295 с.
2. Никитина З.П. Численность и биомасса микроорганизмов в почвах поймы Нижнего Иртыша / З.И. Никитина, Ю.Н. Барыкова // Почвоведение. – 1982. – № 9. – С. 109–115.
3. Schinner F. Methods in soil biology / F. Schinner, R. Ohlinger, E. Kandeler, R. Margesin. – Berlin: Springer-Verlag, 1996. – 420 p.
4. Методы почвенно-зоологических исследований. [под ред. М.С.Гилярова]. – М.: Наука, 1975. – 280 с.
5. Плохинский Н.А. Биометрия / Н.А. Плохинский. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1970. – 367 с.
6. Шепелев А.И. Принципы эколого-хозяйственной оценки пойменных земель: почвенно-генетические аспекты / А.И. Шепелев, Л.Ф. Шепелева // Проблемы региональной экологии. Вып. 5.– Томск: Изд-во «Красное знамя», 1995. – 152 с.
7. Шраг В.И. Классификация пойменных почв и их краткая агро-мелиоративная характеристика / В.И. Шраг. – М.: Изд-во Росгипрводхоза, 1964. – 105 с.
8. Почвы Новосибирской области / [отв. ред. Р.В. Ковалев]. – Новосибирск: Наука, Сиб. отд-ние. 1966. – 422 с.
9. Андриевский В.С., Якутин М.В. Почвенно-биологические характеристики в мониторинге молодых экосистем северной тайги / ГЕО-Сибирь-2010. Т.4. Дистанционные методы зондирования Земли и фотограмметрия, мониторинг окружающей среды, геоэкология. Ч.2: сб. матер. VI Междунар. научн. конгресса «ГЕО-Сибирь-2010». Новосибирск: СГГА, 2010. – С. 76-80.
10. Стенина Т.А. Микрофлора подзолистых почв северо-востока европейской части СССР / Т.А. Стенина // Современные процессы в подзолистых почвах северо-востока европейской части СССР. – Л.: Наука, Ленингр. отд-ние, 1970. – С. 92–107.
11. Fritze H. Distribution of microbial biomass and phospholipid fatty acids in Podzol profiles under coniferous forest / H. Fritze, J. Pietikainen, T. Pennanen // European J. Soil Sci. – 2000. – V. 51. – P. 565–573.

12. Сорокина О.А. Влияние сосняков разного возраста на биологическую активность залежных почв Среднего Приангарья / О.А. Сорокина, Н.Д. Сорокин // Почвоведение. – 2007. – № 5. – С. 627–634.

13. Harms T.K. Hot spots and hot moments of carbon and nitrogen dynamics in a semiarid riparian zone / T.K. Harms, N.B. Grimm // J. Geophysical Res. – 2008. – V. 113. G01020.

© *М.В. Якутин, В.С. Андриевский, А.И. Шепелев, 2013*

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДИКИ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ДЕШИФРИРОВАНИЯ ПРИ АНАЛИЗЕ СОСТОЯНИЯ ЭКОСИСТЕМ В ТАЕЖНОЙ ЗОНЕ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Андрей Геннадьевич Шарикалов

Сибирская государственная геодезическая академия, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, аспирант кафедры экологии и природопользования, тел. (383)361-08-86, e-mail: sharikalov.andrey@gmail.com

Михаил Владимирович Якутин

Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Лаврентьева, д. 8/2, д.б.н., старший научный сотрудник лаб. Биогеоценологии, тел. (383)3639025, e-mail: yakutin@issa.nsc.ru;

Сибирская государственная геодезическая академия, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, проф. кафедры экологии и природопользования

Предложена методика автоматизированного дешифрирования территорий в северной и средней тайге, занятыми природными и антропогенно-трансформированными экосистемами. Показана высокая эффективность предложенной методики при дешифрировании земель водного и лесного фонда, а также возможность ее применения при мониторинге других видов земель.

Ключевые слова: Западная Сибирь, северная и средняя тайга, нефтегазодобыча, антропогенный пресс, дистанционное зондирование земли, мониторинг.

USE OF AN AUTOMATED DECODING TECHNIQUE AT THE ANALYSIS OF A CONDITION OF ECOSYSTEMS IN A TAIGA ZONE OF WESTERN SIBERIA

Andrei G. Sharikalov

Siberian State Academy of Geodesy, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo, post graduate student, department of ecology and wildlife management, tel. (383)361-08-86, e-mail: sharikalov.andrey@gmail.com

Mikhail V. Yakutin

Institute of Soil Science and Agrochemistry SB RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, 8/2 Akademician Lavrentjev, ScD, senior researcher, laboratory of biogeocenology, tel. (383)3639025, e-mail: yakutin@issa.nsc.ru;

Siberian State Academy of Geodesy, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., professor of department of ecology and wildlife management

The automated decoding technique of territories in the northern and the middle taiga is offered. That territory are occupied by natural and anthropogenic-transformed ecosystems. High efficiency of the offered technique is shown at decoding the earths in water and wood fund, and also possibility of its application at monitoring of other kinds of the earths.

Key words: Western Siberia, northern and meddle taiga, oil and gas recovery, anthropogenous press, remote sounding of the earth, monitoring.

Основная проблема мониторинга по космическим данным – это необходимость обработки чрезвычайно большого объема данных, полученных по многозональным снимкам. Кроме того, особенность космических снимков заключается в том, что полученные спектральные характеристики разновременных изображений существенно зависят от условий и времени съемки, типа подстилающей поверхности и других факторов. Для устранения искажений и нормализации изображений выполняется специальная обработка снимков, позволяющая нормировать яркости. Существует большое количество алгоритмов обработки, но большинство из них можно использовать только в определенных условиях и для определенных объектов [1].

Целью данной работы было исследование месторождений нефти и газа, находящихся в пределах северной и средней тайги Западной Сибири в пределах Пуровского района ЯНАО и Сургутского района ХМАО. Общая площадь исследованных месторождений 2863,5 тыс. га. Область исследования возле каждого месторождений была ограничена пространственным контуром месторождения (зоной нефтенакпления) [2, 3, 4].

На момент исследования 58 месторождений находились на стадии разработки, из них 31 месторождение в Пуровском районе и 27 – в Сургутском районе. Кроме того 42 месторождения на момент исследования еще не были введены в эксплуатацию по тем или иным причинам (на них проводилась доразведка запасов, отсутствовала техническая возможность либо экономическая целесообразность промышленной разработки и т.п.) из них 19 месторождений в Пуровском районе и 23 – в Сургутском районе.

Исследование территории муниципальных районов выполнялось по данным дистанционного зондирования Modis (продукт MOD13 – индекс NDVI). Данные получены в рамках проекта LAADS web национального управления по воздухоплаванию и исследованию космического пространства правительства США (NASA). Исследование территорий месторождений углеводородов выполнялось по материалам дистанционного зондирования Земли. Использованные данные, а именно спутниковые снимки Landsat 7 ETM+ и Landsat 5 TM были представлены геологической службой правительства США (U.S. Geological Survey) в рамках проекта Glovis [5,6].

В целях осуществления геоэкологического мониторинга сравнивались летние безоблачные космические снимки, полученные со спутника Landsat 5 TM двадцатилетней давности и последние несколько лет назад. В исключительных случаях, при отсутствии иных данных необходимой давности использовались снимки, полученные со спутника Landsat 7 ETM+ до поломки корректора линий сканирования (в период 1999-2003 годы, режим SLC-on).

В данной работе в целях выделения наиболее значимых спектральных признаков на множестве регистрируемых диапазонов, а также уменьшения влияния таких явлений как разности в освещенности снимков, облачности, дымки, поглощении радиации атмосферой и др. использовался нормализованный относительный индекс растительности NDVI, а также преобразование Tasseled Cap.

Нормализованный относительный индекс растительности, обычно называемый вегетационным индексом или плотностью растительности, является простым количественным показателем количества фотосинтетической активности биомассы. Плотность растительности в определенной точке изображения равна разнице интенсивностей отраженного света в красном и инфракрасном диапазоне, деленной на сумму их интенсивностей [7].

Расчет вегетационного индекса базируется на двух наиболее стабильных (не зависящих от прочих факторов) участках спектральной кривой отражения сосудистых растений. В красной области спектра (0,6-0,7 мкм) лежит максимум поглощения солнечной радиации хлорофиллом высших сосудистых растений, а в инфракрасной области (0,7-1,0 мкм) находится область максимального отражения клеточных структур листа. То есть высокая фотосинтетическая активность (связанная, как правило, с густой растительностью) ведет к меньшему отражению в красной области спектра и большему в инфракрасной. Отношение этих показателей друг к другу позволяет четко отделять и анализировать растительные объекты от прочих природных объектов. Использование же не простого отношения, а нормализованной разности между минимумом и максимумом отражений увеличивает точность измерения, позволяет уменьшить влияние таких явлений как различия в освещенности снимка, облачности, дымки, поглощение радиации атмосферой и пр. [8].

Благодаря особенности отражения в используемых вегетационным индексом областях спектра, природные объекты, не связанные с растительностью, имеют фиксированное значение NDVI, что позволяет использовать этот параметр для их идентификации (таблица 1).

Таблица 1

Связь значений нормализованной разности вегетационного индекса и дешифрируемых типов объектов [7]

Тип объекта	Отражение в красной области спектра	Отражение в инфракрасной области спектра	Значение NDVI
Густая растительность	0,1	0,5	0,7
Разряженная растительность	0,1	0,3	0,5
Открытая почва	0,25	0,3	0,025
Облака	0,25	0,25	0
Снег и лед	0,375	0,35	-0,05
Вода	0,02	0,01	-0,25
Искусственные материалы (бетон, асфальт)	0,3	0,1	-0,5

Изучая отображенные на снимках объекты в различных диапазонах электромагнитного спектра можно отметить, что их спектральные яркости хотя и

отличаются, но сильно коррелированы. Таким образом, система измерений не образует ортогональный базис. Преобразование Tasseled Cap осуществляет переход из пространства измерений спектральных яркостей объектов, в пространство признаков, связанных со свойствами заданного класса объектов [9].

Результат преобразования космического снимка Landsat 5 TM на территорию Новогоднего месторождения (Пуровский район ЯНАО) приведен на рисунке 1.

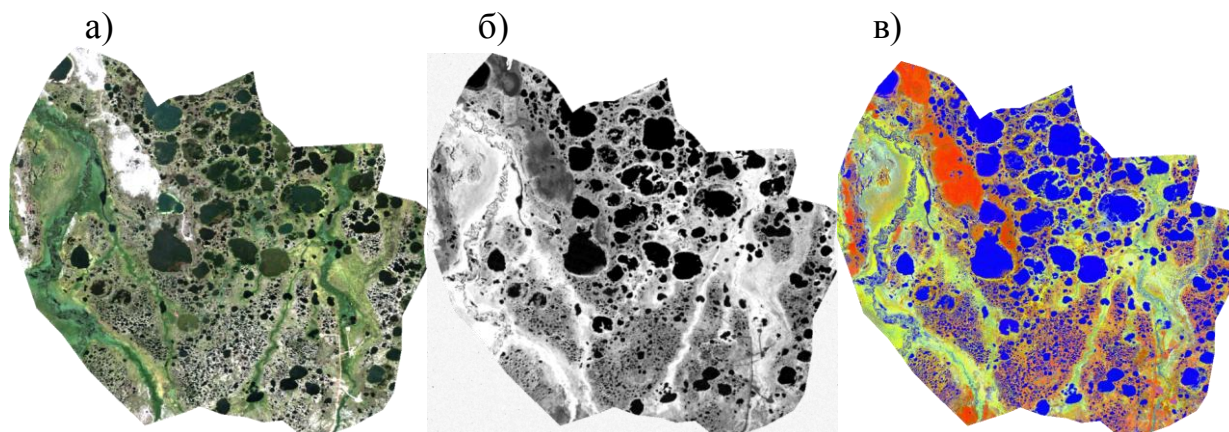


Рис. 1. Результат преобразования космического снимка на территорию Новогоднего месторождения (а – снимок со спутника Landsat 5 TM; б – индекс NDVI; в – результат преобразования Tasseled Cap)

Для получения базовых векторов были выбраны три типа объектов: яркость – Brightness, «зелёность» – Greenness, и влажность – Wetness. Для определения расположения векторов, характеризующих эти признаки, использовались усредненные измерения спектральных яркостей трех типов объектов чистой почвы, растительности и водной поверхности соответственно. Для определения коэффициентов преобразования Tasseled Cap можно использовать метод Грамма-Шмидта либо также метод главных компонент, который дает аналогичный результат. В данной работе использовались стандартные коэффициенты преобразования Tasseled Cap для спутниковых снимков Landsat 5 TM и Landsat 7 ETM+ заложенные в программный продукт ENVI 4.8 [10].

За основу в процессе классификации видов земельных угодий была взята универсальная система классификации данных на основе аэро- и космических снимков разработанная в США. Использован первый и частично второй уровень детализации категорий угодий, а именно: водные поверхности, хвойные леса, лиственные и смешанные леса, застроенные земли, территории лишенные растительного покрова, незаселенные заболоченные земли [10].

Пороговые значения критериев разделения типов угодий подбирались для каждого снимка индивидуально с учетом периода вегетации, условий освещенности, ландшафтных особенностей и др. Результат классификации сравнивался

визуально с имеющимися топографическими картами на исследуемую территорию масштабов 1:500 000 – 1:100 000, в случае необходимости проводилось редактирование критериев разделения типов угодий и повторный анализ.

По результатам работы были составлены по две ландшафтно-экологические карты для каждого месторождения (состояние экосистем 25 лет назад и в настоящее время), с помощью которых стало возможно определить площади основных классов экосистем на изученных территориях и оценить их динамику. Для каждого класса экосистем определялся процент от общей площади территории месторождения. Затем полученные выборки анализировались с использованием методов вариационного и дисперсионного анализов. Несмотря на то, что изученные участки имеют неодинаковую общую площадь, стало возможным оценить на большом массиве данных некоторые тенденции в изменении доли различных экосистем, происходящих в процессе освоения территории и нефтедобычи.

Данная методика автоматизированного дешифрирования природно-территориальных комплексов показала высокую эффективность дешифрирования земель водного и лесного фонда по типу растительного покрова, а также возможность своего применения при мониторинге других видов земель.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Алтынцев, М. А. Разработка методик автоматизированного дешифрирования мультиспектральных космических снимков высокого разрешения для мониторинга природно-территориальных комплексов: автореф. дисс. ... канд. техн. наук: 25.00.34 / Алтынцев Максим Александрович; СГГА. – Новосибирск, 2011. – 25 с.
2. Схема территориального планирования муниципального образования Пуровский район, утвержденная решением и. о. Главы муниципального образования Пуровский район от 22.04.2010 № 433.
3. Схема территориального планирования муниципального образования Сургутский район, утвержденная решением Думы Сургутского района от 27.12.2011 № 122.
4. Клещев, К.А. Нефтяные и газовые месторождения России: справочник: В 2 кн. – Кн. 2. Азиатская часть России / К.А. Клещев, В.С. Шейн. – М.: ВНИГНИ, 2010. – 711 с.
5. Wolfe, R.E. Achieving sup-pixel geolocation accuracy in support of MODIS land science / R.E. Wolfe, M. Nishihama, A.J. Fleig et al. // Remote Sens. Environ. – 2002. – Vol. 83. – P. 31–49.
6. Кулик Е.Н. Оперативный космический мониторинг: вчера, сегодня, завтра / Интерэкспо Гео-Сибирь-2012 // Междунар. научн. конф. «Дистанционные методы зондирования Земли и фотограмметрия, мониторинг окружающей среды, геоэкология»: сб. материалов. Т. 2. – Новосибирск: СГГА, 2012. – С. 136-141.
7. Asner, G.P. Per-pixel analysis of forest structure. Vegetation indices, spectral mixture analysis and canopy reflectance modeling / G.P. Asner, J.A. Hicke, D.B. Lobell // Remote Sensing of Forest Environments. Concepts and Case Studies. [Wulder, M.A., Franklin, S.E. (Eds.)]. – Kluwer Academic Publishers, 2003. – P. 209–254.
8. Gis-Lab: NDVI. Теория и практика [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://gis-lab.info/qa/ndvi.html>.
9. Гонсалес, Р. Цифровая обработка изображений. / Р. Гонсалес, Р. Вудс. – М.: Техносфера, 2006. – 1072 с.

10. Трифонова, Т.А. Геоинформационные системы и дистанционное зондирование в экологических исследованиях: Учебное пособие для вузов / Т.А. Трифонова, Н.В. Мищенко, А.Н. Краснощеков. – М.: Академический Проект, 2005. – 352 с.

© А.Г. Шарикалов, М.В. Якутин, 2013

АНАЛИЗ ДИНАМИКИ ЗАСОЛЕННЫХ КОМПЛЕКСОВ ДЛЯ ОЦЕНКИ СТЕПЕНИ АРИДИЗАЦИИ ТЕРРИТОРИИ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ НА ОСНОВЕ ГИС И ДЗ

Надежда Владимировна Глушкова

Институт геологии и минералогии СО РАН им. В.С. Соболева, 630090, Россия, г. Новосибирск, просп. Академика В.А.Коптюга, 3, научный сотрудник, тел. 8-(383)-335-62-79, e-mail: hope@igm.nsc.ru

Дарья Анатольевна Чупина

Институт геологии и минералогии СО РАН им. В.С. Соболева, 630090, Россия, г. Новосибирск, просп. Академика В.А.Коптюга, 3, младший научный сотрудник, тел. 8-(383)-335-62-79, e-mail: dasha.chupina@gmail.com

Софья Андреевна Котлер

Институт геологии и минералогии СО РАН им. В.С. Соболева, 630090, Россия, г. Новосибирск, просп. Академика В.А.Коптюга, 3, лаборант, тел. 8-(383)-335-62-79, e-mail: sonechks@ya.ru

В статье рассмотрена методика картографирования засоленных комплексов Западной Сибири на субмеридиональном трансекте междуречья Оби и Иртыша для оценки динамики аридизации на лесостепных, степных и опустыненно-степных территориях. Проанализирована динамика увлажнения/иссушения на основе выявления закономерностей изменения площадей солончаков, растительности, открытой почвы, водных объектов. Изучены особенности трансформации мультиспектральных признаков при генерализации от крупного пространственного разрешения к среднему и мелкому (QUICKBIRD — SPOT, Landsat — Modis).

Ключевые слова: засоленные комплексы; генерализация спектров; ГИС; данные дистанционного зондирования.

AN ANALYSIS OF THE SALINE COMPLEXES DYNAMICS FOR ARIDIZATION ESTIMATE OF WESTERN SIBERIA AREA (ON THE BASIS OF GIS AND RS)

Nadejda V. Glushkova

Institute of Geology and Mineralogy SB RAS of V.S. Soboleva, 630090, Russia, Novosibirsk, Ac.Koptiug av. 3, Researcher, tel. 8-(383)-335-62-79, e-mail: hope@igm.nsc.ru

Darya A. Chupina

Institute of Geology and Mineralogy SB RAS of V.S. Soboleva, 630090, Russia, Novosibirsk, Ac.Koptiug av. 3, Junior Researcher, tel. 8-(383)-335-62-79, e-mail: dasha.chupina@gmail.com

Sophia A. Kotler

Institute of Geology and Mineralogy SB RAS of V.S. Soboleva, 630090, Russia, Novosibirsk, Ac.Koptiug av. 3, assistant, tel. 8-(383)-335-62-79, e-mail: sonechks@ya.ru

The article is devoted to development of a mapping technique of the Western Siberia salted complexes on submeridional transect of interfluve of Ob and Irtysh for an assessment of dynamics of an aridization in forest-steppe, steppe and desert-steppe territories. Analysis of a moistening/desiccation dynamics is based on regularities of change of the saline soils areas, the vegetation,

the open soil, water objects. The transformation of multispectral signs are studied at generalization from large spatial resolution to average and small (QUICKBIRD — SPOT, Landsat — Modis).

Key words: salted complexes; generalization spectra, GIS, remote sensing data.

В настоящее время все большую актуальность приобретают вопросы реакции региональных экосистем на глобальные изменения природной среды и климата. Для территорий недостаточного увлажнения Евразии особую роль играют процессы аридизации, сопровождающиеся увеличением экстремальности климата. Объектом исследования является юг Западной Сибири, где наблюдается уменьшение степени увлажненности территорий и вызванное этим сокращение биологической продуктивности. Наряду с климатическими изменениями существенную роль в деградации растительного покрова играет антропогенная деятельность (чрезмерная распашка земель, неправильная ирригация, перевыпас скота и др.).

В данной работе показателями процессов аридизации выступают площади озер и примыкающего к ним галоморфного микропояса (галофитные сообщества на солончаках). На территории юга Западно-Сибирской равнины питание озер обеспечивается в основном поверхностным стоком [1], поэтому условия увлажнения оказывают значительное влияние на уровень воды в них. В случае полного высыхания озера на его месте происходит формирование солончаков. В результате площадь, занимаемая солончаками, увеличивается, и соответственно меняется соотношение между отдельными природно-территориальными комплексами. Как было показано в предыдущих исследованиях [2], зачастую солончаки могут зарастать галофитной растительностью, поэтому при анализе долговременных изменений увлажненности, площадь озер является более точным индикатором аридизации, нежели площадь солончаков.

В настоящее время наиболее эффективным методом изучения пространственного распределения засоленных комплексов (озер и солончаков) является картографирование с помощью ГИС-технологий на основе данных дистанционного зондирования Земли (ДДЗЗ). В статье представлены результаты анализа изменчивости реакции ландшафтов на колебания площадей озер и солончаков в зависимости от положения на субмеридиональном трансекте лесостепной и степной зон юга Западной Сибири. Для мониторинга засоленных комплексов и озер этой территории по сериям разновременных космических снимков (LANDSAT, SPOT) выбрано четыре участка на междуречье Оби и Иртыша в районах, прилегающих к озерам Чаны, Баган, Кулундинское и Малиновое.

Особый интерес представляло выявление значимых различий в спектральных кривых для природно-территориальных комплексов разного состава на основе анализа субпиксельной структуры снимка. Это вызвано тем, что на снимках среднего и мелкого разрешения, в отличие от снимков крупного разрешения, пиксели включают не один объект, а несколько и, соответственно, имеют не «чистые», а смешанные спектральные характеристики. Проблема трансформации мультиспектральных характеристик (отражающих аридизацию) за счет

генерализации при переходе от крупного пространственного разрешения к среднему и мелкому была рассмотрена на примерах QUICKBIRD — SPOT, Landsat — Modis.

Особенностью изучаемого региона является широкое распространение озер. Для Барабинской равнины характерно наличие больших древних озерных поверхностей, а для Кулундинской – наличие большого количества бессточных озерных котловин. Каждый полигон охарактеризован с использованием цифровой модели рельефа SRTM, данных государственной геологической съемки и полевых исследований авторского коллектива исполнителей по проекту. Также в работе использовалась схема изменений структуры ПТК в результате высыхания, полученная в результате наземных наблюдений 2001–2008 годов [3].

Технологическая последовательность включает в себя в первую очередь подбор временной серии космоснимков на каждый полигон. Исходные данные состоят из серии космоснимков LANDSAT, SPOT. На полигон №1 (озеро Чаны) использовались снимки датчика Landsat TM и ETM+ следующих годов: TM 1.08.1989; ETM+ 3.09.2001; TM 7.09.2011. На полигоне №2 использовались как снимки спутников Landsat, так и SPOT: TM 1.08.1989; ETM+ 3.09.2001; SPOT 28.08.2008. На полигоне №3 (Кулундинское озеро) и №4 (Малиновое озеро) анализировались снимки серии Landsat: TM 4.09.1989; ETM+ 4.08.2001; TM 22.09.2010 и TM 26.07.0989; ETM+ 4.08.2001; TM 22.09.2010 соответственно. На космоснимках по каждому полигону проводилось распознавание озер и солончаков методами управляемых классификацией (правило максимального правдоподобия - Maximum Likelihood). Для этого были выбраны 5 обучающих эталонных полигонов: участки солончаков, водных объектов, пашен, леса, естественной травянистой растительности (сенокосы и пастбища). Классификация проводилась по 6 каналам снимков Landsat TM, ETM+ и 3 каналам SPOT.

Для получения количественных показателей динамики площадей озер и солончаков за определенные временные интервалы растровые выделы конвертировались в векторный формат для проведения оверлейных операций. В результате получены 5 классов объектов: 1) озера, вновь заполнившиеся водой, 2) солончаки, появившиеся за счет деградации растительности, 3) солончаки, появившиеся в результате высыхания озер, 4) галофитные сообщества по солончакам, 5) зарастающие озера. Их динамика анализировалась по трем хронологическим интервалам: 1) 1989-2001 гг.; 2) 2010 (2008 для участка 2, 2011 для участка 1) – 2001 гг.; 3) 1989 – 2010 гг. Очевидно, что разница за 2011 – 1989 гг. отражает более долговременную климатическую тенденцию за 2 последних десятилетия.

Для оценки вклада смежных ландшафтов в спектральный отклик при переходе от снимков крупного разрешения к более мелкому проводилась интерполяция спектральных характеристик всех каналов снимка с шагом сетки, равным пространственному разрешению более крупномасштабного снимка, и радиусом интерполяции, равным пространственному разрешению более мелкомасштабного снимка. Это позволяет получить модель более мелкомасштабного снимка. Далее проводилось моделирование спектральных кривых на тестовых группах

пикселей с четко определенным соотношением удельных площадей озер, солончаков, густой древесно-кустарниковой растительности, почвы с разреженным растительным покровом и т.п.

Проведенные исследования генерализации спектральных кривых на снимках различного пространственного разрешения показали, что спектральная кривая пикселя на снимке мелкого пространственного разрешения (Modis) зависит от спектральных кривых ландшафтных объектов и их процентного соотношения в кластерах дискретов снимка среднего пространственного разрешения (Landsat, Spot), соответствующих пикселю Modis. При переходе от снимков QuickBird к снимкам Landsat различия в спектральных характеристиках минимальны, в то время как при переходе от снимка Landsat к снимку MODIS различия более значительные, так как пиксель снимка MODIS усредняет в процессе генерализации значительное количество разнородных ландшафтных обстановок. Эта технология позволяет анализировать вклад ландшафтных обстановок в спектральный отклик космоснимков, моделировать теоретически возможные комбинации, а затем решать обратную задачу — реконструировать изначальную субпиксельную структуру по генерализованным спектральным характеристикам.

Для первого участка, прилегающего к озеру Чаны, временной интервал 1989-2001 гг. характеризуется увеличением площади солончаков и уменьшением площади озер, а временной интервал 2011-2001 гг. увеличением площади, как солончаков, так и озер. В целом, на первом участке за 20 лет (временной интервал 2011-1989 гг.) прослеживается тренд к уменьшению площади озер и к увеличению площади солончаков. Участок второй приурочен к озеру Баган. Он отличается по динамике показателей на 2001 год от первого участка, но как это будет показано далее схож с четвертым участком. Т.е. на участках 2 и 4 на хроносрез 2001 года отмечается расширение озер и соответственно уменьшение площади солончаков. На участке 3, приуроченном к окрестностям озера Кулундинское, короткий пик частного увлажнения, наблюдающийся в 2001 г для участков 2 и 4, не проявлен. Наоборот, в окрестностях озера наблюдается постоянная тенденция к деградации озер и увеличению солончаков, постепенно зарастающих галофитными сообществами. Четвертый участок самый южный. Характеризуется большими удельными площадями солончаков и разреженной растительностью. Здесь самые аридные условия из всех полигонов (не лесостепь, а степь). Поэтому процессы зарастания солончаков гораздо менее выражены, чем в районах расположенных севернее. Проведенные исследования показали, что размах изменений удельных площадей как озер, так и солончаков, увеличивается в несколько раз с севера на юг по мере смещения от типичных лесостепных условий к обстановкам степным и опустыненным (см. рис.1). Таким образом, в более южных районах, где лесостепь сменяется степью, фиксируются наиболее контрастные реакции местных экосистем на изменения климата.

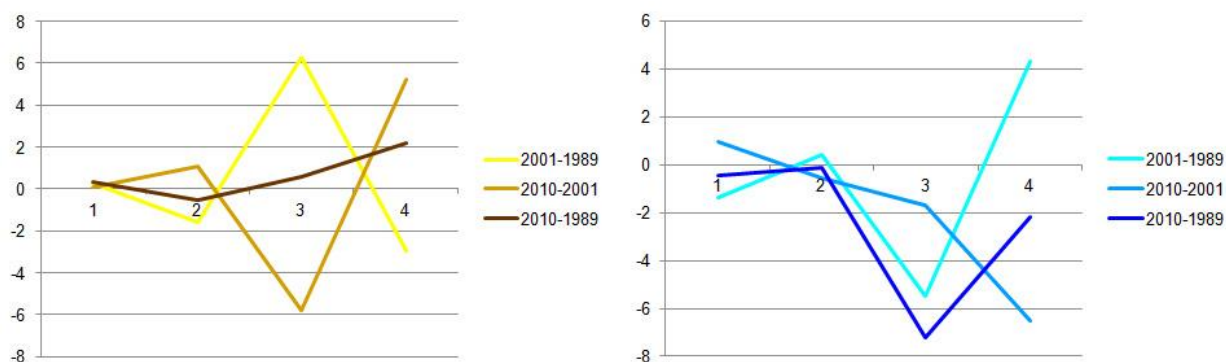


Рис. 1. Динамика удельных площадей солончаков и озер

Работа выполнена в рамках проекта РФФИ № 12-05-31101

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Абрамович Д.И. Воды Кулундинской степи. [Текст]: / Изд-во Сиб. отд. АН СССР.– Новосибирск: Изд-во Сиб. отд. АН СССР, 1960. – 214 с.
2. Лямина В.А., Глушкова Н.В., Смоленцева Е.Н., Зольников И.Д. Использование методов ГИС и ДЗ для мониторинга площади озер и солончаков на территории юга Западной Сибири//Интерэкспо ГЕО-Сибирь. Новосибирск: СГГА. Т.4, № 2, 2010. С.3-7.
3. Зольников И.Д., Глушкова Н.В., Лямина В.А., Смоленцева Е.Н., Королук А.Ю., Безуглова Н.Н., Зинченко Г.С., Пузанов А.В. Индикация динамики природно-территориальных комплексов юга Западной Сибири в связи с изменениями климата // География и природные ресурсы. 2011. №2. - С. 155-160.

© Н.В. Глушкова, Д.А. Чупина, С.А. Котлер, 2013

ГЕОИНФОРМАЦИОННОЕ КАРТОГРАФИРОВАНИЕ И ИНВЕНТАРИЗАЦИЯ ЗЕЛЕННЫХ НАСАЖДЕНИЙ

Людмила Константиновна Трубина

Сибирская государственная геодезическая академия, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, д.т.н., профессор, заведующая кафедрой экологии и природопользования, тел. (383) 361-09-11, e-mail: lab.ite@ssga.ru

Евгения Ивановна Баранова

Сибирская государственная геодезическая академия, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, к.т.н., старший преподаватель кафедры экологии и природопользования, тел. (383)361-08-86, e-mail:evg.dxn@yandex.ru

Галина Сергеевна Чагина

Сибирская государственная геодезическая академия, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, студентка кафедры экологии и природопользования, тел. (383) 361-08-86, e-mail: chagi-galina@yandex.ru

В статье приведены методические подходы к формированию информационной модели зеленых насаждений. Модель включает две составляющих: картографическую информацию об озеленении городской территории и базу данных. Апробация модели реализуется на объекте – Новосибирский городской сквер Славы.

Ключевые слова: инвентаризация зеленых насаждений, картографирование, сквер Славы.

GIS MAPPING AND GREENERY INVENTORY

Lydmila K. Trubina

Siberian State Academy of Geodesy, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., Prof, Department of Ecology and Natural Resources Management, tel. 3610886, e-mail: kaf.ecolog@mail.ru

Yevgeny I. Baranova

Siberian State Academy of Geodesy, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., PhD, Senior lecturer, Department of Ecology and Natural Resources Management, tel. 3610886, e-mail:evg.dxn@yandex.ru

Galina S. Chagina

Siberian State Academy of Geodesy, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., Student, department of Ecology and Nature Management, tel. (383) 361-08-86, e-mail: chagi-galina@yandex.ru

Methodological approaches to developing information model of greenery are presented. The model comprises two components: cartographic information on the arrangement of green spaces on city territory, and the database. The model is to be tested in Novosibirsk park of Honour.

Key words: inventory of green plantations, mapping, park of Glory.

Роль городских зеленых насаждений на урбанизированных территориях постоянно повышается. Наличие зеленых насаждений, их качественное и количественное состояние влияет на кадастровую оценку земельных участков города, уровень экологической безопасности, устойчивое развитие городской среды.

Для совершенствования управления в сфере благоустройства и озеленения территории необходимо внедрение современных информационных технологий. Их применение позволяет систематизировать информацию о состоянии озеленения в целом, площадях озелененных объектов, структуре насаждений. Преимуществами таких технологий является оперативность обработки информации, удобство её использования, хранения и воспроизведения, что повышает эффективность управления зеленым фондом [1].

На основании анализа нормативно-методической базы и способов инвентаризации зеленых насаждений, используемых в России и г. Новосибирске [2,3], предложена геоинформационная модель учета зеленых насаждений городских земель Новосибирска. Модель включает две составляющих: картографическую информацию об озеленении городской территории и базу данных.

В качестве демонстрационного объекта выбран сквер Славы, один из наиболее известных мест города Новосибирска. Сквер включает мемориальным ансамбль, посвященный подвигу сибиряков в Великую Отечественную войну, стелы в память о воинах, погибших в Афганистане и Чечне, завершает мемориал часовня. Территория ансамбля занимает почти два гектара. Сквер Славы - самая «облагороженная» парковая зона Новосибирска: осуществляется постоянный уход за зелёными насаждениями, оборудованы детские площадки, устроены диагональные дорожки.

Согласно методическим документам [4] объекты такого типа подлежат индивидуальной инвентаризации. В этом случае осуществляется оценка состояния каждого отдельного дерева, кустарниковой посадки, участка газона, цветника. Наиболее общий набор характеристик включает следующее:

- для деревьев: тип посадки, в которую входит дерево, номер дерева, порода, возраст, диаметр, высота, качественное состояние;

- для кустарников: тип и номер кустарниковой посадки, вид, образующий кустарниковую посадку, количество кустов в посадке, возраст, высота кустарников, длина и ширина посадки, качественное состояние;

- для газонов: тип газона, площадь, выделяются доминирующие виды трав, общее проективное покрытие трав;

- для цветников: тип цветника, культуры многолетников, площадь, качественное состояние.

Качественное состояние насаждений определяется по следующим признакам:

- 1 - «хорошее» - растения здоровые с правильной, хорошо развитой кроной, без существенных повреждений;

2 - «удовлетворительное» - растения здоровые, но с неправильно развитой кроной, со значительными, но не угрожающими их жизни повреждениями, с дуплами и др.; кустарник без сорняков, но с наличием поросли;

3 - «неудовлетворительное» - древостой с неправильно и слабо развитой кроной, со значительными повреждениями, с зараженностью болезнями или вредителями, угрожающими их жизни; кустарники с наличием поросли и отмерших частей.

Эти параметры были взяты за основу при формировании геоинформационной модели сквера Славы, включающей несколько слоев данных.

В целях удобства проведения учета инвентаризуемый объект разделяется на условные учетные участки, ограниченные дорожками или другими постоянными контурами внутренней ситуации, потому первый Слой «Тип объекта» (сквер Славы, учетные участки) включает ряд полигонов, отображаемых в картографическом виде, а их описание и размеры (имя, площадь, периметр) содержатся в базе данных.

Следующий слой «Типы земельных участков» включает (газоны, клумбы, дорожки). Его структура аналогична предыдущему. При этом для всех слоев размерные характеристики (площадь, периметр и др.) рассчитываются автоматически средствами ГИС.

Отдельным слоем показываются такие объекты, как памятники, и другие архитектурные формы - «Типы объектов на участках», с указанием их координат и описанием.

Объекты озеленения представлены несколькими слоями:

- Слой «Типы деревьев», содержит координаты объектов, а в базе данных информация по каждому из них: порода, диаметр, высота, показатели состояния.

- Слой «Кустарники», отображается на карте в виде объектов, а в базе данных содержится информация: видовое название, тип посадки, площадь, занимаемой групповой посадки, показатели состояния.

Для этих слоев данных может быть рассчитано распределение измеренных объектов по разным параметрам, например: по породам, классам диаметров и высоте.

При использовании модуля трехмерной визуализации имеется возможность моделировать изменения пространства при извлечении или добавлении деревьев, или других объектов в сквере.

В процессе экспериментальных работ средствами ГИС MapInfo выполнено картирование территории сквера, показаны общая территория сквера, типы земельных участков, типы объектов на участках, и представлены древесные насаждения, разработана структура баз данных для каждого слоя. (рис.1).

На следующем этапе, при инвентаризации зеленых насаждений предполагается уточнить местоположения объектов древесно-кустарниковой растительности и выполнить проведение количественных измерений и оценить состояние насаждений.

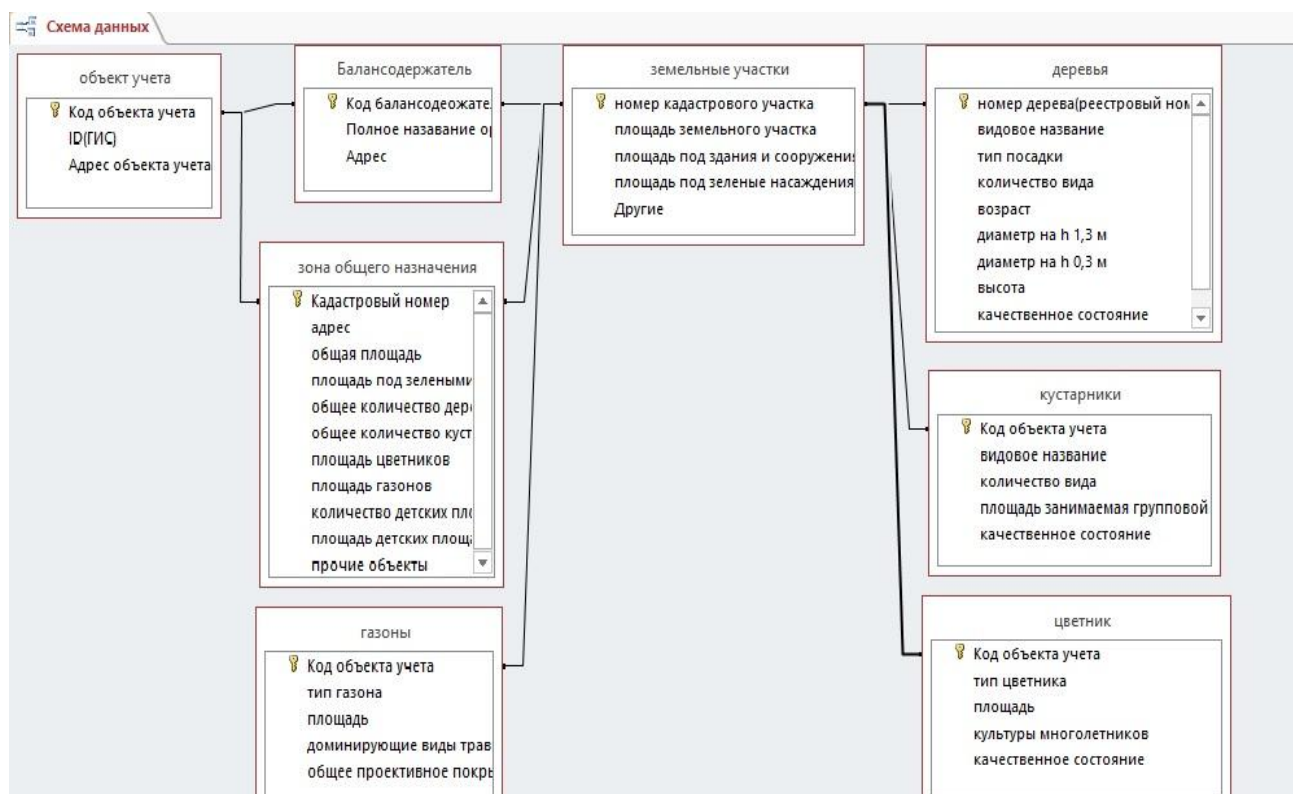


Рис.1. Структура базы данных

Результатом работ по инвентаризации и картографированию сквера Славы будет электронная карта территории сквера и связанные с ней базы данных, содержащие информацию обо всех объектах, находящихся на территории сквера.

Такая карта и базы данных должны постоянно актуализироваться и уточняться, их удобно использовать для проведения повторных инвентаризаций, а также для компьютерного моделирования изменений в городском ландшафте.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Трубина Л.К. Методологические аспекты экологической оценки состояния урбанизированных территорий // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2012: сб. материалов Междунар. научн. конф. «Дистанционные методы зондирования Земли и фотограмметрия, мониторинг окружающей среды, геоэкология». Т. 2. – Новосибирск: СГГА, 2012. – С. 200-203.
2. Градостроительный кодекс РФ: текст с изменениями и дополнениями на 2012(Актуальное законодательство) – М., 2012. – 208 с.
3. Решение Совета депутатов города Новосибирска 22.02.2012 № 539 «О Правилах создания, охраны и содержания зеленых насаждений в городе Новосибирске» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://gorsovetnsk.ru/sessions/view/solution/3752>.
4. ГОСТ 28329-89. Озеленение городов. Термины и определения [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://snipov.net/c_4746_snip_106499.html

© Л.К. Трубина, Е.И. Баранова, Г.С. Чагина, 2013

КАРТОГРАФИЧЕСКАЯ ВИЗУАЛИЗАЦИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ЗИМНИХ МАРШРУТНЫХ УЧЁТОВ КОСУЛИ СИБИРСКОЙ (*CAPREOLUS PYGARGUS*) В НОВОСИБИРСКОЙ ОБЛАСТИ

Александра Михайловна Косарева

Сибирская государственная геодезическая академия, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, аспирант, e-mail: gam0209@yandex.ru

Владимир Алексеевич Юдкин

Институт систематики и экологии животных СО РАН, 630091, Россия, Новосибирск, ул. Фрунзе, 11, ведущий научный сотрудник, тел. 2170497, e-mail: yudkin_v@mail.ru

Рассматривается алгоритм построения карт плотности следов охотничье-промысловых животных в среде ГИС по данным зимних маршрутных учётов. Сравнительный анализ полученных тематических карт и их предметное толкование позволяет выявить характер пространственного распределения ресурсов косули сибирской (*Capreolus pygargus*) в Новосибирской области.

Ключевые слова: численность, пространственное распределение животных, зоологическое картографирование, ГИС, косуля сибирская (*Capreolus pygargus*).

CARTOGRAPHICAL VISUALIZATION OF WINTER CALCULATION OF SIBERIAN ROE DEER (*CAPREOLUS PYGARGUS*) ON ROUTES IN NOVOSIBIRSK REGION

Alexandra M. Kosareva

Siberian State Academy of Geodesy, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., PhD student, e-mail: gam0209@yandex.ru

Vladimir A. Yudkin

Institute of Systematics and Ecology of Animals SB RAS, 630091, Russia, Novosibirsk, 11 Frunze str., key researcher, tel. (908) 2170497, e-mail: yudkin_v@mail.ru

The algorithm for mapping of game animal density in GIS according to winter calculation of their traces on routes is considered. This map is compared to standard valuation of siberian roe deer resources in districts of Novosibirsk region. The zoological interpretation is given to results of this comparative analysis.

Key words: numbers, spatial distribution of animals, zoological cartography, GIS, siberian roe deer (*Capreolus pygargus*).

При построении зоологических карт в большинстве случаев возникает значительная проблема – обеспеченность территории эмпирическими данными. Анализ имеющихся публикаций, посвященных созданию зоогеографических карт, показал, что при построении карт на площади, превышающие 20 тыс км², обеспеченность эмпирическими данными не превышает 0,1% картируемого пространства [Юдкин, 2009, 2011], а как правило, оно намного меньше. Поэтому всегда при построении зоологических карт исследователю приходится моделировать показатели зоологического объекта на преобладающее по площади

необследованное пространство. Поскольку при столь малой обеспеченности картируемой территории обследованными участками применение формальной пространственной интерполяции невозможно, в основе картографического моделирования лежат различные зоологические или зоогеографические концепции [Тупикова, 1969; Чельцов-Бebutov, 1976; Тупикова, Комарова, 1979; Коренберг, 1979; Емельянова, 1988; Конева, 1988; Даниленко и др., 2002; Юдкин, 2002, 2007, 2209; Пузаченко, Поспелов, Дубинин, 2005]. В зависимости от объема материала и выбранного подхода корректность отображения явления на таких картах значительно различается и часто бывает чрезвычайно низкой.

В то же время вне исследовательских программ, в основном в сфере хозяйственного использования ресурсов, существуют отдельные примеры получения массового эмпирического материала, объем которого в сотни раз превышает традиционные зоогеографические сборы. Некоторые из таких примеров стали хрестоматийными в зоологическом картографировании: зоолог получает косвенную информацию о численности вида в определенном районе по объемам его заготовок [Тупикова, 1969; Тупикова, Комарова, 1979]. Помимо непосредственного использования ресурсов ярким примером подобной обширной информации являются результаты зимних маршрутных учетов следов охотничьих животных. Эти учеты ежегодно организуются областными охотничьими департаментами. В Новосибирской области заложено 810 постоянных учетных маршрутов средней протяженностью около 10 км каждый, на которых ежегодно проводится подсчет суточных следов (рис. 1).

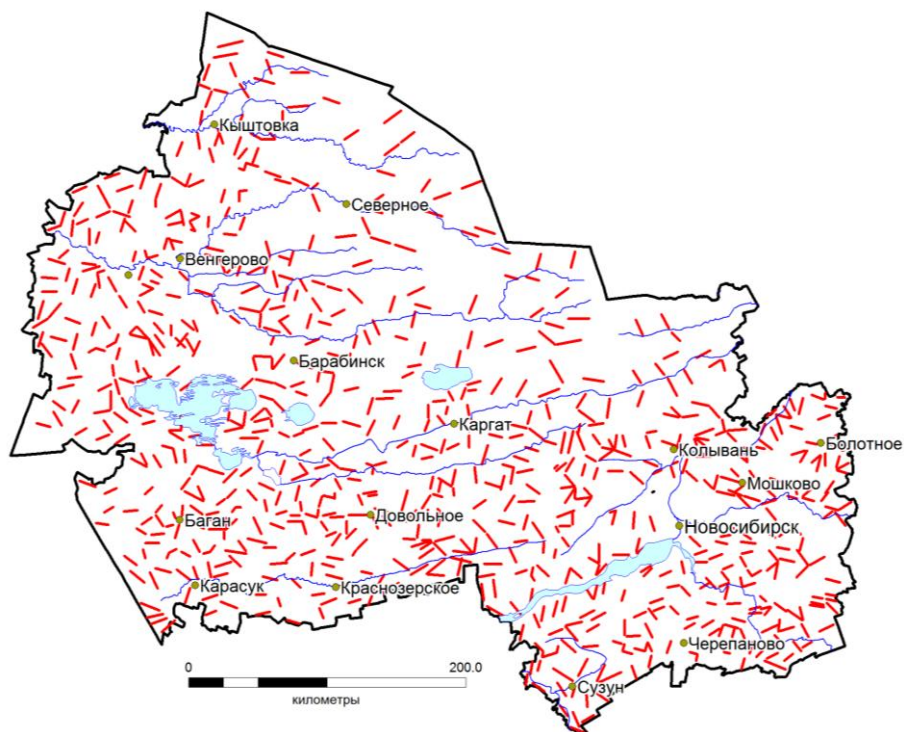


Рис. 1. Карта учетных маршрутов в Новосибирской области

В тоже время необходимо иметь в виду, что поскольку учёты следов животных проводятся большим количеством людей с разным уровнем квалификации, и многие из них не заинтересованы в получении объективной информации, качество этих данных значительно ниже, чем тех, что получают при научных исследованиях.

Метод зимних маршрутных учетов разработан не для характеристики пространственного распределения вида, а лишь для оценки ресурсов каждого вида охотничьих животных (абсолютной величины численности) в каждом отдельном административном районе для планирования дальнейшего его использования. Поэтому результаты маршрутных учетов по специальной методике [Методические рекомендации..., 2009] пересчитываются в показатели численности для каждого административного района или для отдельного охотничьего хозяйства. Окончательным документом является таблица, в которой для каждого административного района приведено абсолютное количество животных.

С точки зрения картографа административные районы могут служить наименьшими единицами рассмотрения при характеристике пространственной неоднородности распределения вида. По своему размеру эти единицы значительно различаются между собой, поэтому характеристики численности вида (абсолютные величины) в каждой такой единице некорректно сравнивать для выявления пространственных трендов. Более приемлема для этого относительная величина – плотность (численно сть, отнесенная к площади района). Картографическая визуализация содержания такой таблицы с данными по некоторым видам парнокопытных проводилась ранее [Косарева, Юдкин, 2012]. По тому же принципу подобная карта построена на основе данных по сибирской косуле в 2010 году (рис. 2).

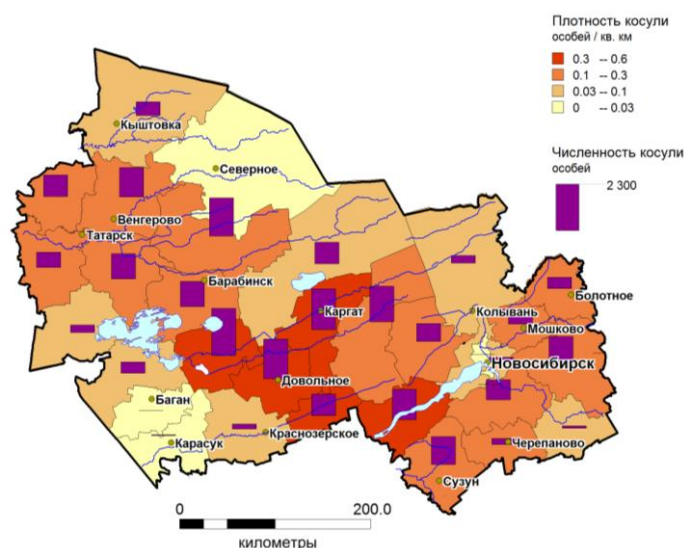


Рис. 2. Распределение ресурсов косули по районам Новосибирской области в 2010 г. (по данным стандартной обработки результатов зимних маршрутных учетов)

Различия выделов не только по площади, но и по форме, делают сравнение в них и относительной величины малоинформативным. К тому же значительная величина районов и их малое количество на картируемой площади делают их малоэффективными в качестве единицы рассмотрения при характеристике неоднородности распределения вида внутри одной административной области.

Использование же в качестве отдельной пробы результата учета на отдельном маршруте позволяет значительно уменьшить площадь пространственной единицы рассмотрения. Наличие обширного эмпирического материала в форме результатов учета следов на каждом из 810 маршрутов при всех его субъективных составляющих дает возможность с рядом допущений использовать его именно для формирования представлений об основных пространственных трендах плотности населения вида в поздnezимний период.

В 2010 г из всей совокупности получена информация с 778 маршрутов общей протяженностью 7850 км. Эти маршруты хотя и неравномерно, но распределены по большей части области. Даже непосредственная визуализация количественных характеристик этих маршрутов (количество пересечений следов) уже может дать представление об особенностях распределения ресурсов вида (рис. 3).

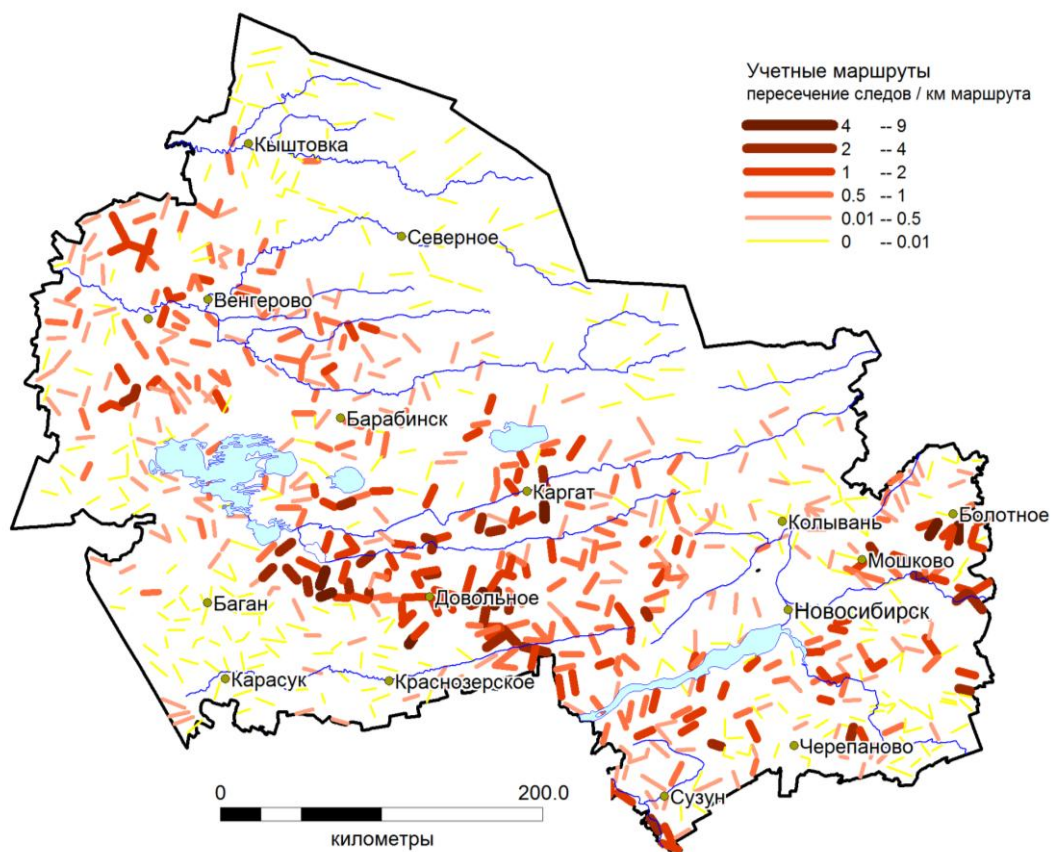


Рис. 3. Результаты зимних маршрутных учетов косули в Новосибирской области (февраль 2010 г.)

Несмотря на свою простоту и легкость построения полученная картодиаграмма трудно воспринимается предметником-зоологом из-за неопределенности площадей с различным уровнем плотности. Характер размещения учетных маршрутов в области позволяет провести формализованную интерполяцию данных на оставшуюся необследованную территорию области. Проводимая интерполяция выполнена с учетом сведений о длине и характере суточного хода косули в конце зимнего периода в условиях глубокого снега. Для построения картограммы вся совокупность показателей плотности следов разделена на 6 интервалов (показаны на рис. 3).

Для проведения границ полигонов с определенным уровнем плотности следов произведены следующие действия. Вокруг линий маршрутов, на которых были встречены следы косули, созданы буферные зоны. Ширина буферной зоны составила 5 км. Известно, что в зимний период, когда глубина снежного покрова превышает 30 см, длина суточного хода косули значительно сокращается. Средняя его протяженность в разных районах различается незначительно и составляет около 2,5 км [Марвин, 1959; Данилкин, 1992, 199; Мальцев, 2004; Аргунов, 2009]. Поэтому экстраполяция данных учета на расстояние от учетного маршрута более чем на 2,5 км некорректна, но при имеющейся густоте учетных маршрутов экстраполяция менее чем на 5 км от маршрута делает этот процесс бессмысленным. Затем производилась интерполяция характеристики на пространства, находящиеся между буферными зонами маршрутов, на которых встречены следы косули. Для этого вначале были оконтурены группы буферных зон, расстояние между которыми составляет менее 10 км (этот критерий принят условно). Эта операция проводится для всех буферных зон маршрутов, на которых встречены следы, независимо от их плотности. Если одиночная буферная зона маршрута удалена от ближайшей соседней более чем на 10 км, а значение плотности следов на маршруте не превышает значений второго интервала (не более 0,5 пересечений на км маршрута), то он в последствие никак не отображается на карте (допускаем, что это или спорадичное распределение, т.е. пребывание одиночного зверя, или след, принадлежащий транзитному животному).

На отдельном слое созданы полигоны только для значений третьего интервала (0,5-1) и всех более высоких. Здесь оконтуривание буферных зон вокруг маршрутов с плотностью, попадающей в этот интервал, проведено тем же способом, что и предыдущее, но с дополнительными ограничениями. Объединённый полигон (полученный после оконтуривания нескольких буферных зон) не должен пересекать более одного маршрута, где плотность следов ниже значений третьего интервала (менее 0,5). Если такие попадают в пределах создаваемого полигона, то его границы должны огибать (а не пересекать) буферные зоны маршрутов с меньшими значениями. В данном случае буферная зона вокруг маршрутов с более низкими значениями условно принята в 2 км. Если расстояние было меньше 2 км, то граница проводилась посередине. Такие же операции повторялись и для всех более высоких уровней плотности. В результате получена картограмма, отображающая плотность следов косули (рис. 4).

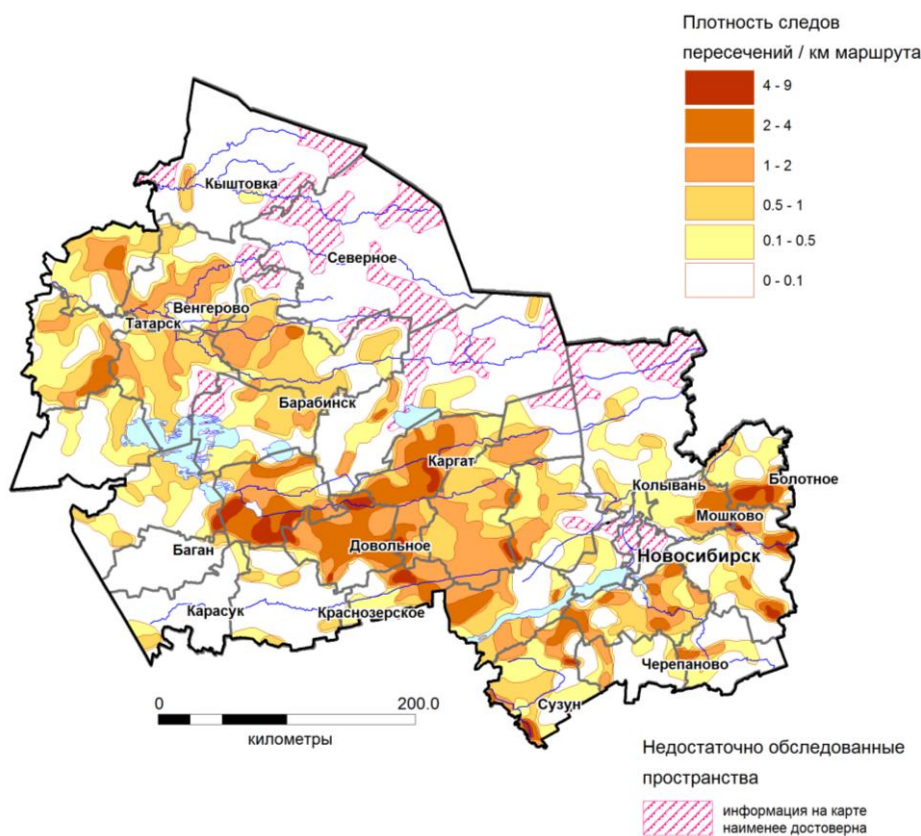


Рис. 4. Распределение плотности следов косули сибирской в Новосибирской области (январь - февраль 2010 г., по результатам картографической интерполяции данных зимних маршрутных учетов)

Покрытие области учетными маршрутами неравномерно, при визуальном анализе заметны значительные «белые пятна». Чем дальше удалены эти пространства от учетных маршрутов, тем менее надежна на них интерполяция. Поэтому на карте целесообразно обозначить районы с наименее надежными модельными значениями. Для этого были построены буферные зоны шириной 10 км вокруг всех учетных маршрутов и объединены в один полигон. Вне площади занятой этим полигоном остались свободные участки различной величины. Их мы условно принимаем за наименее изученные пространства, т.к. они значительно удалены от всех учетных маршрутов. Для оптимального отображения этих неизученных пространств на карте в масштабе 1: 3 000 000 и мельче были удалены полигоны, площадь которых составляет менее 500 км². У оставшихся участков были удалены фестоны, ширина которых не превышает 5 км при длине более 5 км.

Итак, на основе результатов зимних маршрутных учетов с использованием различных подходов к использованию и обработке эмпирического материала получено три карты. При использовании стандартных ведомственных характеристик численности вида в целом по административным районам (см. рис. 2) единственно корректным можно считать элемент, созданный способом столб-

чатой диаграммы. Он весьма наглядно отображает представления о различиях ресурсов косули в административных районах. Картограмма средней плотности вида по районам иллюстрирует, за счет чего там формируется ресурс вида: за счет обширной площади района при относительно низкой плотности вида, или за счет того, что эта плотность в среднем по району высока. Так, в Доволенском, Здвинском и Каргатском районах при их относительно небольшой площади численность вида максимальна за счет высокой его плотности там. Сходная численность в Чулымском и Куйбышевском районах при более низкой средней плотности обусловлена тем, что их площадь в 1,5-2 раза больше, чем первых трех районов.

Как говорилось выше, использование административных районов в качестве минимальной единицы рассмотрения не совсем корректно и малоэффективно из-за различной их величины и формы и малого их количества. Тем не менее, на данной карте, хотя и не отчетливо, просматривается более низкая плотность вида на севере и на самом юге области. Этот тренд более отчетливо виден при визуализации исходных данных маршрутных учетов (см. рис. 3), но только в левобережной части области. На правобережье Оби высокая плотность следов часто встречается так же на севере и юге области. Данная карта хотя и лучше отображает неоднородность распределения, но все же мало пригодна для использования из-за неопределенности ее объектов.

Картограмма распределения косули, выполненная способом пространственной интерполяции учетных данных, дает не только детальные, но и более отчетливые представления (см. рис. 4). В частности, на этой карте видно, что основные ресурсы косули сибирской в конце зимы на равнинной части области приурочены не просто к определенной широтной полосе, но в ее пределах отчетливо выделяются обширные участки высокой плотности. Именно там наиболее велики площади с хорошими для вида зимними кормовыми и защитными условиями. Кормовые условия вида обеспечиваются открытыми пространствами, где высокотравье в значительной степени не скрыто под снежным покровом. Но для вида относительно безопасны только те участки пространств, в относительной близости (100-500 м) от которых располагаются перелески, или заросли кустарников, или тростника и рогоза. Эти элементы местности позволяют животным быстро скрыться из вида при появлении опасности. Сложная мозаика, представляющая собой сочетания открытых пространств с такими участками растительности, как раз занимает обширные площади там, где отмечены участки с высокой плотностью вида на левобережье. В правобережной части области защитные условия дополняются еще и многочисленными элементами рельефа (лога, овраги, холмы).

Кроме этого на карте видно, что на севере пределы относительно высокой плотности близки к северной границе лесостепной зоны, а также и к изолинии высоты снежного покрова 45 см [Климатический атлас..., 1960]. Известно, что высота снежного покрова является значимым лимитирующим фактором для косули. В правобережной части распространение косули на север высотой снежного покрова лимитируется в меньшей степени: в условиях холмистого рельефа

всегда можно найти склоны, где снег выдувается. Самые южные районы области в ее левобережной части характеризуются тем, что там на открытых пространствах по площади преобладают сельскохозяйственные территории: обширные пашни и низкотравные луга-выпасы. Поэтому, несмотря на приемлемую для вида высоту снежного покрова мест, пригодных для зимнего пребывания косули, там очень мало.

Кроме того, данная карта помогает проиллюстрировать ненадежность характеристик, приведенных на карте с использованием административных районов в качестве пространственных единиц рассмотрения (см. рис. 2). Так, показатель средней плотности в Убинском районе получен лишь за счет показателей на небольшом участке со стабильной встречаемостью косули на юге этого района. На остальном пространстве этого административного образования зимняя плотность вида близка к нулю. То же относится и к Кыштовскому, Колыванскому, Краснозерскому и Чистоозерному районам. Иными словами, встречаемость внутри этих районов чрезвычайно неоднородна.

Таким образом, только карту, построенную на основе пространственной интерполяции эмпирических данных, можно использовать для характеристики пространственного распределения косули сибирской. В тоже время при высокой степени наглядности и информативности она имеет значительное количество недостатков. Основные величины, используемые при построении буферных зон, взяты условно и не имеют точного научного обоснования. Например, буферная зона вокруг линии маршрута создается для того, чтобы показать возможную площадь, на которой в течение суток может появиться зверь, пересекающий учетный маршрут. В нашем случае средняя протяженность суточного хода косули сибирской в феврале месяце составляет 2,5 км. Но при имеющихся масштабе карты, протяженности исследуемой территории и густоте учетных маршрутов экстраполяция менее, чем на 5 км от маршрута бессмысленна, т.к. большая часть картируемой площади останется без характеристик плотности. Выбор величины второго критерия – оконтуривание групп буферных зон, находящихся друг от друга в 10 км обусловлен тем, что она принята ровно в два раза меньше, чем у лося (20 км), поскольку длина суточного хода косули примерно вдвое меньше, чем у лося. Однако для лося критерий в 20 км также был принят условно из-за допущения, что учтенная особь в течение двух месяцев проведения учета не всегда будет оставаться на одном ограниченном участке [Косарева, Юдкин, 2012].

Еще одним существенным недостатком является трудоемкость процесса построения данной карты, а также большое количество условий и ограничений при которых отображается или не отображается на карте площадь с определенным уровнем плотности. Самым главным недостатком всех трех представленных карт является невозможность проверки их соответствия реальности.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Аргунов А.В. Экология сибирской косули (*Capreolus pygargus* Pallas, 1771) в Центральной Якутии / Автореферат дис. канд. биол. наук., Благовещенск, 2009. – 155 с.

2. Даниленко А.К., Даниленко Е.А., Маркелов А.В. и др. Компьютерная карта населения птиц Московской области (Computer Map of the birds communities of Moscow region). – Материалы 5-го международного симпозиума «Проблемы экоинформатики». – М.: Наука, 2002. – С. 43-47.
3. Данилкин А.А. Перемещения / А.А. Данилкин // Европейская и сибирская косуля / Под ред. В.Е. Соколова. – М.: Наука, 1992. С. 101-123.
4. Данилкин А.А. Млекопитающие России и сопредельных регионов. Олени. – М.: Наука, 1999. – 552 с.
5. Емельянова Л.Г. Принципы и основные этапы создания карты населения мелких млекопитающих СССР // Общая и региональная териология – М.: Наука, 1988. – С. 310-342
6. Климатический атлас СССР. — М.: ГУГК, 1960
7. Конева И.В. Разработка специального содержания карты населения грызунов и зайцеобразных Азиатской России для нозоэкологических исследований // Картографирование населения грызунов и зайцеобразных Азиатской России. – Иркутск: Б.и., 1988. – С. 4 – 39.
8. Коренберг Э.И. Биохорологическая структура вида (на примере таежного клеща). – М.: Наука, 1979. – 172 с.
9. Косарева А.М., Черный В.В., Юдкин В.А. Визуализация и пространственный анализ в среде ГИС ведомственных оценок численности диких парнокопытных (на примере Новосибирской области). Вестник СГГА – 2012. – Вып. 2 (18): Новосибирск. СГГА, 2012. – с. 106 – 114.
10. Косарева А.М., Юдкин В.А. Картографическая визуализация результатов зимних маршрутных учетов лося (*Alces alces*). ИнтерКарто-ИнтерГИС–18: Устойчивое развитие территорий: теория ГИС и практический опыт. Материалы международной конференции / Редкол.: С.П. Евдокимов (отв. ред.) [и др.]. Смоленск, 26–28 июня, 2012 г. Смоленск, 2012. – С. 47 – 49.
11. Марвин М.Я. Млекопитающие Карелии. – Петрозаводск, 1959. – 237 с.
12. Мальцев Н.И. Экологические основы рационального использования ресурсов сибирской косули Средней Сибири / Автореферат дис. канд. биол. наук. Красноярск, 2004. – 31 с.
13. Методические рекомендации по организации, проведению и обработке данных зимнего маршрутного учета охотничьих животных в России (с алгоритмами расчета численности) / Сост. В.С. Мирутенко, Н.В. Ломанова, А.Е. Берсенев, Н.А. Моргунов, О.А. Володина, В.А. Кузякин, Н.Г. Челинцев. – М., 2009. – 43 с.
14. Пospelов, И.Н., Дубинин, М.Ю. Выделение гнездовых местообитаний гаршнепа в большеземельской тундре по материалам космической съемки высокого разрешения. 2005, Вестник охотоведения, 2, 178-192
15. Пузаченко Ю.Г., Желтухин А.С., Сандлерский Р.Б. Организация зимних маршрутных учетов с использованием GPS и дистанционной информации / Вестник охотоведения. Т. 7, № 1, 2010. С. 98-117
16. Тупикова Н.В. Зоологическое картографирование. М.: Изд-во МГУ, 1969. – 249 с.
17. Тупикова Н.В., Комарова Л.В. Принципы и методы зоологического картографирования. – М.: «Издательство Московского университета», 1979. – 97 с.
18. Чельцов-Бебутов А.М. Зоогеографическое картографирование: основные принципы и положения // Вестник МГУ. Сер. География. – 1976. – № 2. – С. 50-56
19. Юдкин В.А. Картографирование распределения птиц для мониторинга их ресурсов. // Картографическое и геоинформационное обеспечение управления региональным развитием. Материалы VII научной конференции по тематической картографии (Иркутск, 20–22 ноября 2002 г.). Иркутск: Изд-во Института географии СО РАН, 2002. – С. 261–265.
20. Юдкин В.А. Опыт математико-картографического моделирования распределения птиц // Вычислительные технологии. Том 12, Специальный выпуск 1, 2007, с. 153 – 167
21. Юдкин В.А. Экологические аспекты географии птиц Северной Евразии – Новосибирск: Наука, 2009. – 408 с.

© А.М. Косарева, В.А. Юдкин, 2013

ВОЗМОЖНОСТИ ЭЛЕКТРОННОЙ БИБЛИОТЕКИ ГПНТБ СО РАН ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ В ОБЛАСТИ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ И УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ

Ольга Львовна Лаврик

Государственная публичная научно-техническая библиотека Сибирского отделения Российской академии наук, 630200, Россия, г. Новосибирск, ул. Восход, 15, заместитель директора по научной работе, тел. (383) 2662989, e-mail: lisa@spsl.nsc.ru

Валентина Викторовна Рыкова

Государственная публичная научно-техническая библиотека Сибирского отделения Российской академии наук, 630200, Россия, г. Новосибирск, ул. Восход, 15, старший научный сотрудник Отдела научной библиографии, тел. (383) 2661093, e-mail: onbryk@spsl.nsc.ru

В статье дана характеристика информационных продуктов собственной генерации ГПНТБ СО РАН для обеспечения научных исследований в области экологии, природопользования, устойчивого развития.

Ключевые слова: природопользование, экология, устойчивое развитие, информационные продукты (аналитические обзоры, библиографические и полнотекстовые БД, экология).

OPPORTUNITIES OF SPSTL SB RAS' E-LIBRARY TO SUPPORT STUDIES IN NATURE MANAGEMENT AND SUSTAINABLE DEVELOPMENT

Olga L. Lavrik

State Public Scientific-Technological Library of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, 630200, Russia, Novosibirsk, 15 Voskhod St., Deputy Director for Scientific Research, tel. (383) 2662989, e-mail: lisa@spsl.nsc.ru

Valentina V. Rykova

State Public Scientific-Technological Library of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, 630200, Russia, Novosibirsk, 15 Voskhod St., senior researcher of the Department of scientific bibliographer, tel. (383) 2661093, e-mail: onbryk@spsl.nsc.ru

Characteristics of information products of SPSTL SB RAS' own generation to support scientific research in ecology, nature management and sustainable development are given in the article.

Key words: nature management, ecology, sustainable development, information products (analytical reviews, bibliographic and full-text databases, ecological directions).

Современное техногенное общество стоит перед глобальными экологическим и социальными проблемами, решение которых требует, с одной стороны, овладения системой знаний, дающих целостное представление об окружающем мире, показывающих взаимосвязи и взаимозависимости между компонентами среды, а с другой - способности моделировать и прогнозировать возможные последствия вмешательства человека в природные процессы и создавать оптимальные проекты, обеспечивающие устойчивое развитие природы и общества.

Экологическая тематика традиционно была в центре внимания ученых и специалистов Сибирского отделения Российской академии наук. ГПНТБ СО РАН обеспечивает информационное сопровождение приоритетных направлений развития фундаментальных исследований СО РАН, в том числе в области охраны природы, природопользования и устойчивого развития: Программа VII.65.3. Оценка и картографирование изменений окружающей среды, научные основы стратегии рационального природопользования в условиях глобализации, Программа VI.44.1. Научные основы и подходы к устойчивому использованию, сохранению, воспроизводству и мониторингу биоразнообразия наземных и водных экосистем Сибири и других.

Электронная библиотека ГПНТБ СО РАН – это совокупность библиографических, фактографических, реферативных и полнотекстовых электронных ресурсов на русском и иностранных языках. Фонд электронных ресурсов имеет следующую структуру: электронные каталоги, тематические базы, научные журналы, книги, в том числе справочные издания, редкие книги и рукописи, издания ГПНТБ СО РАН, учебно-методические комплексы по библиотечно-информационной деятельности.

Полнотекстовые ресурсы электронной библиотеки разноплановы:

- аналитические обзоры по экологии, которые выпускаются с 1989 года Лабораторией информационно-системного анализа;

- экология;

- БД "Научные мероприятия РАН", которая содержит полные тексты научных мероприятий (конференции, симпозиумы, семинары и др.), проводимых Российской академией наук и отраженных в газете "Поиск", а также ссылки на информацию о научных мероприятиях в Интернете;

- БД зарубежных издательств «Elsevier Science», «Springer Verlag - Kluwer Academic Publishers», «Wiley» и др., доступ к которым возможен только с компьютеров библиотеки по лицензионным соглашениям с создателями ресурсов, так и в удаленном режиме при свободном доступе.

С 1989 года Лаборатория информационно-системного анализа начинает издавать серию аналитических обзоров «Экология», которая к настоящему времени насчитывает около 100 выпусков. Обзоры экологической серии, имея практическую направленность, включают рекомендации или прогнозы по актуальным темам и могут быть использованы в качестве информационной основы научно-исследовательских работ [1]. Помимо печатных вариантов аналитических обзоров потребителям предлагается полнотекстовая база данных, которая доступна через Интернет по адресу www.spsl.nsc.ru/catalog/WWWSearchR/htm.

Экология представляет собой навигатор по электронным экологическим ресурсам, структурированный тематически и по видам документов.

Библиографические и реферативные проблемно-ориентированные БД собственной генерации ГПНТБ СО РАН генерируются Отделом научной библиографии и охватывают широкий спектр актуальных проблем. Вопросы экологии, охраны природы, природопользования и устойчивого развития нашли отражения БД «Устойчивое развитие природы и общества», «Природа и природ-

ные ресурсы Сибири и Дальнего Востока», «Проблемы Севера» (составляющие общей БД «Научная Сибирика»), «Загрязнение и охрана окружающей среды», «Экология и охрана окружающей среды Западной Сибири», «Биоразнообразие Северной Евразии», «Экология человека в условиях Сибири и Дальнего Востока», «Социальная экология» [2]. Общий объем записей в них превысил 500 000 документов. БД создаются на основе обязательного экземпляра отечественной литературы и иностранной литературы, поступающих в ГПНТБ СО РАН, а также ресурсов удаленного доступа. Информационный массив включает самые разнообразные виды документов: монографии, статьи из журналов и научных сборников, материалы конференций, симпозиумов, конгрессов, словари, справочники, учебные пособия, авторефераты диссертаций, обзоры, методические рекомендации, патенты, карты, атласы, депонированные рукописи, отчеты. Поиск в базах данных возможен по ключевым словам из заглавия, аннотации или перевода заглавий, фамилии автора, редактора, составителей, году и месту издания, предметной и географической рубрике, языку и виду документа или по комбинации нескольких параметров.

Совокупность информационных продуктов собственной генерации ГПНТБ СО РАН для обеспечения исследований в области природопользования и устойчивого развития представлена в Табл. 1. Все они находятся в свободном доступе для пользователей Интернета на сайте библиотеки по адресу www.spsl.nsc.ru.

Таблица 1

Информационные продукты собственной генерации ГПНТБ СО РАН по природопользованию и устойчивому развитию

Название ресурса ретроспектива (гг.)	Тип ресурса	Тематические разделы	Кол-во док.
Аналитические обзоры по экологии (1989 – ...)	Полнотекстовая БД с текущим пополнением	Использование информационных технологий для решения природоохранных и технологических задач, социально-экономические и законодательные аспекты охраны окружающей среды, медико-биологические аспекты, токсические вещества, антропогенное загрязнение окружающей среды	89
Экология	Путеводитель по ресурсам Интернет	Теоретическая экология, экология воздействий, биоэкология, геоэкология, гуманитарная экология, экология человека, социальная экология, прикладная экология, учение о биосфере и ноосфере, общая экология, эколого-	

		экономические основы природопользования, экология выживания	
Научная Сибирика: Устойчивое развитие природы и общества (1992 - ...)	Библиографическая БД с текущим пополнением	Глобальные экологические проблемы; социальные, философские, правовые, экономические аспекты устойчивого развития; перспективы устойчивого развития природы; социальная экология; урбоэкология; рациональное использование природных ресурсов; экологизация промышленного производства и хозяйственных объектов; экологическая экспертиза; экологическое воспитание, просвещение и образование; управление отходами; наука в целях устойчивого развития	82 000
Природа и природные ресурсы Сибири и Дальнего Востока (1988 - ...)			250 000
Проблемы Севера (1988 - ...)			195 000
		Загрязнение и влияние человека на отдельные компоненты географической оболочки; охрана природы и рациональное использование природных ресурсов; экология человека; экологическая экспертиза и мониторинг природной среды; правовые, социально-экономические, отраслевые вопросы экологии; заповедное дело	
		Экологические проблемы Севера; антропогенное воздействие на окружающую среду; охрана природы; медико-биологические и санитарно-гигиенические проблемы Севера	
Экология человека в условиях Сибири и Дальнего Востока (1989 - ...)	Библиографическая БД с текущим пополнением	Влияние природных и антропогенных факторов на здоровье человека, жизнедеятельности, оценка рисков для здоровья населения, здоровье человека как индикатор устойчивого развития	14 000
Загрязнение и охрана	Библиографическая БД	Вещества и материалы, за-	3 300

окружающей среды: справочные и информационно-библиографические издания (1985 - ...)	с текущим пополнением	грязняющие окружающую среду, загрязнение и охрана атмосферы, природных вод, почвы, влияние загрязнения на растительность и животных, отходы (обезвреживание и использование)	
Экология и охрана окружающей среды Западной Сибири (1988 - 2010)	Ретроспективная библиографическая БД	Охрана недр и рациональное использование минеральных ресурсов; загрязнение и охрана атмосферы и вод, рациональное использование водных ресурсов; загрязнение и охрана почв, мелиорация, рекультивация земель; воздействие человека на растительный и животный мир и рациональное использование биологических ресурсов; геоэкология, ландшафтная экология; антропогенная трансформация, восстановление и охрана ландшафтов; правовые, социально-экологические вопросы охраны природы (включая экологическое образование); экологический мониторинг и управление качеством среды; отраслевые вопросы охраны, влияние природных и антропогенных факторов на здоровье человека	20 000
Биоразнообразие Северной Евразии (1988-2010)	Ретроспективная библиографическая БД	Биологическое разнообразие микроорганизмов, почв, растений, животных, ландшафтов, генома человека; генофонд растительных и животных организмов; экономика биоразнообразия; роль ботанических садов и заповедников в сохранении биологического разнообразия, геоинформационные системы, базы данных	4 430
Рекультивация земель, нарушенных при разработке золоторудных месторождений в Сибири и на Дальнем Востоке	Ретроспективная библиографическая БД	Экологические проблемы золотодобычи, охрана окружающей среды при золотодобыче, рекультивация нарушенных земель (горнотехническая, биологическая)	585

(1964 - 2009)			
Социальная экология (1990 - 2008)	Ретроспективная библиографическая БД	Формирование общественного сознания; духовные ценности, этика, мораль, культура; экологическое образование, воспитание; пропаганда и распространение экологических знаний; социально-демографические аспекты экологических проблем; здоровье населения как социально-экологическая проблема	14676
Научные мероприятия РАН (2008 - ...)	Полнотекстовая БД с текущим пополнением		994

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Лаврик О., Калюжная Т., Шевченко Л. Электронная коллекция по экологии как элемент электронной библиотеки ГПНТБ СО РАН // Информ. ресурсы России. – 2007. – № 4. – С. 7-10.

2. Рыкова В.В. Проблемно-ориентированные базы данных ГПНТБ СО РАН как информационная основа исследований по геонаукам // // Гео-Сибирь-2011 : сб. материалов VII Междунар. конгр. – Новосибирск, 2011. – Т. 4. – С. 169-173.

© О.Л. Лаврик, В.В. Рыкова, 2013

ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ НЕФТЕДОБЫВАЮЩИХ ТЕРРИТОРИЙ НА ОСНОВЕ КОСМИЧЕСКИХ СНИМКОВ

Мария Николаевна Алексеева

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки институт химии нефти сибирского отделения российской академии наук (ИХН СО РАН) 634021, Россия, г. Томск, пр. Академический, 4, младший научный сотрудник, к.г.н., тел. (3822)-49-10-42, e-mail: amn@ipc.tsc.ru

Ирина Германовна Яценко

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт химии нефти Сибирского отделения Российской академии наук, 634021, Россия, г. Томск, пр. Академический, 4, канд. геол.-минерал. наук, зав. лаборатории "Научно-исследовательский информационный центр с музеем нефтей", тел. (3822)-49-18-11, e-mail: sric@ipc.tsc.ru

С использованием аэрокосмических методов и геоинформационных технологий осуществляется выявление и картографирование механических нарушений и химических загрязнений транзитных сред (воды) и депонирующих сред (почв и растений) на территории размещения нефтегазового сектора Западной Сибири. В статье представлено применение данных со спутников TERRA и Landsat с 2000 по 2012 гг., ASTER GDEM и геоинформационных систем ERDAS Imagine, ArcGIS, ArcView, перспективных для проведения мониторинговых исследований и предотвращения риска неблагоприятных воздействий на компоненты окружающей природной среды.

Ключевые слова: мониторинг, механические нарушения, химические загрязнения, почва, растительность, вода, нефтепроводы, нефтеразливы, NDVI, энтропия.

ECOLOGICAL MONITORING OF OIL-PRODUCING TERRITORIES ON THE BASIS OF SPACE IMAGES

Maria N. Alexeeva

Institute of Petroleum Chemistry, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, 634021, Russia, Tomsk, 4, Akademicheskyy Avenue, Ph.D. in Geology and Mineralogy, Head of the Laboratory, tel. (3822)49-10-42, e-mail: amn@ipc.tsc.ru

Irina G. Yashchenko

Institute of Petroleum Chemistry, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, 634021, Russia, Tomsk, 4, Akademicheskyy Avenue, Ph.D. in Geology and Mineralogy, Head of the Laboratory, tel. (3822)-49-18-11, e-mail: sric@ipc.tsc.ru

The mechanical disturbances and chemical pollution of environment (water, soil and plants) of the oil deposit Western Siberia using aerospace methods and geographic information technologies are detected. This paper presents the use of satellite data and Landsat, TERRA from 2000 to 2012 year and ASTER GDEM and GIS ERDAS Imagine, ArcGIS, ArcView to conduct monitoring studies and to avoid the risk of adverse impacts on the environmental components.

Key words: monitoring, mechanical disturbances, chemical pollution, soil, vegetation, water, pipeline, oil spills, NDVI, entropy.

Оценка и мониторинг нарушенных территорий объектов нефтедобычи.

Оценка состояния и изменения механически нарушенных в результате строительства и эксплуатации объектов нефтедобычи территорий проведена на территориях Самотлорского, Ватинского, Советского, Вахского и Советского нефтяных месторождений ХМАО с использованием TERRA/MODIS13Q1 – вегетационные индексы NDVI за 16-дневный период. Оценка механических нарушений в зоне воздействия добычи и транспорта нефти проводилась с расчетом:

1. Средних значений NDVI по типам растительного покрова и антропогенным модификациям, выделенным на КС Landsat.

2. Коэффициента энтропии.

На рис. 1 приведены средние значения NDVI, определенные для типов растительного покрова и механически нарушенных участков. Показано, что наибольшие значения NDVI рассчитаны для темнохвойных и мелколиственных лесов в июле 2000, 2001 и 2007 гг. (0,8), а наименьшие значения NDVI MODIS - в мае 2007 г. для пойменной растительности (0,2) вследствие обводнения поймы реки Обина Ватинском и Советском месторождениях, а так же для техногенных грунтов коридоров нефтепроводов (0,3-0,4). В сентябре 2000 г. из-за природных и возможно антропогенных причин наблюдаются минимальные NDVI всех типов растительного покрова и механически нарушенных участков. Следует отметить, что точность NDVI вторичной растительности на месте механических нарушений лесов и болот, и в местах техногенных грунтов составляет 60 % вследствие низкого (250 м) разрешения NDVI.

Коэффициент энтропии характеризует однородность и упорядоченность строения территории и зависит от количества и площади контуров. Чем территория однородней и упорядоченней, тем коэффициент энтропии ближе к значению 1, при сильной нарушенности коэффициент энтропии приближается к 0. На КС определены площади контуров распространения растительности различных типов (см. рис. 1), контуры водных объектов, нефтепроводов, дорог и кустовых площадок. Алгоритм расчета коэффициента энтропии был программно реализован в среде ГИС ArcView авторами работы (рис. 1).

Коэффициент энтропии рассчитан по картам NDVI по формуле [1]:

$$I(A)_r = 1 - \left(- \frac{\sum_{i=1}^n \omega_i \log_2 \omega_i}{\log_2 n} \right), \text{ где } \omega_i - \text{ отношение площади данного } i\text{-го контура к}$$

площади всех контуров на карте, n – количество контуров.

Из рис. 2 следует, что самая высокая неоднородность территории с коэффициентом энтропии (0,19) характерна для мая 2007 г., также в мае и сентябре 2000 г. коэффициент энтропии составляет всего -(0,27), что повторяет закономерности, выявленные на рис. 1.

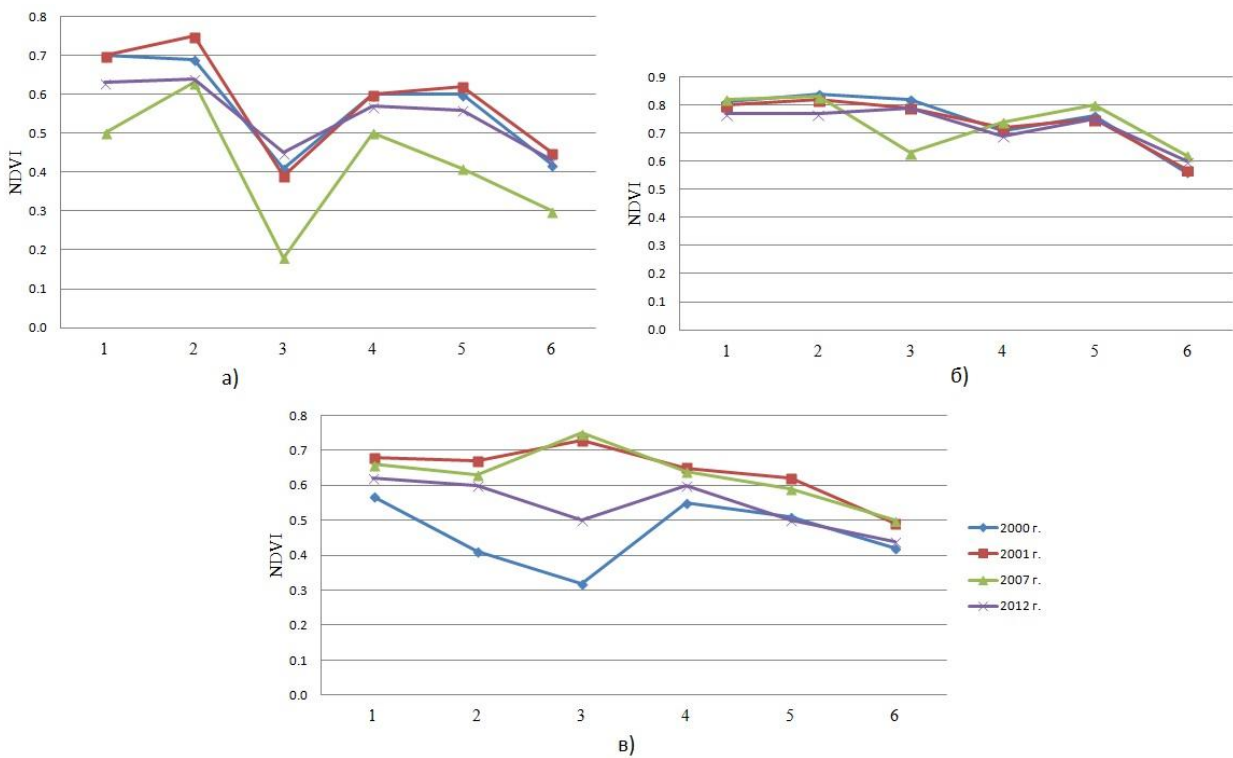


Рис. 1. Средние значения NDVI, полученные а) в мае, б) июле, в) сентябре для типологических единиц растительного покрова и механически нарушенных участков: 1 - хвойный лес, 2 - мелколиственный лес, 3 – пойменные экосистемы, 4 – моховые и травяные болота, 5- вторичная растительность на месте механических нарушений лесов и болот, 6 – техногенные грунты коридоров нефтепроводов

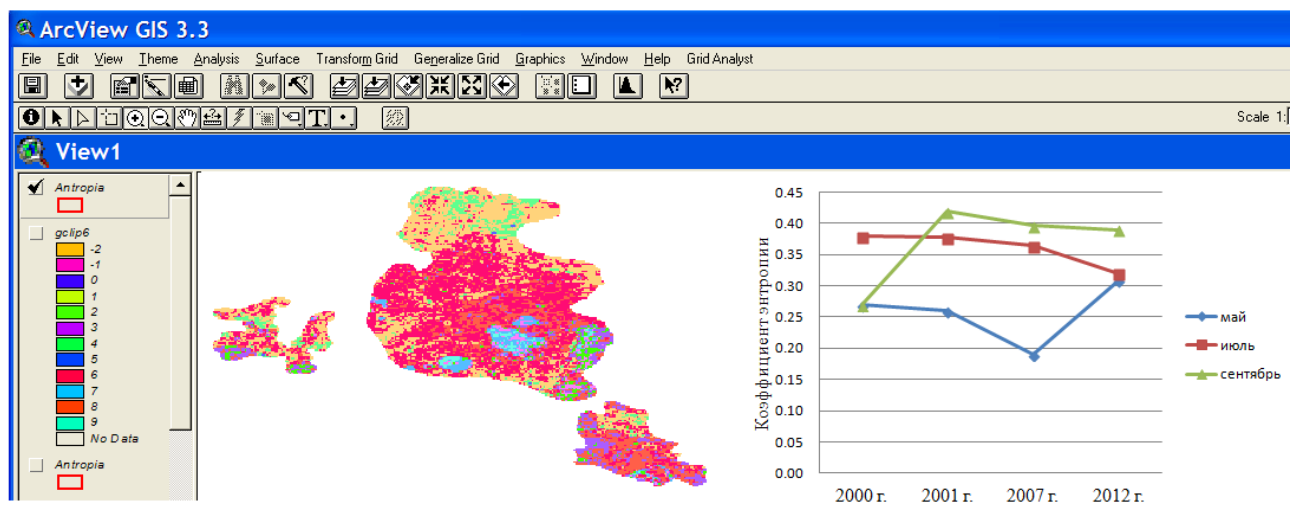


Рис. 2. Цифровая карта NDVI и коэффициенты энтропии за вегетационный период 2000-2012 гг.

Оценка и мониторинг химических загрязнений объектов нефтедобычи

На основе дешифрирования КС Landsat 1999 - 2001 гг. было определено, что общая площадь нефтяных разливов на территориях Ватинского, Самотлорского, Советского и Вахского нефтяных месторождений, расположенных в Нижневартовском районе ХМАО составляет 0,5 км², 11 км², 0,4 км² и 0,5 км² соответственно. За последние годы на территории ХМАО отмечается уменьшение площади нефтезагрязненных земель, как в результате проведенной рекультивации, так и благодаря процессам самовосстановления. Так, в нашей работе установлено, что в результате дешифрирования КС Landsat 2007 г. на территориях вышеперечисленных месторождений площади нефтеразливов составили 0,4 км², 4,5 км², 0,3 км² и 0,2 км² соответственно, что меньше площадей нефтеразливов, определенных по КС 1999 - 2001 гг., примерно в 1 - 2,5 раза.

Как показывает практика, значительная часть нефтезагрязнений (от 20 до 60 %) приходится на болота [2, 3], на которых расположены истоки рек. Нефтедобыча на месторождениях зачастую ведется в поймах рек или нефтезагрязненные участки расположены вблизи русел рек, поэтому представляется актуальным оценка смыва нефтепродуктов с нефтезагрязненных участков в реки с применением дистанционных данных - космических снимков (КС) Landsat, ASTER GDEM и геоинформационных технологий ERDAS Imagine и ArcGIS. КС Landsat в инфракрасном диапазоне электромагнитного спектра используются для выявления нефтезагрязненных участков на территориях водосборов. ASTER GDEM (Global Digital Elevation Model - GDEM) создана на основе данных ASTER (Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer с разрешением около 30 метров). Обработка и анализ данных ASTER GDEM проводились с использованием программного приложения Arc Hydro Tools [4] в среде геоинформационной системы ARC GIS, которое является специализированным гидрологическим приложением ARC GIS для моделирования и расчетов основных характеристик потоков воды и водосборов.

На рис. 3 приведена карто-схема химического загрязнения транзитных сред (воды) и депонирующих сред (почв и растений) окружающей природной среды. Зона риска пространственной миграции нефтепродуктов с поверхностным стоком в водосборе реки Большой Балык на территории Нефтеюганского района ХМАО построена с использованием средств Arc Hydro Tools исходя из методик расчета смыва нефтепродуктов с загрязненных участков водосборов в реки [5, 6]. Бассейн реки Большой Балык, общей площадью 5950 км² включает водосборы других притоков, основными из которых являются Пытьях, Кооньях, Малый Балык. В водосборах этих основных притоков расположены нефтедобывающие объекты Мало-Балыкского, Южно-Балыкского, Тепловского, Ефремовского и Мамонтовского месторождений (рис. 3). При сбросе сточных вод и смыве нефтепродуктов с загрязненных участков на основе гидрометрических данных из [7] по методике [6] нами вычислен объем выноса нефтепродуктов рекой Большой Балык. Установлено, что при фоновой концентрации нефтяных

углеводородов в воде $0,05 \text{ мг/дм}^3$ за год объем выносимых рекой нефтепродуктов составляет около 60 т, при концентрации $0,1 \text{ мг/дм}^3$ – примерно 120 т, что не противоречит результатам аналогичных расчетов для водосборных бассейнов притоков реки Пур в работе [6].

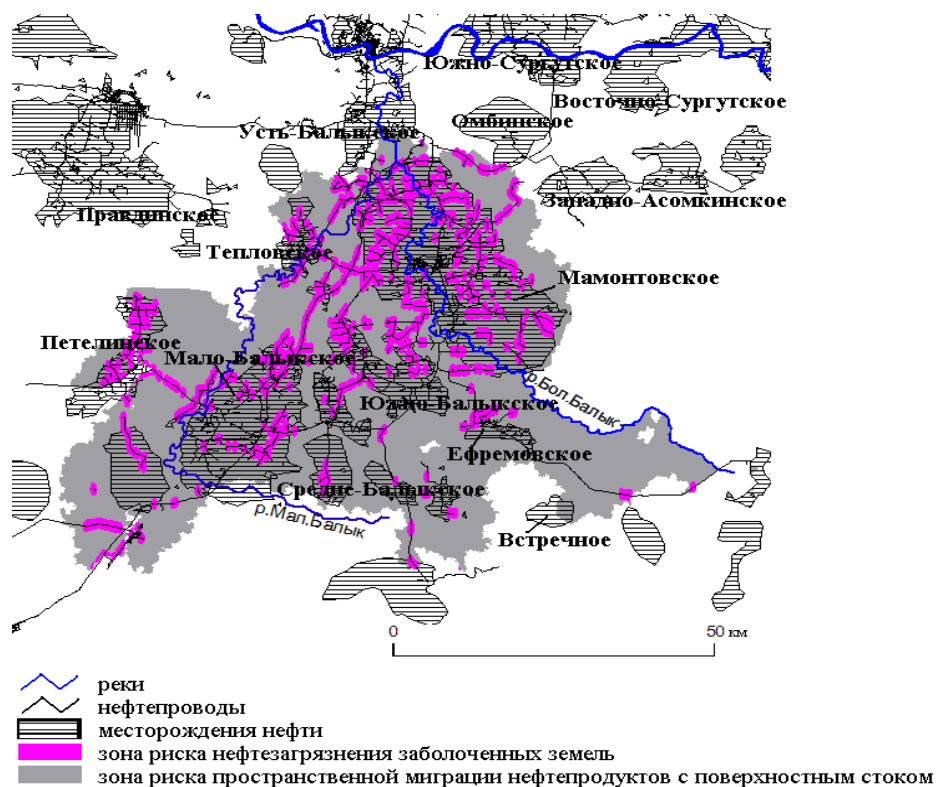


Рис. 3. Карто-схема химического загрязнения транзитных сред (воды) и депонирующих сред (почв и растений)

Проведенные исследования могут быть использованы в мониторинговых исследованиях состояния окружающей природной среды нефтедобывающих районов Западной Сибири с учетом ее особенностей (заболоченность, труднодоступность и отсутствие возможностей проведения наземных исследований).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Берлянт А.М. Картографический метод исследования. М.: Изд-во МГУ, 1978. 249 с.
2. Алексеева М.Н., Перемитина Т.О., Яценко И.Г. Оценка влияния нефтеразливов на состояние растительного покрова и приземного слоя атмосферы с использованием космических снимков // Оптика атмосферы и океана. - 2011. - № 7. - С.606-610.
3. Алексеева М.Н., Яценко И.Г., Перемитина Т.О. Оценка состояния окружающей среды нефтедобывающих территорий на основе данных дистанционного зондирования с

применением геоинформационных технологий // Безопасность жизнедеятельности. – 2013. - № 1. - С. 30-35.

4. ArcHydro Tools. USA: ESRI. - 2011. - 184 с.

5. Калинин В.М. Диффузное загрязнение нефтепродуктами малых рек Среднего Приобья // Водное хозяйство России. - 2001. - Т. 3. - №4. - С. 384-393.

6. Хорошавин В.Ю. Прогноз формирования качества речных вод под влиянием рас-средоточенных источников нефтепродуктов // Вестник Тюменского государственного университета. - 2010. - № 7.- С. 153-161.

7. Лезин В.А. Реки Ямало-Ненецкого автономного округа: Справочное пособие. Тюмень: Вектор Бук. - 2000. - 142 с.

© М.Н. Алексеева, И.Г. Яценко, 2013

УДК 528.94

**О СОВЕРШЕНСТВОВАНИИ ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ КАРТОГРА-
ФИРОВАНИЯ ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ**

Ольга Николаевна Николаева

Сибирская государственная геодезическая академия, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плехотного, 10, канд. техн. наук, доцент кафедры экологии и природопользования, тел. (383) 361-08-86, e-mail: onixx76@mail.ru

В статье дана сжатая характеристика современного состояния картографирования природных ресурсов в России. Обоснована необходимость модернизации научно-методологической базы картографирования природных ресурсов с учетом современных достижений геоинформационного картографирования. Сформулированы основные задачи, которые необходимо решить в ходе модернизации. Предложена классификация картографических моделей природных ресурсов, позволяющая упорядочить имеющееся разнообразие картографических произведений и наметить направления для перспективной работы по проектированию новых типов карт природных ресурсов.

Ключевые слова: природные ресурсы, природопользование, картографические модели, картографирование природных ресурсов, карты природных ресурсов, данные дистанционного зондирования, система карт, геоинформационное картографирование.

IMPROVEMENT OF GIS DATAWARE FOR NATURAL RESOURCES MAPPING

Olga N. Nikolayeva

Siberian State Academy of Geodesy, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., Ph.D., Assoc.Prof., Department of Ecology and Natural Resources Management, tel. 383 3610886, e-mail: onixx76@mail.ru.

Brief characteristic of the current state of natural resources mapping in Russia is given. The author substantiates the necessity for scientific and methodological base modernization as concerns natural resources mapping. The latest achievements in GIS mapping should be taken into account. The main problems to be solved in process of modernization are defined. Classification of cartographic models for natural resources is offered. It is to sort out the existing variety of map products and plan the directions for the prospective work on designing new types of natural resources maps.

Key words: natural resources, nature management, cartographic models, natural resources mapping, natural resources maps, remote sensing data, map systems, GIS mapping.

В настоящее время в России наблюдается постоянное увеличение объема данных о природных ресурсах (ПР) благодаря деятельности целого ряда поставщиков данных (системы ведомственного мониторинга, кадастры природных ресурсов, Росстат) [1]. Однако из-за системных разногласий между ними формирование единого природно-ресурсного информационного пространства в России весьма затруднено (рисунок 1).

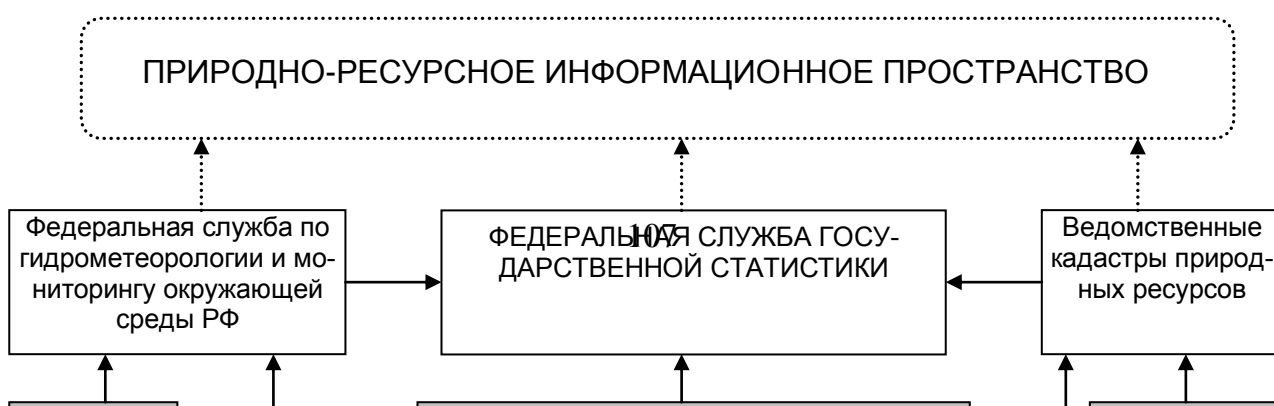


Рис. 1. Общая схема формирования природно-ресурсного информационного пространства России

В сложившихся условиях избытия разнородной несогласованной информации о ПР становится актуальной проблема повышения качества информационного обеспечения рационального природопользования, которое должно сочетать в себе высокую информативность с оперативностью создания и удобством пространственного моделирования и анализа данных. Успешное решение этой проблемы основано на методиках и технологиях геоинформационного картографирования, а основным средством ее решения представляются картографические модели природных ресурсов (КМПР). Они сочетают в себе информационную полноту с высокой наглядностью представления пространственно распределенных данных о ПР.

Однако современная методологическая база природно-ресурсного картографирования практически не учитывает те новшества, которые привнесло в тематическую картографию развитие научно-технического прогресса. основополагающие работы в этой области [2, 3] датируются 80-ми годами XX века. До сих пор отсутствуют современные (выпущенные после 2000 года) методические рекомендации по применению в природно-ресурсном картографировании современных достижений дистанционного зондирования и ГИС-технологий. Исследования в этих направлениях ведутся во многих научно-исследовательских организациях России, но в большинстве своем конечные разработки адаптированы под решение конкретной природопользовательской задачи и рассчитаны на определенное программное обеспечение [4,5]. Это лишает их универсальности, необходимой для успешного их применения на территориях с иными природными условиями или в организациях с иным программно-технологическим обеспечением.

В силу этого для совершенствования методологической базы картографирования природных ресурсов как научной дисциплины и как информационного обеспечения природопользования, необходимо решить ряд различных задач, требующих комплексного сотрудничества специалистов в области карто-

графии, геоинформатики и дистанционного зондирования [6,7]. В данной статье предлагается подход к решению лишь одной из них, а именно – к разработке классификации КМПР.

Предлагаемая классификация КМПР опирается на четыре классификационных признака, а именно (рисунок 2):

- размерность создаваемого КМПР;
- тема создаваемого КМПР;
- практическая специализация (круг решаемых задач) создаваемого КМПР;
- назначение (круг пользователей) создаваемого КМПР.



Рис. 1. Классификация компьютерных моделей природных ресурсов

Рассмотрим более подробно основные подсистемы КМПР.

Благодаря возможностям современных ГИС, в настоящее время можно формировать КМПР различной размерности. Категория двумерных КМПР включает в себя такие традиционные картографические произведения, как

цифровые и электронные карты, ортофотокарты и т. п. К трехмерным КМПР относятся картографические анимации, виртуальные модели и сцены, блок-диаграммы. К четырехмерным КМПР относятся картографические модели, позволяющие отобразить одновременно и пространственную, и временную динамику картографируемого ресурса. Это динамические блок-диаграммы, стереоанимации, а также геопространственная виртуальная реальность - «новый, наиболее сложный из создаваемых в настоящее время видов геоизображений» [8].

Безусловно, для разных категорий пользователей, изучающих состояние природных ресурсов, будут востребованы разные виды КМПР. В зависимости от назначения КМПР, можно выделить следующие категории пользователей:

1) Административный аппарат данного региона. Решаемые задачи: изучение распределения и характеристик имеющихся запасов природных ресурсов для решения различных управленческих задач. Уровень владения этих пользователей ГИС-технологиями – как правило, базовый или отсутствует. Актуальные для них виды КМПР – электронные карты природных ресурсов.

2) Хозяйствующие субъекты – для изучения имеющихся и перспективных запасов природных ресурсов, современного характера и интенсивности их использования для развития ресурсоемких отраслей промышленности региона. Уровень владения ГИС-технологиями – базовый или отсутствует. Актуальные для них виды КМПР – электронные и цифровые карты природных ресурсов.

3) Специалисты по промышленному проектированию - для планирования и размещения конкретных предприятий по добыче и переработке различных видов природных ресурсов. Как правило, такие специалисты являются опытными пользователями ГИС, ими востребованы цифровые карты природных ресурсов, высоко детализированные 3D-модели и 3D-сцены.

4) Учащиеся средних и высших учебных заведений – для ознакомления с природно-ресурсным потенциалом региона, выполнения учебных работ, ведения научно-исследовательских работ в рамках школы или вуза. Уровень владения ГИС-технологиями в этой группе пользователей варьируется от начального до продвинутого, а КМПР, предлагаемые вниманию этой аудитории, должны отличаться особо высокой наглядностью. Это могут быть электронные и цифровые карты природных ресурсов, фотокарты, картографические анимации, упрощенные 3D-модели и 3D-сцены.

5) Представители природоохранных и экологических общественных организаций – для ознакомления с современным состоянием природно-ресурсной базы региона, общественного контроля за интенсивностью и рациональностью использования природных ресурсов, фиксации экологических нарушений (несанкционированная рубка леса, загрязнение водных бассейнов и пр.). Уровень владения ГИС-технологиями у этих пользователей в большинстве своем базовый, ими будут востребованы электронные карты природных ресурсов, фотокарты, упрощенные 3D-модели и 3D-сцены.

Тематическая подсистема разработанной классификации включает в себя следующие виды КМПР природных ресурсов:

- КМПР климатических ресурсов, которые отображают естественные и измененные человеком климатические показатели;
- КМПР водных ресурсов, которые охватывают пресные поверхностные воды;
- КМПР земельных ресурсов, отображающие существующее использование почв и различные количественные показатели, характеризующие состояние почв;
- КМПР лесных ресурсов, характеризующие лесной фонд России, ресурсы нелесной растительности и ООПТ;
- КМПР минеральных ресурсов, которые отображают ресурсы полезных ископаемых и подземных вод.

Подсистема КМПР различной практической специализации выражает характер и степень вовлечения природных ресурсов в природопользование и тесно связана с вышеописанной тематической подсистемой. Эта связь будет более подробно раскрыта в ходе дальнейших исследований. В подсистеме КМПР различного назначения отдельные категории КМПР выделены в зависимости от уровня планирования природопользования, для обеспечения которого используются данные КМПР:

- Инвентаризационные КМПР - используются на всех основных этапах ведения рационального природопользования: на стадии стратегического планирования, тактического планирования, проектирования и строительства хозяйственных объектов, на стадии эксплуатации ресурса и на стадии рекультивационно-восстановительных работ.

- Оценочные КМПР предназначены для отображения результатов экономической оценки ресурса (рентабельность добычи, обеспеченность запасами и пр.), а также для отображения оценки ущерба, нанесенного ресурсу в ходе природопользования (процент деградировавших пахотных земель, пастбищ и пр.).

- Прогнозные КМПР актуальны для выявления перспектив дальнейшего развития промышленных отраслей, базирующихся на использовании данного вида природных ресурсов. Они используются на стадии стратегического и тактического планирования, а также на стадии эксплуатации конкретного природного ресурса.

- Рекомендательные КМПР предназначены для использования на стадии тактического планирования и на стадии рекультивационно-восстановительных работ.

Предлагаемая классификация картографических моделей природных ресурсов позволяет упорядочить создаваемое в настоящее время разнообразие карт природных ресурсов, выделить направления, которые недостаточно обеспечены картографическими моделями, и наметить направления для перспективной работы по проектированию новых типов КМПР.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. О. Н. Николаева. Об интеграции ДДЗ в ГИС для формализованной инвентаризации природно-ресурсных характеристик региона // Материалы междунар. научн. конгр. «Гео-

Сибирь 2012». Дистанционные методы зондирования земли и фотограмметрия, мониторинг окружающей среды, геоэкология. – Новосибирск. – СГГА. – 2012. – С.39-45.

2. Заруцкая, И. П. Картографирование природных условий и ресурсов / И. П. Заруцкая, Н. В. Красильникова. – М.: Недра. – 1988. - 299 с.

3. Востокова Е.А., Шевченко Л.А., Сущеня В.А. и др. Картографирование по космическим снимкам и охрана окружающей среды / Под ред. Востоковой Е.А, Злобина Л.И. (отв. ред.), Кельнера Ю.Г. — М.: «Недра», 1982. -251 с.

4. Е. Л. Макаренко. Картографирование лесопромышленного комплекса крупного региона (на примере Иркутской области) // География и природные ресурсы. - 2009. - N 1. - С. 117-123.

5. А.Ф. Титов, В.Т. Вдовицын, В.А. Лебедев, А.К. Полин. Разработка и развитие картографического сервиса информационно-аналитической системы «Природные ресурсы Карелии» // Труды XIV Всероссийской объединенной конференции «Интернет и современное общество» (IMS-2011), Санкт-Петербург, Россия, 2011. – С. 36-39.

6. О. Н. Николаева. Биогеографическое картографирование: современное состояние и область применения для сохранения и рационального использования природных ресурсов / Вестник СГГА. – Вып. 1 (12). – Новосибирск. – СГГА. – 2010. – С. 145-149.

7. О. Н. Николаева. Биогеографические карты – средство для сохранения и рационального использования природных ресурсов. // Материалы междунар. научн. конгр. «Гео-Сибирь 2010». Геодезия, картография, маркшейдерия. Т.2. – Новосибирск. – СГГА. – 2010. – С.103-105.

8. Берлянт, А.М. Виртуальные геоизображения. - М.: Научный мир. - 2001. - 56 с.

© О.Н. Николаева, 2013

КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА И КАРТОГРАФИРОВАНИЕ ЭНЕРГОПОТЕНЦИАЛА ГУМУСОВОГО СЛОЯ ДЛЯ ПОЧВ ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ

Татьяна Шалвовна Фузелла

Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, 634055, Россия, г. Томск, пр-т Академический, 10/3, младший научный сотрудник, кандидат географических наук, тел. 8(3822)492223, e-mail: fts10@yandex.ru

На примере Томской области рассчитан энергопотенциал гумуса почв. Результаты были отображены на карте Томского региона. Было установлено, что для различных типов почв области значение данного показателя находится в пределах от 1,2 до 10,5 Дж/га. Установлено, что максимальными значениями характеризуются черноземы, лугово-черноземные, торфяно-подзолистые и болотные почвы. Минимальные значения энергопотенциала гумуса почв принадлежат глеево-подзолистым и подзолистым почвам.

Ключевые слова: энергопотенциал почв, энергетическая оценка, гумусовый горизонт.

THE CALCULATION AND MAPPING OF TOPSOIL ENERGY POTENTIAL FOR TOMSK REGION

Tatiana Sh. Fuzella

Institute of Monitoring of Climatic and Ecological Systems SB RAS, 634055, Russia, Tomsk, 10/3 Akademicheskyy Av., PhD, Research Scientist, tel. (3822)492223, e-mail: fts10@yandex.ru

The calculation of energy potential for topsoil has been made for Tomsk region. The results were represented on the map of Tomsk region. Has been found that for different soil types of region the value of the indicator is in the range from 1.2 to 10.5 J / ha. Has been shown that the maximum values are characterized by black soil, meadow chernozem, turfy- podsol, podsol and bog soil. The minimum values of the energetic potential of topsoil belong to gley-podzolic and podzolic soils.

Key words: energy potential of soils, energy estimation, topsoil.

Анализ энергетического потенциала почв является одним из аспектов создания и разработки стратегии эффективного развития и функционирования агрокомплекса. На примере Томской области нами была произведена оценка энергопотенциала гумусового слоя почв [Фузелла, 2012]. Земли сельскохозяйственного фонда Томской области занимают 8,8%, в том числе занято пашней около 2,1% всей ее территории. Основными компонентами почвенного покрова сельхозугодий являются серые лесные почвы, болотные, дерново-подзолистые, в северных районах – пойменные аллювиальные почвы, черноземы встречаются только на юге области.

Географическое положение, резко континентальный климат, особенности условий почвообразования обуславливают основные природные процессы, присущие земельному фонду Томской области: переувлажнение, заболачивание, водная эрозия. Почвенный покров области сформирован при наличии специфических особенностей, определяющих его индивидуальные черты, в част-

ности, повышенный гидроморфизм, обусловленный заболоченностью территории, а в южных районах, сильным промерзанием и медленным оттаиванием почв. На современном этапе лишь хорошо исследованы агрохимические свойства основных типов почв сельскохозяйственной зоны. Однако нет данных о потенциальных запасах энергии в гумусовом горизонте разных типов почв Томской области, что представляет научный интерес.

По предложенной нами методике потенциал почв выражается в условных единицах, что делает оценку универсальной и позволяет сравнивать соответствующие показатели во временной динамике, а также проводить пространственную дифференциацию территории [Волкова, 2011].

С помощью энергетического анализа дана оценка количества энергии, аккумулированной в гумусовом горизонте разных типов почв Томской области. Расчет энергетического потенциала почвогумуса ($E_{овн}$) производился по методике Володина [Володин, 2000]: $E_{овн} = z_2 Q$, $z_2 = HGV$, где H – мощность гумусового горизонта (см); G – общий гумус, %; V – объёмная масса почвы, (г/см); Q – энергетический эквивалент гумуса (Дж/га).

Картографирование проводилось на основе карты «Почвенный покров Томской области», 1987 г., масштаб 1:1000000. Энергетический потенциал каждого типа почв занесен в базу данных, и на основе ГИС-технологий его пространственное содержание отражено на карте «Энергопотенциал гумуса в различных типах почв Томской области».

Расчеты показали, что суммарный энергопотенциал гумуса для всех типов почв Томской области составил $1,61 \cdot 10^{11}$ ТДж. Столь значительная энергетическая нагрузка объясняется, в первую очередь, длительным временем формирования гумусового горизонта, а также высокой аккумулирующей и генерирующей способностью типов почв, развитых на территории области. Варибельность энергопотенциала гумуса различных типов почв Томской области находится в пределах от $1,2 \cdot 10^{12}$ до $10,5 \cdot 10^{12}$ Дж/га.

Пространственное распределение энергопотенциала гумуса почв Томской области представлено на рисунке 1. По значениям потенциала все почвы области были разделены на несколько групп. Наибольший потенциал имеют черноземы, лугово-черноземные, обладающие высокой поглотительной способностью катионов. Данные типы встречаются только на юге области – в Кожевниковском и Шегарском районах. Высоким потенциалом располагают также торфянисто- и торфяно-подзолистые, болотные верховые и болотные низинные почвы, которые обладают значительной емкостью биологического круговорота. Минимальные значения энергопотенциала гумуса почв соответствуют глеево-подзолистым и подзолистым почвам, преобладающим на востоке и юго-востоке области. Такая географическая неоднородность обусловлена особенностями локальной аккумуляции энергии гумуса в почвенном покрове, зависящих как от процессов почвообразования в разных типах почв, так и от климатических условий местности.

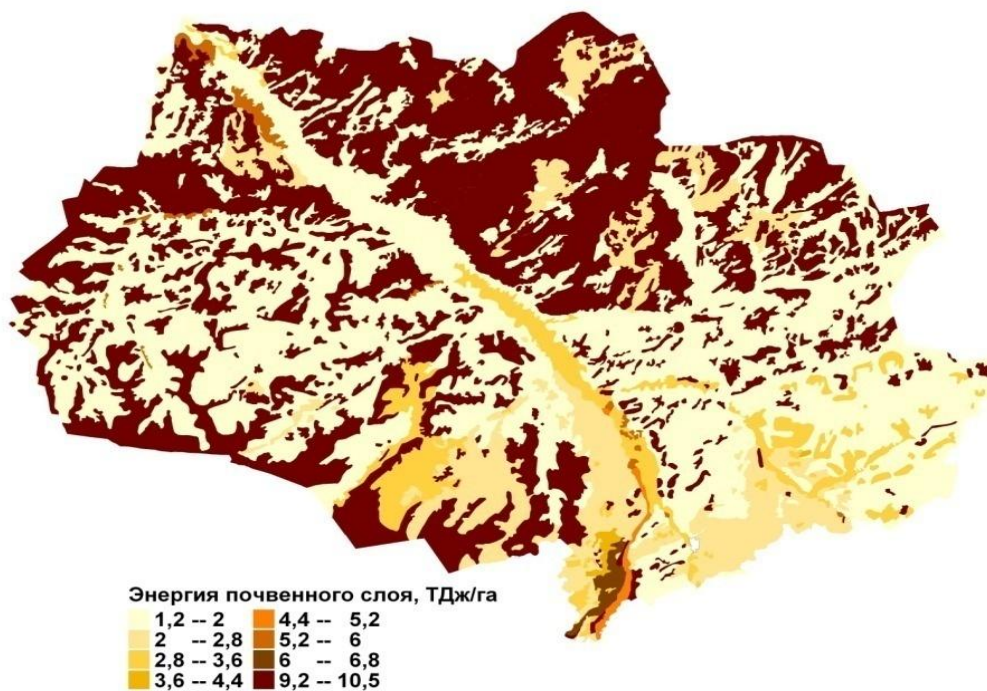


Рис. 1. Пространственное распределение энергопотенциала гумуса в почвах Томской области

В современных условиях нарастающего дефицита ископаемых энергоресурсов, почва как источник энергии приобретает особую значимость. В связи с этим актуальным становится вопрос исследования скорости аккумуляции и пространственного распределения энергии в почвах. Территориальную дифференциацию почв по энергетическому потенциалу следует учитывать при реализации инвестиционных проектов, направленных на использование биоресурсов.

Работа выполнена в рамках проекта программы VIII. 77.1 фундаментальных исследований ИМСЭС СО РАН

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Володин В.М. Экологические основы оценки и использования плодородия почв. М.: 2000, - 334с.
2. Волкова Е.С. Оценка энергетического потенциала лесов Томской области: методологический аспект // «ГЕО-Сибирь-2011». Т. 3. Эконом. развитие Сибири и Дальнего Востока.: сб. матер. VII Междунар. научн. конгресса «ГЕО-Сибирь-2011», г., – Новосибирск: СГГА, 2011. - С. 208-210.
3. Фузелла Т.Ш. Эколого-энергетический анализ агроэкосистем: оптимизация функционирования. - Lambert Academic Publishing. – Saarbrucken, Germany: LAP LAMBERT Academic Publish.G.- 2012. – 168 с.

© Т.Ш. Фузелла, 2013

КЛИМАТ И ПРОГНОЗ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА В ГОРОДЕ

Михаил Абрамович Креймер

Сибирская государственная геодезическая академия, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, кандидат экономических наук, доцент кафедры экологии и природопользования СГГА, тел. (383)361-08-86, e-mail: kaf.ecolog@ssga.ru

Приводятся результаты моделирования параметров метеорологического состояния атмосферы и ее загрязнения в городе. Показано, что экологические методики по расчету концентраций не учитывают ведущие факторы формирования климата и условия рассеивания: солнечную радиацию и атмосферное давление, формирующие ветровой режим и температурные градиенты.

Ключевые слова загрязнение, климат, расчет рассеивания, прогноз.

CLIMATE AND FORECASTS FOR CITY ATMOSPHERIC AIR POLLUTION

Mikhail A. Kreimer

Siberian State Academy of Geodesy, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., Ph.D., Assoc.Prof., Department of Ecology and Natural Resources Management, tel. (383)3610886, e-mail: kaf.ecolog@ssga.ru

The data on modeling the interdependency between the parameters of atmosphere meteorological condition and its pollution in the city are presented. It is shown that ecological techniques for concentration calculation don't take into account basic climate-forming factors and dispersion conditions (solar radiation and atmospheric pressure), forming wind conditions and temperature gradients.

Key words: pollution, climate, dispersion calculation, forecast.

Для моделирования закономерностей загрязнения атмосферы использовались контролируемые ингредиенты и метеорологические параметры, измеренные в течение года в городе Барнауле, сохраняющие постоянное значение в пределах одного явления и выбранного интервала осреднения. Между приведенными параметрами были рассчитаны показатели детерминации (находятся в диапазоне от 33% до 71 %) и эластичности (видоизменение функции в процентах при изменении аргумента на 1 %). Рассматриваемые параметры описываются статистическим распределением и поэтому имеют ряд оценок: максимально зарегистрированное и расчетное среднее значение; повторяемость и превышение нормы. Каждое из них выступает индикатором для прогнозирования состояния среды обитания человека.

В рассматриваемой системе не установлены причинно-следственные закономерности между следующими метеопараметрами: скорость ветра (м/с), повторяемость ветра (%) при скорости 6-9 м/с, средняя скорость ветра на высоте 100 м, общая облачность (в баллах), повторяемость приземных инверсий (%) и ингредиентами: формальдегид, сероводород. Сопряженность этих метеопара-

метров с ингредиентами может происходить в интервале времени, отличающимся от календарного месяца.

Среди всех метеопараметров наиболее выражена причинная роль атмосферного давления (АД). По показателю эластичности при увеличении АД на 1% средняя месячная концентрация взвешенных веществ уменьшается на 41%, максимально разовая уменьшается на 29%, доля проб, превышающих ПДК для взвешенных веществ, уменьшается на 92%. В тоже время с увеличением АД растет среднемесячная концентрация сажи (34%).

Повышение повторяемости скорости ветра (0-1 м/с) способствует снижению максимально разовых концентраций взвешенных веществ (эластичность - 1,4%). Больше всего снижение происходит при скорости ветра 2-5 м/с. В результате этого снижается среднемесячная концентрация сажи (-2,0%), но растет среднемесячная концентрация взвешенных веществ (2,5%) и фенола (1,7%). Также увеличивается максимально разовая концентрация взвешенных веществ (1,8%) и доля проб взвешенных веществ выше ПДК (5,6%). Рост повторяемости скоростей ветра в диапазоне 10-13 м/с способствует увеличению максимально разовых концентраций диоксида серы (1,4%). При увеличении повторяемости скорости ветра 14-17 м/с снижается средняя месячная концентрация взвешенных веществ (-0,5%), но растет максимально разовая концентрация диоксида серы (1,2%). При увеличении повторяемости больших скоростей (более 18 м/с) снижается средняя месячная концентрация взвешенных веществ (-0,3%) и растет максимально разовая концентрация диоксида серы (0,7%).

Ветра на больших высотах способствуют снижению среднемесячной концентрации взвешенных веществ: на высоте 200 м – (-2,3%), на высоте 500–900 м – (-1,6%) и снижению доли проб взвешенных веществ выше ПДК на высоте 500–900 м – (-3%; -3,4%). Ветра на высоте 900 м способствуют увеличению среднемесячной концентрации сажи (1,1%).

Солнечное излучение способствует снижению средней месячной концентрации сажи (-0,96%) и росту средней месячной концентрации (1,2%) и максимально разовой (0,87%) взвешенных веществ и доли проб взвешенных веществ выше ПДК (2,8%). Высота солнца в полдень и продолжительность солнечного сияния также повторяют закономерности изменения рассмотренных концентраций, но с несколько отличающимися значениями коэффициента эластичности.

При дефиците солнечных дней снижается средняя месячная концентрация взвешенных веществ (-0,32%) и доля проб взвешенных веществ выше ПДК (-0,75%). При данных метеопараметрах увеличиваются максимально разовые концентрации оксида углерода (0,43%) и диоксида серы (0,78%).

Рост суммарной солнечной радиации при ясном небе и действительных условиях облачности приводят к снижению среднемесячных концентраций сажи (-0,47%), увеличению среднемесячных (0,48-0,68%) и максимально разовых концентраций (0,32-0,39%) взвешенных веществ. В условиях облачности рост солнечной радиации приводит к увеличению доли проб выше ПДК (1,1%), увеличению среднемесячной концентрации фенола (0,36%) и снижению средне-

сячной концентрации сажи (-0,47%). Создаваемый солнечной радиацией температурный режим приводит к увеличению загрязнения атмосферы взвешенными веществами.

При росте парциального давления водяного пара увеличивается средняя месячная концентрация взвешенных веществ (0,42%) и доля проб выше ПДК (0,91%). При росте относительной влажности воздуха снижаются загрязнение атмосферного воздуха взвешенными веществами: средние концентрации на 2,8%, максимально разовые на 2,4% и доля проб выше ПДК на 6,5. В данных метеоусловиях растут среднемесячные концентрации сажи (2,5%). При увеличении количества осадков (мм) на 1% уменьшаются среднесуточные концентрации сероуглерода на 2,3%, окиси азота на 0,73% и максимально разовые соответственно на 3,2% и 1,5%.

В увеличении загрязнения максимально разовыми концентрациями взвешенных веществ играет роль нижняя (менее 2 км) облачность (0,7%). С увеличением нижней облачности снижается среднемесячная концентрация сероуглерода (-1,8%) и диоксида серы (-3,6%).

Для оценки устойчивости погоды (ясной или пасмурной) рассчитывают коэффициент как отношение числа ясных (пасмурных) дней к повторяемости ясного (пасмурного) неба. Коэффициент устойчивости ясной погоды в г. Барнауле (%) имеет минимальное значение в декабре и максимальное в феврале. Рост этого параметра приводит к снижению максимально разовых концентраций диоксида серы (-7,3%), оксида углерода (-4,7%) и увеличению сероуглерода (9,2%). Рост коэффициента устойчивости неясной погоды приводит к увеличению максимально разовых концентраций диоксида азота (1,4%).

Рост числа дней с туманами обуславливает увеличение загрязнения воздуха среднемесячными концентрациями сажи (0,51%) и снижение доли проб фенола выше ПДК. Наблюдается снижение средних (-0,54%), максимально разовых (-0,56%) концентраций и превышения доли проб ПДК (-1,3%) взвешенных веществ в дни с туманами.

Рост числа дней с метелью способствуют снижению загрязнения воздуха взвешенными веществами и увеличению максимально разовых концентраций диоксида серы (0,59%).

Рост числа дней в месяце с градом приводит к снижению среднемесячных концентраций сажи (-0,27%) и увеличению доли проб фенола выше ПДК (0,34%). Явление града способствует загрязнению воздуха взвешенными веществами.

Пыльная буря приводит к увеличению максимально разовых концентраций взвешенных веществ (0,21%).

Существенную роль и влияние на уровни загрязнения воздуха оказывают приподнятые инверсии (нижняя граница в слое до 250 м). Рост среднемесячной повторяемости таких метеорологических явлений способствует увеличению среднесуточных концентраций сероуглерода (1,5%), сажи (0,67%) и снижению доли проб фенола выше ПДК (-1,1%).

Метеозависимость загрязнения воздуха взвешенными веществами. За счет увеличения повторяемости ветра со скоростью 2-5 м/с растет загрязнение атмосферного воздуха, оцениваемого в долях проб превышающих ПДК на 5,57%; в среднемесячной концентрации на 2,41%; и максимально разовых концентрациях на 1,86%. Другим значимым метеопараметром является продолжительность светового дня. Его увеличение приводит к росту доли проб выше ПДК (2,78%), максимально разовой (0,87%) и среднесуточной (1,24%) концентрации. Следующим метеопараметром способствующим загрязнению воздуха является высота в полдень (1,65%; 0,51%; 0,72%) и продолжительность солнечного сияния (1,3%; 0,38%; 0,54%). Также рост температуры воздуха, числа дней с градом и парциального давления водяного пара способствует увеличению среднемесячных концентраций, максимально разовых взвешенных веществ и доли проб выше ПДК.

Способствуют снижению в атмосферном воздухе содержания взвешенных веществ увеличение атмосферного давления. Коэффициент эластичности для гигиенических показателей составляет: доли проб выше ПДК – 92,19%, максимально разовой – 29,19%, и среднемесячной концентрации – 41,36%. Скорость ветра на высоте 200, 500 и 900 м, а так же относительная влажность способствуют снижению: -6,65% -2,4% -2,8% соответственно. В меньшей мере очищению воздуха города способствуют туманы, число дней без солнца.

Метеозависимость загрязнения воздуха сажей. Только пять метеопараметров способствуют увеличению среднемесячной концентрации сажи. В большей мере этому способствует рост атмосферного давления (34,59%), относительная влажность воздуха (2,5%), скорость ветра на высоте 900м (1,12%), повторяемость приподнятых инверсий (0,67%), туманы (0,51%).

Снижение загрязнения воздуха сажей происходит при увеличении повторяемости ветра со скоростью 2-5 м/с (-2,0%), продолжительности светового дня (-0,96%) и солнечной активности (высоте солнца в полдень, продолжительности солнечного сияния и радиации).

Метеозависимость загрязнения воздуха оксидом углерода и фенолом. Оксид углерода в незначительной степени подвержен метеозависимости. Только гигиенический показатель максимально разовых концентраций коррелирует со следующими метеопараметрами. Число дней без солнца является причиной увеличения загрязнения данным ингредиентом (0,43%), а рост коэффициента устойчивости ясной погоды приводит к снижению загрязнения оксидом углерода (-4,67%). Метеопараметры в основном способствуют снижению загрязнения атмосферы от фенола. Так с увеличением повторяемости приподнятых инверсий на -1,11% и дней с туманами на -0,74% снижается доля проб фенола выше ПДК. Повторяемость ветра со скоростью 2-5 м/с (1,7%) и солнечная радиация в пасмурную погоду (0,36%) обуславливают увеличение среднемесячных концентраций загрязнения фенолом.

Метеозависимость загрязнения воздуха сернистыми соединениями. Загрязнение воздуха диоксидом серы по максимально разовым значениям сопряжено с ростом повторяемости ветра со скоростями от 10 до 18 и более м/с

(1,4%; 0,86%) и увеличением числа дней без солнца (0,78%). Снижение загрязнения от диоксида серы происходит при росте коэффициента устойчивости ясной погоды (-7,67% для максимально разовых) и низкой облачности (-3,6% для среднемесячных). Максимально разовые концентрации сероуглерода увеличиваются при росте коэффициента устойчивости ясной погоды (9,17%) и повторяемости приподнятых инверсий (1,53%) для среднемесячных значений. Снижение в атмосфере данного ингредиента происходит при увеличении количества осадков (-2,3%; -3,2%) и низкой облачности (-1,86%).

Метеозависимость загрязнения воздуха диоксидом азота. Рост количества осадков в городе приводит к снижению среднемесячных (-0,73%) и максимально разовых (-1,48%) концентраций диоксида азота. Установлена прямая зависимость между коэффициентом устойчивости пасмурной погоды (1,41%) и содержанием диоксида азота

Разнонаправленный характер действия метеорологических параметров приводит к тому, что ингредиенты длительное время находятся в атмосферном воздухе: диоксид серы 4 – 5 суток, диоксид азота от 5 сут. до 4 месяцев, оксид углерода от 100 сут. до 3 лет, сероводород 2 – 4 сут., аммиак 7 сут. [1]

В строительных нормах «Указания по расчету рассеивания в атмосфере вредных веществ (пыли и сернистого газа), содержащихся в выбросах промышленных предприятий» (СН 369-67); «Указания по расчету рассеивания в атмосфере веществ, содержащихся в выбросах предприятий» (СН 369-74) и «Методике расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий» (ОНД-86) применяются следующие метеорологические параметры: оседание вредных веществ, турбулентный обмен, температурная стратификация атмосферы.

Поэтому область применения указаний по прогнозированию загрязнения ограничивалась эмпирическими закономерностями. Так СН 369-67 можно было применять для агломерационных фабрик и производств обжига окатышей черной металлургии, конверторных, мартеновских и электросталеплавильных цехов, доменного производства, серы и серной кислоты, нефтеперерабатывающих заводов и котельных. В СН 369-74 область применения, с сохранением эмпирических формул, изменилась в сторону учета аэродинамических теней и длительности застоя примесей, слабых ветров и образования туманов. ОНД-86 дополнены формулами по расчету загрязнения от линейных источников выбросов, группы зданий, на промышленной площадке. Методика предназначена для расчета приземных концентраций в двухметровом слое над поверхностью земли, а также вертикального распределения концентраций. Обязательно учитывается эффект суммации вредного действия ингредиентов.

СН и ОНД не учитывают физико-химические свойства различных ингредиентов, условия их нахождения и выведения из атмосферного воздуха. Климат носит выраженный динамический характер и не учитывается в прогнозировании загрязнения среды обитания человека.

Во всех трех указаниях (методиках) рассчитываются максимальные приземные концентрации при неблагоприятных метеорологических условиях и по-

этому принято, что в качестве критерия расчетные значения не должны превышать максимально разовую предельно допустимую концентрацию (ПДК_{мр}). Экологический подход в данном случае не учитывает лимитирующие признаки вредности. Ингредиенты имеют ПДК_{мр}, если обладают рефлекторным действием, которое оценивается по изменениям за 20 - 30 минут. При длительном токсическом действии уровень резорбтивного действия оценивается по среднесуточной концентрации (ПДК_{сс}). Поэтому применение формулы о равенстве неправомерно.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Семенченко Б.А., Белов П.Н. Метеорологические аспекты охраны природной среды. – М.: МГУ, 1984. – С. 65.

© М.А. Креймер, 2013

ИМПАКТНЫЕ СТРУКТУРЫ СИБИРИ

Иван Иванович Амелин

Институт вычислительной математики и математической геофизики (ИВМиМГ) СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Ак. Лаврентьева, д.6, младший научный сотрудник лаб. математического моделирования волн цунами, тел. +7(913) 910-58-01, e-mail: aii@omzg.sccc.ru

Зоя Андреевна Ляпидевская

Институт вычислительной математики и математической геофизики (ИВМиМГ) СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Ак. Лаврентьева, д.6, вед. программист лаб. математического моделирования волн цунами, тел. +7(913) 953-33-36, e-mail: zliapid@ngs.ru

Одним из методов оценки частоты падений космических тел на Землю является информация об импактных структурах Земли. Сибирь является малоизученной территорией на предмет импактных структур. В статье приведен список из 50 достоверных и предполагаемых импактных структур на территории Западной и Восточной Сибири.

Ключевые слова: импактные кратеры, Сибирь, каталог, индекс достоверности, оценки частоты падений.

IMPACT STRUCTURES IN SIBERIA

Ivan I. Amelin

Institute of Computational Mathematics and Mathematical Geophysics (ICM&MG) SB RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, acad. Lavren'tiev av, 6, lab. mathematical modeling of tsunami waves junior researcher, tel. +7(913) 910-58-01, e-mail: aii@omzg.sccc.ru

Zoya A. Liapidevskaya

Institute of Computational Mathematics and Mathematical Geophysics (ICM&MG) SB RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, acad. Lavren'tiev av, 6, lab. modeling of tsunami waves lead programmer, tel. +7(913) 953-33-36, e-mail: zliapid@ngs.ru

One of main methods to evaluate impact frequency is the information about the Earth's impact structures. Siberia has many unknown impact structures. The paper presents a list of proven and possible impact structures in Western and Eastern Siberia including 50 structures.

Key words: impact craters, Siberia, catalog, validity index, impact frequency.

До недавнего времени в реальность техногенных катастроф, вызванных падением астероида, верили только ученые, но события 15 февраля 2013 г в Челябинской области наглядно свидетельствуют о том, что вероятность столкновений с Землей космических тел может быть существенной. Проблеме оценки астероидной опасности посвящено большое число работ [1-5]. Следует заметить, что эти оценки имеют приближенный вероятностный характер и могут отличаться друг от друга, что связано с различием используемых подходов: астрономический [1], планетологический [2], космический (атмосферный) [3], либо исторический [4, 5], который основывается на информации о числе, энергии

тическом масштабе и возрасте столкновений произошедших в геологической истории Земли. Преимуществом последнего подхода перед остальными является то, что ударные кратеры и метеориты являются очевидными свидетельствами падений космических тел. К сложностям такого подхода относятся интенсивные процессы эрозии на поверхности Земли, которые, с одной стороны, затрудняют обнаружение кратеров, стирают их с поверхности с течением времени, с другой стороны - образуют структуры, сходные по некоторым диагностическим признакам с импактными кратерами.

Для оценки падений космических тел, представляющих наибольшую опасность для жизни на Земле, проводят подсчет числа крупных метеоритных кратеров и определяют их основные характеристики – диаметр и возраст. Объем массива данных о метеоритных кратерах связан с геологической изученностью поверхности Земли, поэтому до 1970-х годов исторический подход при оценке частоты падений, не использовался. По мере роста изученности поверхности планеты, число известных импактных структур возрастало, в первую очередь, в наиболее изученных и геологически стабильных участках поверхности Земли. Идентификация импактных структур является междисциплинарной задачей и требует значительного объема исследований и финансовых вложений, особенно на труднодоступных территориях, к которым относится и большая часть Сибири, где до недавнего времени было известно только 5 достоверных импактных кратеров [6]. Следовательно, потенциал возможных для обнаружения астроблем в Сибири весьма значителен [5].

Поиск информации о структурах импактного происхождения на территории Сибири проводится в ИВМиМГ СО РАН около 20 лет как часть работ по оценке риска природных катастроф [7]. По результатам работы создан и поддерживается электронный каталог импактных структур Земли [8]. Каталог содержит в удобном виде разнородную информацию о достоверных и предполагаемых импактных структурах (исходная информация была представлена в виде отдельных статей, геологических отчетов, личных сообщений геологов).

В дополнение к подтвержденным импактным кратерам каталог [8] содержит сведения о структурах, импактный генезис которых еще предстоит проверить. Для каждой структуры достоверность ударного происхождения находит свое отражение в индексе V (Validity), который варьируется от 4 (подтвержденные) до 0 (отклоненные) с промежуточными значениями: 3 (вероятные), 2 (возможные) и 1 (предложенные для дальнейшего исследования). Классификация структур основана на экспертных оценках и отражает наличие импактных критериев на четырех пространственных масштабах, на каждом из которых используется свой метод диагностики – геоморфологический ($10^0 - 10^5$ м), структурно-геологический ($10^{-2} - 10^0$ м), петрографический ($10^{-3} - 10^{-2}$ м), микроструктурный ($10^{-6} - 10^{-4}$ м). В результате работы оказалось, что на территории Сибири кроме 6 достоверных импактных структур возможное импактное происхождение имеют 67 структур диаметром 0.01-550 км и возрастом от 100 лет до 1700 млн. лет, из них 10 ($V=3$), 34 ($V=2$), 23 ($V=1$). Большинство импактных структур Сибири с $V=1-2$ найдено дистанционными методами с помощью

Google Maps и Sasplanet [9]. Часть информации проверена путем непосредственного осмотра местности. Основные характеристики импактных кратеров на территории Западной и Восточной Сибири с индексом достоверности 4-2 приведены в таблице 1.

В заключение необходимо отметить, что идентификация и дальнейшие исследования предполагаемых импактных структур позволяют существенно уточнить существующие оценки повторяемости угроз из космоса.

Таблица 1

Список импактных структур Западной и Восточной Сибири с $V=4-2$ [8].

V	Название	Год обнаружения	Широта	Долгота	Диаметр, км	Возраст, млн. лет
4	Беенчиме-Саалатин	1973	71,058	121,692	8	40
4	Курайская	2006	50,2	87,9	20	210
4	Логанча	1950	65,5	95,83	20	40
4	Мача	1984	60,0848	117,654	0,3	0,007
4	Попигай	1946	71,65	111,18	100	35,7
4	Чукча	1992	75,7	97,8	6	70
3	Алгамский	1985	56,2363	129,468	35	200
3	Ангарская	1997	52,9	103,5	25	
3	Большая Куонамка	1984	71	112,5	4	251
3	Кограм	1983	57,25	129,67	50	1050
3	Котуйканская	2008	69,05	104,62	250	1900
3	Лабынкыр	1970	62,313	143,176	60	150
3	Селигдарский	1979	58,5	125,31	2	245
3	Усть-Озерный	1947	58,9	87,7	0,07	
3	Чульман	1987	56,9	125	4	350
3	Яма Корчажиха	2006	52,186	106,778	0,25	0,1
2	Ангаро-Удинская	2010	55,33	99,75	27	100
2	Байкальская	2003	56,5	111,55	420	1700
2	Большая депрессия	1984	60,92	101,95	8	251
2	Вилюй-Ленский	1985	61,514	120,456	0,04	
2	Витим	1956	53,508	112,556	0,2	
2	Гонамский	1948	56,3	126,8	0,025	
2	Гулинский	2007	70,927	101,19	50	251
2	Едъяхинский	1999	63,1	73,5	0,5	161
2	Енисей (Агрэ)	1972	58,9929	93,8533	0,23	1
2	Инагли массив	2007	58,546	124,943	5,5	136
2	Каменск-Уральская	2001	56,41	61,56	80	

2	Кичерская	2004	56,1	110,321	4	0,02
2	Курбун-Шиви	1999	50,8389	92,7294	0,4	
2	Малый Байкал	1946	58,3388	92,3965	0,24	0,0001
2	Массив Ессей	2007	68,71	102,188	4,5	251
2	Могол	1961	57,5	108,5	0,04	
2	Мульдайский	1980	52,232	119,281	0,1	0,001
2	Муруктинская	2007	67,8	102,18	60	66,5
2	Нижнетычанская	1961	61,38	97,35	120	
2	Огни	1961	51,8	83,5	0,14	
2	Оленек	2007	71,18	123,58	200	370
2	Полярно-уральская	2009	67,5	67,5	210	
2	Среднеуральская	1990	56	56,5	550	542
2	Сургут	1961	61,2	73,6	0,05	
2	Сым	1963	60,4	88,4	0,08	
2	Тагил	1964	57,7362	59,5313	0,3	
2	Тикси	1969	71,7	128,4	0,01	
2	Тобысь	1951	63,3	53,1	0,05	
2	Уджей	1960	53,7441	92,8297	0,4	0,0002
2	Уренгой	1988	66,273	78,444	4,5	55,8
2	Усть-Вихорево	1968	56,7	101,4	0,01	
2	Филлиповка	1995	54,35	81,33	18	251
2	Чадобецкое	1983	59,4789	99,8946	70	350
2	Чик	1953	55	82,5	0,075	

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ грант 12-07-00564 а.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Chapman C.R. The hazard of near-Earth asteroid impacts on earth // Earth and Planetary Science Letters. -2004. - Issue 1. -P. 1–15. <http://www.boulder.swri.edu/clark/crcepsl.pdf>
2. Neukum G., Ivanov B.A. Crater size distributions and impact probabilities on Earth from Lunar, terrestrial-planet, and aster-old cratering data // In Hazards due to comets and asteroids, edited by Gehrels T. Tucson, Arizona. The University of Arizona Press. -1994. -P. 359-416.
3. Bland P.A., Artemieva N.A. The rate of small impacts on Earth // Meteoritics & Planetary Science, -2006. -Vol. 41, N. 4. -P. 607–631.
<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1945-5100.2006.tb00485.x/pdf>
4. Grieve R.A.F., Shoemaker E.M. The record of past impacts on Earth // In Hazards due to comets and asteroids, edited by Gehrels T. Tucson, Arizona. The University of Arizona Press. -1994. –P. 417–462.
5. Stewart S.A. Estimates of yet-to-find impact crater population on Earth // Journal of the Geological Society. 2011. Vol. 168. P. 1-14. <http://ru.scribd.com/doc/95824986/Stewart-Estimates-of-Yet-To-Find-Impact-Crater-Population-on-Earth-JGSL168-2011-13>
6. Бадюков Д.Д. Метеоритные кратеры на территории России http://www.meteorites.ru/menu/encyclopaedia/ruscraeters_full.html
7. Петренко В.Е., Ляпидевская З.А. Банк данных для импактных структур Земли. Математическое моделирование в геофизике, Труды ИВМ и МГ, выпуск 7, Новосибирск, - 1998. С. 161-185

8. Ляпидевская З.А., Гусяков В.К., Амелин И.И. Экспертная база данных по импактным структурам Земли /Expert database on the Earth impact structures (EDEIS) // Свидетельство о государственной регистрации базы данных №2011620863 от 07.12.2011, Роспатент. <http://tsun.sscs.ru/nh/impact.php>.
9. <http://sasgis.ru/>

© И.И. Амелин, З.А. Ляпидевская, 2013

БИОКЛИМАТИЧЕСКИЙ И РЕКРЕАЦИОННЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ЧАНОВСКОЙ ОЗЕРНОЙ СИСТЕМЫ

Ольга Геннадьевна Невидимова

Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, 634055, Россия, г. Томск, пр. Академический, 10/3, к.г.н., научный сотрудник, тел. (382-2)492223, e-mail: olga-nevidimova@mail.ru

В статье рассматриваются особенности биоклиматического и рекреационного потенциала озерной системы в связи с изменчивостью климатических условий Барабинской низменности. Дается оценка ряда климатических и экологических показателей озера.

Ключевые слова: озерная система, биоклиматический потенциал, рекреационный потенциал.

BIOCLIMATIC AND RECREATION POTENTIAL OF THE LAKE SYSTEMS CHANY

Olga G. Nevidimova

Institute of monitoring of Climatic and Ecological Systems SB RAS (IMCES), 634055, Russia, Tomsk, 10/3 Academicheskoy Ave., candidate of geographical science, research officer, tel. (382-2)492223, e-mail: olga-nevidimova@mail.ru

The characteristics of bioclimatic and recreation potential of the lake system in connection with variability of the climate of Barabinsk lowland is analyzed in this article. The evaluations of climatic and ecological factors of the lake are taken.

Key words: the Lake system, bioclimatic potential, recreation potential.

Климатические условия являются важным фактором природной среды, который во многом определяет здоровье, образ жизни и комфортность существования человечества. В условиях глобального изменения природно-климатической ситуации возрастающие требования к сохранению естественного качества окружающей среды актуализировали исследования комплексного влияния гидрометеорологических условий на адаптационные возможности человеческого организма. Биоклиматический потенциал территории является тем показателем, который характеризует состояние атмосферы как составной части окружающей среды, определяющей условия жизни живых организмов – возможности вегетации растительности или жизнедеятельности животного организмов, в том числе и человека.

В ресурсном подходе к исследованию климата используются различные комплексные метеорологические показатели и индексы. Для оценки биоклиматических особенностей часто используется эквивалентно-эффективная температура, где учитывается комплексное влияние на человека температуры, влажности и скорости ветра. Зона комфорта по этому показателю находится в интервале 16,7 – 20,7°C. Рассчитывается эффективная температура по формуле А. Миссенарда (1):

$ET = 37 - (37 - t)/(0,68 - 0,0014f + (1/1,76 + 1,4 v^{0,75})) - 0,29t(1 - f/100)$, где t – температура воздуха, °С, v – скорость ветра, м/с, f – относительная влажность, %. Ценность ET, как биоклиматического показателя, состоит в том, что его можно использовать для теплого и холодного сезонов года. Для расчета были использованы многолетние осредненные среднемесячные значения температуры воздуха, скорости ветра и относительной влажности воздуха. В результате расчетов эффективной температуры для озера Чаны по станции Квашнино было получено, что эффективная температура имеет хорошо выраженный годовой ход от -31°С в январе до +15°С в июле. В соответствии с полученными данными в зимние месяцы теплоощущения ET соответствуют «холодно»; в весенние месяцы: март – очень прохладно, апрель – умеренно прохладно и май – комфорт (умеренно тепло); в июле и августе характерно преобладание «комфортно – тепло», а в июле тепловая нагрузка умеренная. Было установлено, что для рекреационных целей структура погод благоприятная. Увеличение комфортных погод начинается в мае (38%). В летние месяцы комфортные погоды преобладают. В сентябре же массовый отдых ограничивается, однако, для ряда лет уровень комфортных погод может достигать 35 %.

Для биоклиматической оценки холодного периода также существуют методы оценки суровости погоды. Суровость погоды здесь рассматривается не как объективное свойство погоды, а как влияние её на охлаждение человека, ограничивающее пребывание его на открытом воздухе и обуславливающее потребность в одежде. Она в основном определяется низкой температурой воздуха и скоростью ветра, которые особенно влияют на охлаждение незащищенных частей тела и на органы дыхания. Для этих целей часто используется метод Бодмана, который позволяет определять в баллах степень суровости погоды по формуле $S = (1 - 0,04t)(1 + 0,27v)$, где S – индекс суровости (баллы), t – температура воздуха (°С), v – скорость ветра (м/с). Согласно шкале Бодмана, при $S < 1$ зима несуровая, мягкая; 1-2 – зима малосуровая; 2-3 – умеренно суровая; 3-4 – суровая; 5-6 – жестко суровая; 6 – крайне суровая (2). Рассчитывались ежедневные значения индекса суровости погоды по Бодману с октября по апрель для станции Квашнино. Анализ полученных результатов показал, что преобладают мало суровые и умеренно суровые условия погоды, в январе S колеблется от 2,4 до 1,9; умеренно суровые погоды составляют 82%.

Таким образом, на территории Чановского озерной системы имеются относительно благоприятные биоклиматические условия летнего и зимнего периодов, и в целом за год для различных видов рекреации и активного туризма.

Для определения рекреационного потенциала был использован коэффициент рекреационной пригодности водоема (3). Этот коэффициент равен сумме видов рекреационной деятельности на озере и отношения суммарного коэффициента качества рекреационных условий к высшему качеству рекреационных условий: $\sum_{крп} = \sum_{в} + \sum_{кк}/3$, где $\sum_{крп}$ – общий коэффициент рекреационной

пригодности, n - количество видов рекреационной деятельности на данном водоеме, \sum_{kk} - сумма коэффициентов качества видов рекреационной деятельности, 3 - высшее качество рекреационных условий.

Озеро с низким рекреационным потенциалом имеет общий коэффициент рекреационной пригодности меньше 7, акватория с хорошими условиями для отдыха при $\sum_{крп}$ от 7 до 14, и водоем с отличными условиями – от 14 и выше. Так, рекреационный потенциал оз. Большие Чаны рассчитывается по формуле:

$\sum_{крп} = Fs3 + Bo2 + S1 + Fb3 + Hw2 + Ek2 + Ed1$, т.е. на акватории удовлетворительные условия для рыболовства с берега ($Fs3$), хорошие – для прогулок на лодке с веслами ($Bo2$), хорошие – для пляжно-купального отдыха ($S1$), отличные – для рыболовства с лодки ($Fb3$), хорошие – для охоты на водоплавающую птицу ($Hw2$), хорошие – для кайтинга ($Ek2$) и удовлетворительные условия для дайвинга ($Ed1$) соответственно. Коэффициент рекреационной пригодности 12,5. Хорошие рекреационные возможности обусловлены большой озерной площадью, расширяющей количество видов отдыха. Здесь можно обеспечивать такие экстремальные виды отдыха, как кайтинг, серфинг, дайвинг, а также совершать прогулки на катамаранах, весельных и моторных лодках. Длинная береговая линия позволяет удалить друг от друга несовместимые виды отдыха. К главным негативным факторам этого озера можно отнести заболоченные, заиленные берега, недостаточную транспортную доступность.

Суммарный коэффициент рекреационной пригодности оз. Малые Чаны равен 7,9. Таким образом, в целом вся акватория Чановской озерной системы обладает хорошими ($\sum_{крп}$ от 7 до 14) условиями для развития туризма.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Исаев А.А. Экологическая климатология. М.: Научный мир. - 2001. - 458 с.
2. Русанов В.И. Комплексные метеорологические показатели и методы оценки климата для медицинских целей. Томск: Изд-во Том. ун-та. - 1981. - 86 с.
3. Ахматов С. В. Основные положения рекреационной лимнологии // Вестник Томского государственного университета, 2010. – № 333. – С. 169-171.

© О.Г. Невидимова, 2013

РАЙОНИРОВАНИЕ ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ ПО УРОВНЮ ДИСКОМФОРТНОСТИ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ДЛЯ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ НАСЕЛЕНИЯ

Ольга Геннадьевна Невидимова

Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, 634055, Россия, г. Томск, пр. Академический, 10/3, к.г.н., научный сотрудник, тел. (382-2)492223, e-mail: olga-nevidimova@mail.ru

Елена Сергеевна Волкова

Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, 634055, Россия, г. Томск, пр. Академический, 10/3, к.г.н., научный сотрудник, тел. (382-2)492223, e-mail: elevolko@yandex.ru

В статье рассмотрен подход к районированию территории Томской области по природно-климатическим и социально-географическим условиям жизнедеятельности населения. Дается оценка уровня дискомфорта территории.

Ключевые слова: дискомфортность, напряженность климата, социально-географические особенности территории.

THE DISTRIBUTION OF TOMSK OBLAST TO ENVIRONMENT DISCOMFORTABLY FOR HABITATION OF THE POPULATION

Olga G. Nevidimova

Institute of monitoring of Climatic and Ecological Systems SB RAS (IMCES), 634055, Russia, Tomsk, 10/3 Academicheskyy Ave., candidate of geographical science, research officer, tel. (382-2)492223, e-mail: olga-nevidimova@mail.ru

Elena S. Volkova

Institute of monitoring of Climatic and Ecological Systems SB RAS (IMCES), 634055, Russia, Tomsk, 10/3 Academicheskyy Ave., candidate of geographical science, research officer, tel. (382-2)492223, e-mail: elevolko@yandex.ru

An approach to the distribution of Tomsk oblast territory on the climatic and socio-geographical conditions for habitation of the population is analyzed in this article. The estimation of the level of territory discomfortably is taken.

Key words: discomfortably, climate intensity, socio-geographical feature of the territory.

Природные богатства Томской области обширны и разнообразны. И если сырьевая независимость области, позволяющая развивать базовые отрасли экономики, дает ей стратегические преимущества по сравнению с другими территориями, то суровость климата является существенным ограничителем эффективности хозяйственной деятельности и негативно сказывается на устойчивости социума. Поскольку один из основных измерителей устойчивости социума связан с дискомфортом окружающей среды, то предлагаемый подход к районированию территорий включает оценку климатических условий, геогра-

фических, социальных факторов. Уровень дискомфорта территории определяется путем анализа основных факторов среды обитания человека и объединения оценок интегральной напряженности климата, связанной с изменением природно-климатических условий и степени оптимальности природных условий по социально-географическим показателям. Оценивается уровень дискомфорта по пятибалльной шкале.

Как было отмечено в ряде работ (1, 2, и т.д.) интегральный показатель напряженности климата является важным индикатором структурной уязвимости территории от гидрометеорологических явлений, который характеризует степень опасности разрушения функциональных связей между системообразующими компонентами, обеспечивающими целостность и устойчивость конкретной системы – территории. Для определения этого показателя из совокупности природно-климатических условий территории Томской области выделяются те факторы, которые могут быть опасными для населения; путем составления таблиц балльности, используя максимальные показатели проявления этих факторов, оцениваются уровни опасности каждого явления. Показатель напряженности климата выражается в процентах от максимально возможной напряженности и рассчитывается следующим образом:

$NC = \sum_{i=1}^7 \frac{n_i}{7}$, где n_i – коэффициент, со-

ответствующий оценке по семи климатическим факторам: сила ветра – по числу дней в году со скоростью ветра 15 м/с и более; сток талых вод – по условной среднесуточной интенсивности снеготаяния; колебания температур – по максимальной амплитуде на поверхности почвы в апреле (период особой неустойчивости температурного режима); ливни – по максимальному числу дней в году с ливнями; опасность воздействия гроз – по максимальному количеству гроз в году; опасность засух – по максимальному количеству дней в году с влажностью воздуха ниже 30%; низкие зимние температуры – по максимальному числу дней в году с температурой воздуха -35° и ниже. Каждому показателю, в зависимости от количественной характеристики присваивается коэффициент по шкале от 0.1 до 1. Чем выше значение напряженности климата, тем жестче климатические условия.

Анализ степени оптимальности условий выполнялся с позиции классификации Б.Б. Прохорова (3) по совокупности показателей, имеющих для Томской области системное значение: ультрафиолетовая недостаточность, продолжительность отопительного сезона, длительность безморозного периода, средняя температура отопительного периода, сумма активных температур за период со среднесуточной температурой $+10^{\circ}\text{C}$. Степень оптимальности рассчитывалась по формуле

$NG = \sum_{i=1}^5 k_i / 5$, в которой учитывались количественные характеристики анализируемых показателей. Коэффициенты (шкала от 0.1 до 1), соотнесенные с каждым показателем, отражают роль этого показателя в формировании уровня оптимальности природных условий для жизнедеятельности населения.

Проведенные исследования позволили охарактеризовать область как территорию с высоким уровнем дискомфорта и дать пространственные оценки степени дискомфорта. Так, было установлено, что экстремальные климатогеографические условия севера Томской области обуславливают наиболее напряженную ситуацию и высокий показатель дискомфорта окружающей среды. На севере и на юго-западе области наиболее информативным для определения дискомфорта территории является температурный фон. Кроме этого, в южных районах лимитирующими факторами являются дефицит осадков в различные периоды вегетации и интенсивность снеготаяния, вызывающая подтопление хозяйственных объектов талыми водами. Минимальный уровень дискомфорта в Томской области наблюдается в центральной части области. Здесь отсутствие резких колебаний температур в вегетационный период и невысокая частота бурных ветров сглаживают общий неблагоприятный для жизнедеятельности гидрометеорологический фон.

Таким образом, территория Томской области имеет мощный комплекс отрицательных природных факторов, которые непосредственным образом сказываются как на жизнедеятельности проживающего здесь населения, так и на развитии многих отраслей ее хозяйственного комплекса. Кроме прямого действия факторов, лимитирующих возможность нормального существования населения, на социальное развитие значительное влияние имеет климатическая нестабильность. Так, общая тенденция изменения среднегодовой температуры за 1976 - 2006 гг. для территории Томской области характеризуется положительным трендом $0,35^{\circ}\text{C}/10$ лет. Наиболее интенсивным потепление было в северных районах Томской области и на юго-востоке, наименее – в западных районах. Все это существенно сказывается на образе жизни и здоровье населения области и означает, что уровень дискомфорта и его пространственное распределение через некоторое время могут измениться. Предлагаемый подход к оценке уровня дискомфорта окружающей среды позволяет проводить районирование территории при различной вариабельности климатических условий и социальных факторов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Невидимова О.Г., Мельник М.А., Волкова Е.С. Анализ природно-климатических опасностей на территории Томской области для оценки рисков природопользования. – Экология урбанизированных территорий. 2009. №2. - С. 71-77.
2. Невидимова О.Г., Волкова Е.С., Мельник М.А. Природно-климатические особенности территории Томской области с позиции безопасности жизнедеятельности. - Естественные и технические науки. – 2010. - №1(45).- С. 241-245.
3. Прохоров Б.Б. Экология человека: социально-демографические аспекты. М.: Наука. - 1991.- 112 с.

© О.Г. Невидимова, Е.С. Волкова, 2013

ДЕСТРУКЦИЯ РАСТИТЕЛЬНОГО ВЕЩЕСТВА В ЛЕСОТУНДРЕ

Нина Петровна Миронычева-Токарева

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт почвоведения и агрохимии Сибирского отделения Российской Академии наук, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Ак. Лаврентьева, 8/2, кандидат биологических наук, заведующая лабораторией биогеоценологии;

Сибирская государственная геодезическая академия, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, тел. (383)3610886, e-mail: nina@issa.nsc.ru

Наталья Павловна Косых

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт почвоведения и агрохимии Сибирского отделения Российской Академии наук, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Ак. Лаврентьева, 8/2, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, e-mail: npkosykh@mail.ru

Наталья Геннадьевна Корнатовна

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт почвоведения и агрохимии Сибирского отделения Российской Академии наук, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Ак. Лаврентьева, 8/2, кандидат биологических наук, научный сотрудник, тел. (383) 363 90 18, e-mail: coronat@mail.ru

Проведенные экспериментальные исследования по разложению растительного вещества в лесотундре показали, что разложение в активном 30-сантиметровом слое торфа замедленно. Сфагновые мхи являются наиболее устойчивыми к разложению - потери сухого вещества составили 6-11%. Потери массы сосудистых растений колеблются в пределах от 15 до 27%. В среднем в экосистеме плоскобугристого болота потери углерода составили 14%. Относительные потери азота в растительных остатках превышают потери углерода в 3-5 раз. При разложении корней вересковых кустарничков и мочажинного мха *Sphagnum balticum* азот теряется медленнее, чем углерод. Относительные потери фосфора для листьев и корней *Chamaedaphne calyculata*, *Ledum decumbens* и *Sphagnum balticum* в 1.5-2.6 раза больше, чем потери углерода. Наиболее подвижными из зольных элементов оказались натрий и калий.

Ключевые слова: Деструкция, растительное вещество, сфагновые мхи, травы, кустарнички, азот, углерод.

DECOMPOSITION OF PLANT BIOMASS IN FOREST-TUNDRA SUBZONE

Nina P. Mironycheva-Tokareva

Institute of Soil Science and Agrochemistry SB RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, 8/2 Akademician Lavrentjev, Ph.D., Head of Biogeocenology Laboratory, Department of Ecology and Nature Management;

Siberian State Academy of Geodesy, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., tel. (383)3610886, e-mail: nina@issa.nsc.ru

Natalya P. Kosykh

Institute of Soil Science and and Agrochemistry SB RAS, Russia, 630090, Novosibirsk, 8/2 Akademician Lavrentjev, Ph.D., senior research scientist, e-mail: npkosykh@mail.ru

Natalia G. Koronatova

Institute of Soil Science and Agrochemistry, Siberian Branch of Russian Academy of Sciences, 630090, Russia, Novosibirsk, Ac.Lavrentyev st., 8/2, PhD, research associate, tel. (383) 363 90 18, e-mail: coronat@mail.ru

Global warming leads to permafrost degradation, increasing of peat degradation and changing of balance parameters of macroelements. The experimental researches on plant matter decomposition reveal that decomposition in 30-cm top layer is slower than in forest tundra subzone. Due to their chemical composition *Sphagnum* mosses are the most stable to decomposition – dry matter losses were 6-11%. Losses of vascular plants mass ranged from 15 to 27%. Average loss of carbon in tundra ecosystem was 14%.

Comparative nitrogen loss in plant remains was 3-5 times higher than carbon loss. During the dwarf shrubs and *Sphagnum balticum* decomposition loss is slower than carbon loss. Comparative phosphorus loss during foliage, dwarf shrub roots and *Sphagnum balticum* decomposition 1.5-2.6 times higher than carbon loss. Sodium and potassium are the most mobile elements among ash elements.

Key words: decomposition, the plant matter, sphagnum mosses, shrubs, grasses, carbon, nitrogen.

Развитие инфраструктуры газодобывающей промышленности на севере Западной Сибири вызывает нарушение естественного растительного покрова лесотундровых экосистем. Нарушении лишайникового покрова, который в естественных экосистемах отражает значительную долю солнечного тепла, вызывает протаивание вечной мерзлоты и образование термокарстовых понижений и озер. Оттаивание мерзлого слоя плоскобугристых болот способствует усилению процессов разложения торфяного слоя и, как следствие, к увеличению выброса в атмосферу углеродсодержащих газов – углекислого газа и метана. Увеличение в атмосфере концентраций этих газов, являющихся парниковыми, способствует потеплению климата на нашей планете. Стационарные исследования современных скоростей продукции и деструкции на болотах лесотундры необходимы для индикации процессов изменения климата.

Целью данной работы было выявление характера процессов разложения доминантных видов растений в экосистеме плоскобугристого болота, в лесотундре.

Район исследования располагается в пределах водораздела рек Надым и Ныда (район п. Пангоды). Среднегодовая температура местности -6.6°C, годовая сумма осадков 430 мм. Пробная площадь включает две экосистемы – плоские мерзлые бугры и талые мочажины. Кустарничково-сфагново-лишайниковые плоские бугры имеют высоту 40 см от поверхности мочажин, достигают от 50 до 100 м в ширину, очертания бугров сильно извилистые. Поверхность плоских бугров неровная, с большим количеством микропонижений различной глубины, часто имеющих форму трещин. В таких трещинах термокарстового происхождения наблюдается близкое залегание минерального грунта к поверхности. Глубина залегания вечной мерзлоты в летнее время колеблется от 30 до 50 см ниже поверхности мхов и лишайников. Кустарничковый ярус

на вершинах плоских бугров редко поднимается выше 10 см от лишайникового покрова, как бы прячась в него, лишь в понижениях и на склонах бугров мощные стелющиеся побеги *Ledum decumbens* (Ait.) Lodd. ex Steud. и *Betula nana* L., являющихся доминантами этого яруса, достигают 30 см в высоту. Общее проективное покрытие кустарничков составляет 20%. Травяной ярус образован в основном *Rubus chamaemorus*, которая дает 10% проективного покрытия, изредка встречаются *Eriophorum vaginatum*. и *Carex globularis*. В мохово-лишайниковом покрове лишайники занимают господствующее положение и по величине проективного покрытия, на них приходится 70%, и по числу видов. Доминантами здесь являются *Cladonia stellaris*, *Cl. stygia* и *Cetraria nivalis*. Из мхов наибольшим обилием обладает *Sphagnum fuscum*., он занимает 20% покрытия и растет в небольших микропонижениях. В термокарстовых просадках наблюдается совсем другой набор мхов – *Sphagnum balticum*, *S. compactum* и *Warnstorfia fluitans*.

Мочажины в плоскобугристом комплексе имеют удлиненную зигзагообразно изогнутую форму, достигая 50 м в длину и 15-20 м в ширину. За вегетационный период мочажины оттаивают на глубину более 1 м. Здесь можно встретить те же кустарнички, что и на буграх, только в угнетенном состоянии и в малом обилии. Травяной ярус представлен в основном *Eriophorum russeolum* Fries с проективным покрытием до 10%, присутствуют также *Carex rotundata* Wahlenb. и *Rubus chamaemorus*. В моховом покрове доминирует *Sphagnum balticum*. При продвижении к центру мочажины наблюдается приближение уровня болотной воды к поверхности, исчезновение кустарничков, преобладание *Carex rotundata* в травяном ярусе, который в свою очередь становится более редким (5-7% проективного покрытия). В моховом покрове тоже происходят изменения – преобладающими видами становятся *Sphagnum lindbergii* и *Warnstorfia fluitans*. Осоково-сфагновые сообщества могут полностью занимать центральные части мочажин или же только окаймлять полосой открытую водную поверхность, находящуюся в самом центре мочажины. Как правило, большое количество свободной воды не стоит долго на одном месте, а медленно перетекает или в нижележащие мочажины или в крупные озера. Тогда поверхность торфа недавно освободившегося от воды начинает заселяться сначала осокой, а затем и мхами. Торф в таких мочажинах жидкий и обладает высокой степенью разложения. Поселившиеся сфагновые мхи находятся в крайне угнетенном состоянии.

Деструкция изучалась у 2 видов кустарничков, 3 видов трав, 3 видов сфагновых и 2 видов гипновых мхов, 3 видов лишайников (всего 13 видов).

Болотные растения, использовавшиеся в нашем эксперименте, по химическому составу можно разделить на 3 группы. К первой группе относятся сфагновые мхи и лишайники. Они имеют низкую зольность (0.9-1.7%) и весьма бедны азотом и фосфором. Соотношения C:N и C:P велики и неблагоприятны для атаки микроорганизмами и беспозвоночными (табл. 1). Ко второй группе принадлежат кустарнички и травы. Содержание зольных элементов в их листьях 3.3-3.5%, в корнях кустарничков немного меньше – 2.6%, также эта группа

отличается повышенным содержанием N, P и Ca по сравнению со сфагновыми мхами. Соотношения C:N и C:P листьев кустарничка *Chamaedaphne calyculata* равны 65 и 457, соответственно, что существенно меньше, чем у сфагновых мхов.

Третью, резко контрастирующую группу составляют гипновые мхи, содержание золы в них 18.5%. Соотношения C:N и C:P у гипновых мхов являются наименьшими, что свидетельствует о большей доступности для разложения.

Потеря в весе сухой массы листьев кустарничков *Chamaedaphne calyculata* и *Ledum decumbens* за год на поверхности мохово-лишайникового покрова бугров составила от начального веса 17% и 14% соответственно (табл.2. Ветошь осоки *Carex globularis* разложилась за год на 15%. Сходные потери за год (18%) имели и корни кустарничков при разложении в активном (0-30 см) торфяном слое бугра. Быстрее других растений на буграх разлагались листья и корневища морошки *Rubus chamaemorus* – за год они потеряли четвертую часть от исходной массы. Ветошь осоки *Carex limosa* закладывали в мочажине, снижение массы при ее разложении на поверхности мохового покрова в течение года составило 20%.

Сфагновые мхи разлагаются медленнее, чем другие исследованные растения. *Sphagnum fuscum* разложился в торфяном слое бугра за год на 8%, потери *Sphagnum balticum* и *Sphagnum papillosum* в торфяном слое мочажин составили 6-11%. С одинаковой скоростью в торфе бугров и мочажин разлагались лишайники – в среднем 14% потерь от исходного веса за год.

Для сравнения был привезен очес двух видов гипновых мхов из ефтрофного болота в южной тайге и заложен в олиготрофные условия мочажины плоскобугристого болота. За год гипновые мхи потеряли 30-35% от исходного веса.

При сравнении величин потерь при разложении на плоскобугристом болоте в зоне лесотундры и верховом болоте в подзоне средней тайги, в общем можно сказать, что в средней тайге разложение растительных остатков происходило быстрее, чем в лесотундре. Наблюдалась существенная разница в величине потерь для различных фракций растительного вещества. Листья кустарничков и ветошь трав в лесотундре разлагались медленнее лишь на 3-5%, корни кустарничков – на 7%, а потери корней осок на 20% меньше, чем в средней тайге. В три раза медленнее разлагался в лесотундре очес мхов и в два раза остатки лишайников на повышенных элементах рельефа болотных систем. Потери очеса мочажинных мхов в лесотундре меньше на 3-4%.

Подвижность макроэлементов при разложении растительных остатков уменьшается в ряду Na, K, Ca, Mg, N, P, C. Потери Na за год разложения составили 78%, K – 67%, Ca – 54%, Mg – 36%, N – 26%, P – 25% и C – 14%. У корней кустарничков, ветоши осоки и очеса мхов потери зольных элементов в 1.5-2 раза больше, чем потери органического вещества. В то время как у листьев кустарничков органическая и минеральная части разлагались почти равномерно.

Изменения соотношений C:N и C:P в растительных остатках 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 (табл.1).

Соотношение C:P у большинства проанализированных остатков растений увеличивалось, исключение составили очес *Sphagnum fuscum* и гипновых мхов. Относительные потери фосфора для листьев и корней кустарничков и *Sphagnum balticum* в 1.5-2.6 раза больше, чем потери углерода.

Таблица 1

Изменение соотношений C:N и C:P в растительных остатках при разложении в течение года

Рас- тения и их фрак- ции	C:N		C:P	
	в ис- ходных образцах	по- сле раз- ложения	в ис- ходных образцах	по- сле раз- ложения
<i>Chamaedaphne calyculata</i>				
ли- стья	65	105	457	684
кор- ни	108	95	848	886
<i>Sphagnum fuscum</i>				
очес	157	219	1268	1220
<i>Sphagnum balticum</i>				
очес	174	162	1104	1234
Гипновые мхи				
очес	54	65	51	47

Таким образом, в активном 30-сантиметровом слое торфа в болотных экосистемах лесотундры растительные остатки разлагаются медленнее, чем на сухих участках. Благодаря своему химическому составу сфагновые мхи являются наиболее устойчивыми к разложению растениями, потери сухого вещества составили 6-11%. Потери массы сосудистых растений колеблются от 15 до 27%. В среднем в экосистеме плоскобугристого болота потери углерода составили 14%. Наиболее подвижными из зольных элементов оказались натрий и калий.

Подвижность макроэлементов при разложении растительных остатков уменьшается в ряду Na, K, Ca, Mg, N, P, C. Потери Na в экосистеме плоскобугристого болота в среднем за год разложения составили 78%, K – 67%, Ca – 54%, Mg – 36%, N – 26%, P – 25% и C – 14%.

У корней кустарничков, ветоши осоки и очеса мхов потери зольных элементов в 1.5-2 раза больше, чем потери органического вещества. В то время как

у листьев кустарничков органическая и минеральная части разлагались почти равномерно.

© Н.П. Мироньчева-Токарева, Н.П. Косых, Н.Г. Коронатова, 2013

САНИТАРНО-ГИГИЕНИЧЕСКИЕ РИСКИ ОТ ПЕРВИЧНОГО И ВТОРИЧНОГО ВЕТРОВОГО СНОСА ПЕСТИЦИДНЫХ ВЕЩЕСТВ ПРИ РАЗНЫХ МЕТОДАХ ИХ ПРИМЕНЕНИЯ

Юрий Николаевич Самсонов

Институт химической кинетики и горения СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, ул. Институтская, 3, кхн, старший научный сотрудник лаборатории дисперсных систем, тел. (383)333-07-87, e-mail: samsonov@kinetics.nsc.ru

Валерий Иванович Макаров

Институт химической кинетики и горения СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, ул. Институтская, 3, кхн, заведующий лабораторией дисперсных систем, тел. (383)333-07-87, e-mail: makarov@kinetics.nsc.ru

Загрязнение окружающей среды пестицидами является неизбежным фактором при химической защите агрокультур. В статье представлены количественные и качественные оценки первичного и вторичного ветрового сноса пестицидных веществ за пределы обрабатываемых полей при разных методах их применения. Оценки основаны на собственных экспериментальных данных и на полуэмпирических количественных соотношениях, с использованием компьютерного моделирования распространения пестицидных аэрозолей и мелких капель в приземной атмосфере. Рассчитаны первичные дозы аэрозольного пестицидного вещества и вторичные дозы пестицидных паров, могущих попадать в органы дыхания людей, находящихся за пределами обрабатываемых полей.

Ключевые слова: пестицидное загрязнение, окружающая среда, ветровой снос пестицидных веществ.

SANITARY-AND-HYGIENIC RISKS OF PRIMARY AND SECONDARY WIND DRIFTS OF PESTICIDE CHEMICALS AFTER DIFFERENT METHODS OF PESTICIDE APPLICATION

Yuri N. Samsonov

Institute of Chemical Kinetics and Combustion, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, 630090, Russia, Novosibirsk, Institutskaja st., bldg. 3, Ph.D, senior researcher of Laboratory of Dispersal Systems, tel. (383)333-07-87, e-mail: samsonov@kinetics.nsc.ru

Valeri I. Makarov

Institute of Chemical Kinetics and Combustion, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, 630090, Russia, Novosibirsk, Institutskaja st., bldg. 3, Ph.D, Head of Laboratory of Dispersal Systems, tel. (383)333-07-87, e-mail: makarov@kinetics.nsc.ru

Environmental contamination by pesticides is an inevitable aftermath of plant protection. The qualitative and quantitative estimations are presented on the primary and secondary wind drifts of pesticide chemicals outside the agricultural lands under treatments after different methods of pesticide application. The experimental data and the semi-empirical relationships are used in the computer models to simulate a wind propagation of pesticide aerosols and tiny droplets in the near-land air. Both the primary dose of particulate pesticide matter and the secondary dose of pesticide vapours are estimated, which can penetrate the human breathing organs outside the agricultural fields under treatments.

Key words: pesticide contamination, environment, wind drift of pesticide pollutants.

Введение

Загрязнение окружающей среды пестицидами является неизбежным фактором применения химических пестицидов для защиты растений. Полное количество пестицидных химикатов, используемых в мировом сельском хозяйстве, оценивается в 1-2 млн. тонн ежегодно. Пестициды используются для борьбы с вредными насекомыми сельскохозяйственных и лесных растений, против комаров и насекомых-переносчиков болезней (малярия, клещевой энцефалит), против болезней агрокультур, против сорняков на полях. Технологии применения пестицидных препаратов заключаются в том, что некое техническое устройство (генератор аэрозольных частиц, наземный опрыскиватель) движется вдоль или непосредственно по обрабатываемому полю, диспергируя пестицидный препарат на частицы (капли) тех или иных дисперсных размеров. Часть образовавшихся частиц (обычно самых малых по размерам, 1-10 мкм) переносится приземным ветром на значительные расстояния (несколько километров), и они рассеиваются в атмосфере. Однако большая часть частиц (капель) осаждается на листьях растений на обрабатываемом поле, растекается по их поверхности, формируя остаточные «пятна» («пленки») пестицидного вещества.

Пестицидное вещество, сносимое ветром за пределы обрабатываемого поля непосредственно в момент обработки, называется *первичным ветровым сносом*. *Вторичный ветровой снос* связан с образованием вышеупомянутого осадка пестицидного вещества на поверхности растений в пределах поля. Это вещество затем постепенно испаряется, формируя над полем слой воздуха, смешанного с пестицидными парами. Под действием приземного ветра загрязненный воздух будет сноситься на пределы поля. Как первичные, так и вторичные сносы пестицидных веществ могут приводить к экологическим и санитарно-гигиеническим (медицинским) рискам, так они могут попадать в органы дыхания людей и животных, находящихся за пределами обрабатываемых полей. Количества (концентрации) сносимых пестицидных веществ зависят от методов пестицидного применения (метод наземного опрыскивания или аэрозольная технология), от удельного расхода пестицидного вещества (в расчете на 1 га обработанного поля), от метеофизического состояния приземной атмосферы (дневные и ночные температуры) в момент обработки и в последующие дни, от физико-химических свойств пестицидного вещества (например, летучесть при разных температурах). В данной статье представлены количественные и качественные оценки первичных и вторичных выносов пестицидных веществ при двух типичных методах их применения, оценены потенциальные санитарно-гигиенические опасности этих выносов для людей.

Технические методы применения пестицидов

Способы использования пестицидных препаратов рассмотрим на примере *инсектицидов контактного типа*, предназначенных для борьбы с вредными

насекомыми, живущими и ползающими на листьях защищаемых агрокультур. Первый способ основан на том, что жидкий инсектицидный препарат диспергируется на капли с помощью *опрыскивателя*, который челночным образом движется по обрабатываемому полю, сдвигаясь при каждом проходе на 15-25 м. Размеры капель весьма большие, 50-300 мкм по диаметру, которые растекаются по поверхности листьев и формируют пленки («пятна») инсектицидного вещества. Эти «пленки» затем оказывают требуемый биологический эффект (гибель) на вредные насекомые при их ползании по листьям. На челночном способе работы основаны как наземные опрыскиватели (пневматическое дробление пестицидной жидкости струей сжатого воздуха, опрыскиватели штангового типа), так и самолетные опрыскиватели, используемые преимущественно для обработок лесных массивов. Другой способ, называемый Оптимальной Аэрозольной Технологией применения инсектицидов, основан на удивительном аэродинамическом явлении преимущественного осаждения аэрозольных частиц особых (*оптимальных*) размеров именно на телах (усиках, щетинках, лапках) насекомых, но не на листьях растений. Для этого специальный аэрозольный агрегат ГРД (генератор с регулируемой дисперсностью частиц) при быстром движении по наветренному краю поля (т.е. примерно перпендикулярно направлению ветра) диспергирует необходимое количество инсектицидной жидкости, формируя длинную аэрозольную волну (облако) вдоль края поля. Эта волна перемещается с ветром к дальнему подветренному краю, при этом инсектицидные частицы эффективно осаждаются именно на целевых (вредных) насекомых, приводя их к гибели. Ширина эффективного воздействия аэрозольного облака, состоящего из частиц с оптимальной дисперсностью, достигает 1-2 км от линии прохода ГРД. Это позволяет проводить инсектицидные обработки при движении ГРД непосредственно по дороге вдоль поля, т.е. без заезда на поле.

Первичные сносы при оптимальном аэрозольном способе и опрыскивании

В данном разделе оценена *удельная ингаляционная доза пестицидного вещества* $D(x, z_0, d, Q, u(z))$, которая может попасть в органы дыхания человека, находящегося в момент аэрозольной обработки на расстоянии x от линии прохода аэрозольного агрегата ГРД и дышащего загрязненным пестицидными аэрозолями воздухом во время прохождения аэрозольной волны через точку x :

$$D(x, z_0, d, Q, u(z)) = 10^3 \cdot \left(\int_0^T C(x, z_0, d, Q, u(z), t) \cdot dt \right) \cdot (L/M) = 10^3 \cdot (L/M) \cdot J(x, z_0, d, Q, u(z))$$

Доза $D(x, z_0, d, Q, u(z))$, нормированная на массу тела человека (мг кг^{-1}), зависит от расстояния x (м) от линии прохода ГРД, от высоты органа дыхания человека z_0 (1.6 м в данных расчетах), от размеров аэрозольных частиц d (мкм), от мощности диспергирования пестицидного вещества при движении ГРД,

выраженной через т.н. линейный расход пестицида Q (10 г м^{-1} в расчетах), от профиля скорости $u(z)$ приземного ветра по высоте (м сек^{-1}), зависящего, в свою очередь, от характера обрабатываемой растительности. Величины L и M – объемная скорость дыхания человека ($\text{м}^3 \text{сек}^{-1}$) и его вес (кг), соответственно. Хотя по отдельности величины L и M могут сильно варьироваться для людей разных кондиций и возрастов, их отношение L/M изменяется незначительно ($L/M = 5.5 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3 \text{сек}^{-1} \text{ кг}^{-1}$ использовано в расчетах). Численный коэффициент 10^3 введен для согласования размерностей вышеуказанных параметров.

Величина $J(x, z_0, d, Q, u(z)) = \int_0^T C(x, z_0, d, Q, u(z), t) \cdot dt$ называется импульсом

концентраций или интегральной концентрацией, т.е. проводится интегрирование переменной по времени концентрации аэрозольного облака $C(x, z_0, d, Q, u(z), t)$ по периоду T его прохода через точку (x, z_0) . Эта величина может быть рассчитана численными методами с помощью уравнений турбулентной диффузии (ветрового переноса) аэрозольных примесей в приземном атмосферном слое. На рисунках 1 и 2 показаны переменные по времени профили концентрации, а также интегральные концентрации J (значения в скобках) на разных расстояниях от линии хода ГРД (0.5, 1, 2 и 4 км) для аэрозольных частиц с диаметрами 6 и 20 мкм (пунктирная кривая на рис. 1 – экспериментальные данные, измеренные на дистанции 500 м).

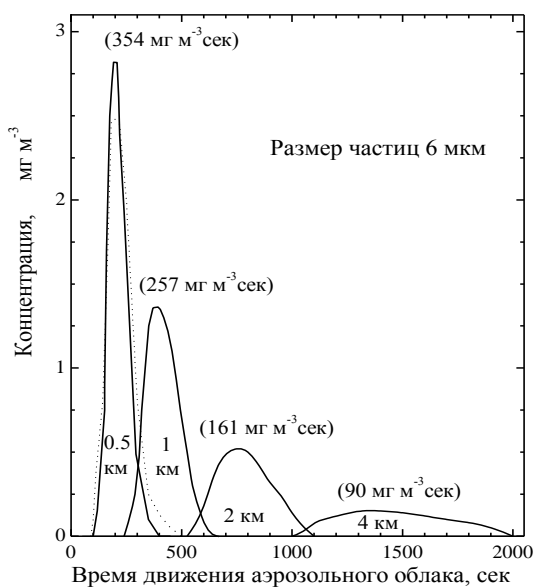


Рис. 1. Переменная во времени концентрация пестицидного вещества на разных расстояниях от линии хода ГРД

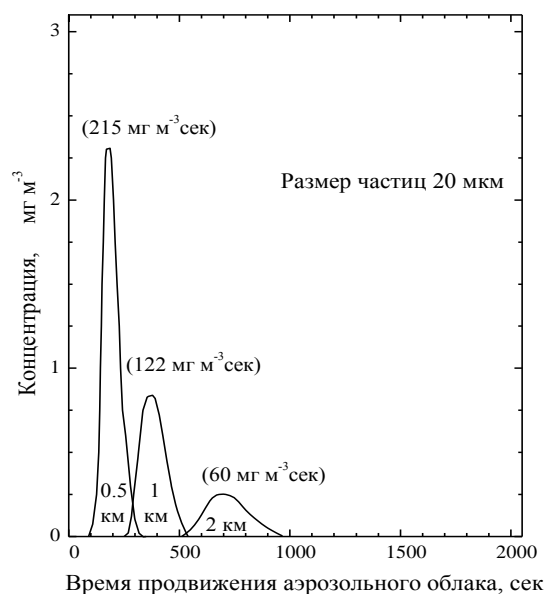


Рис. 2. Переменная по времени концентрация пестицидного вещества на разных расстояниях от линии хода ГРД

В таблице показаны дозы вдыхаемого пестицида на разных расстояниях от линии хода ГРД, как в пределах типичного поля (1000 м и менее), так и за его пределами (свыше 1000 м). Там же приведены справочные данные по допустимым (ежесуточным) дозам для нескольких видов пестицидов. Как

можно видеть, в большинстве случаев ингаляционные дозы при использовании аэрозольного метода не превышают допустимых значений, по крайней мере, за пределами обрабатываемого поля шириной 1 км. Что касается ингаляционных доз при использовании традиционных методов опрыскивания, то их расчеты показывают, что они также существенно ниже допустимых величин. Можно сделать вывод, что первичные ветровые сносы пестицидного вещества при современных технологиях применения пестицидов и для современных видов пестицидных препаратов не превышают допустимых уровней безопасности.

Размеры аэрозолей мкм	Расстояние от линии прохода ГРД, м					
	50	100	200	500	1000	2000
	Удельная ингаляционная доза пестицида, мг кг ⁻¹					
6	0.7	1.3	2.1	2.0	1.4	0.85
20	0.45					
	0.75	1.7	2.0	1.1	0.7	0.33
Допустимые суточные дозы (мг кг ⁻¹): methyl parathion 1; fenitrothion 3; cypermethrin 3; permethrin 35; fenvalerate 20; propiconazole 40; phosalon 6; malathion 20						

Вторичные ветровые сносы

Вторичный вынос пестицида за пределы поля связан с испарением пестицидного вещества и последующим выносом паров за пределы поля. Скорости испарения и, соответственно, пестицидные концентрации зависят от летучести пестицида, от ночных и дневных температур воздуха, и от метеофизического состояния (день-ночь) приземного слоя атмосферы. На рисунке 3 показаны концентрации паров инсектицида метафос (methyl parathion) на разных расстояниях от подветренной границы обработанного пшеничного поля шириной 2 км. Видим, что концентрации паров после метода опрыскивания намного превышают допустимые ПДК, после аэрозольных обработок вторичный снос изначально не превышает ПДК. Это объясняется тем, что при оптимальных аэрозольных обработках расход инсектицида в расчете на 1 га поля снижается в 2-5 раз по сравнению с обычными методами опрыскивания, а количества осажденного на растениях пестицида снижается в 10-20 раз. Это выражается в экономической эффективности (экономия дорогостоящих пестицидных препаратов) и в благоприятных экологических последствиях из-за снижения пестицидной нагрузки на окружающую среду.

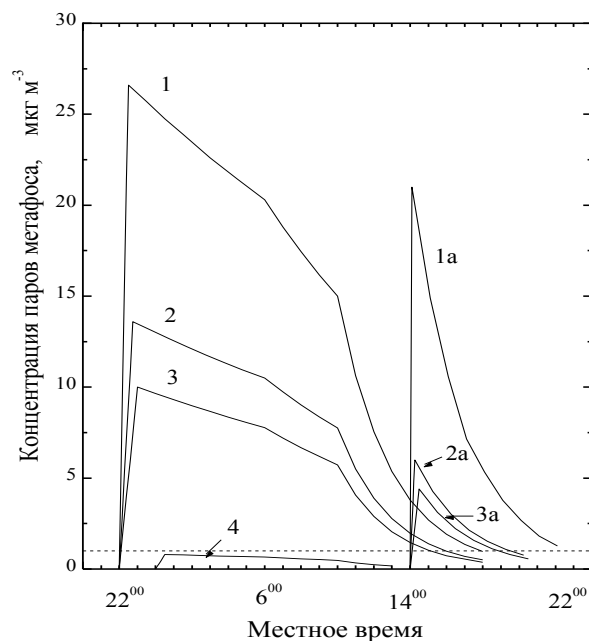


Рис. 3. Концентрации паров метилпаратиона ($z_0 = 1.6$ м) на разных дистанциях от подветренного края поля после ночного (кривые 1- 3) и дневного (1а-3а) опрыскивания, ночной аэрозольной обработки (4). Дистанции: 1 и 1а – непосредственно на подветренной границе поля; 2 и 2а – 1 км от границы; 3 и 3а – 2 км от границы. Пунктирная линия – предельно допустимая среднесуточная концентрация (1 мкг м^{-3} для метафоса)

© Ю.Н. Самсонов, В.И. Макаров, 2013

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СКОРОСТИ СЕДИМЕНТАЦИИ ПЫЛЬЦЕВЫХ ЧАСТИЦ РАСТЕНИЙ, ПРОИЗРАСТАЮЩИХ В ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Владимир Викторович Головко

Институт химической кинетики горения СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, ул. Институтская 3, к. б. н, ведущий инженер, тел.: (383)-333-34-99, e-mail: golovko@ns.kinetics.nsc.ru

Вячеслав Лазаревич Истомин

Институт гидродинамики им. Лаврентьева, СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Лаврентьева, 15, д. т. н., г. н. с., тел.: (383)333-1938, e-mail: istomin@hydro.nsc.ru

Константин Петрович Куценогий

Институт химической кинетики горения СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, ул. Институтская 3, д. ф.-м. н., г. н. с., тел. (383)-333-37-53, e-mail: koutsen@ns.kinetics.nsc.ru

Излагаются результаты определения аэродинамических характеристик 6 видов растений Западной Сибири. Определены скорость седиментации как одиночных пыльцевых зерен, так и их агломератов. Для всех исследованных видов растений вычислены их аэродинамические диаметры.

Ключевые слова: седиментация, пыльцевые зерна, агломераты, скорость, аэродинамический диаметр, несферические частицы.

DETERMINATION OF THE SEDIMENTATION RATE OF POLLEN PARTICULATES OF THE PLANTS GROWING IN WESTERN SIBERIA.

Vladimir V. Golovko

Institute of Chemical Kinetics and Combustion SB RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, Bldg.3 Institutskaya st., tel. 8(383)3333499, e-mail: golovko@kinetics.nsc.ru

Vyacheslav L. Istomin

Institute of Hydrodynamics SB RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, Bldg. 15 Lavrent'ev avenue, tel. 8(383)3331938, e-mail: istomin@hydro.nsc.ru

Konstantin P. Koutsenogii

Institute of Chemical Kinetics and Combustion SB RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, Bldg.3 Institutskaya st., tel. 8(383)3333753, e-mail: koutsen@kinetics.nsc.ru

Results of determination of aerodynamic characteristics of 6 Western Siberian plants are reported. The sedimentation velocities of single pollen grains and their agglomerates were determined. The data obtained were used to calculate the aerodynamic diameters of pollen grains of all investigated plants.

Key words: sedimentation, pollen grains, agglomerate, rate, aerodynamic diameter, non-spherical particles.

Перенос пыльцы растений в атмосфере вызывает сезонные вспышки аллергии у людей, приводит к генетическому обмену между удаленными популя-

циями, обуславливая пылецовое «загрязнения» семенных питомников, распространение устойчивости к гербицидам в популяциях сорняков [1-4]. Расстояние, на которое уносится пыльца, тесно связано со временем, в течение которого она может парить в воздухе: чем оно больше, тем дальше ее может занести. Последнее определяется размерами взвешенных в воздухе частиц. Оценка размера содержащейся в воздухе пыльцы – сложная задача. Литературные данные о размерах ацетоллизированной пыльцы пригодны лишь для приблизительных оценок из-за изменения линейных размеров пыльцы при ацетоллизной обработке и высыхания пылецовых зерен (ПЗ) при попадании в атмосферу. Методы стереофотограмметрической обработки изображений и конфокальной сканирующей лазерной микроскопии позволяют оценить объемы индивидуальных ПЗ, однако при оценке объема встречающихся в воздухе агломератов, состоящих двух или более ПЗ, возникают существенные затруднения. Т.о., оптимальным для оценки дальности переноса пылецовых частиц анемофильных растений и эффективности их оседания на опыляемые растения представляется аэродинамический диаметр, определяемый по их скорости седиментации

Сложная форма ПЗ, деформация их при высыхании, наличие агломератов из двух или большего количества ПЗ крайне затрудняют теоретические расчеты скорости седиментации переносимой по воздуху пыльцы. В связи с этим, скорость седиментации ПЗ определяется экспериментально с помощью разного вида седиментометров [4, 5]. До настоящего времени не описаны скорости седиментации ПЗ большинства видов растений, не определены зависимости скоростей седиментации агломератов от количества составляющих их ПЗ [6].

Основными целями работы были: 1) исследование агрегатного состава пылецового аэрозоля, образующегося при распылении пыльцы кукурузы, пихты сибирской, клена ясенелистного, ореха манчжурского, облепихи крушиновидной, дуба черешчатого; 2) экспериментальное исследование скоростей седиментации ПЗ и их агломератов шести видов растений, произрастающих на территории Западной Сибири; 3) определены эквивалентных диаметров оседающих частиц..

Скорость седиментации ПЗ в неподвижном воздухе определялась по времени, необходимому для их оседания от вершины до дна вертикального цилиндра. Для измерения скорости седиментации пыльцы использовалась установка, разработанная в СО РАН и апробированная при определении скоростей седиментации спор. Схема установки, методика проведения эксперимента и расчета скорости седиментации пылецовой частицы были подробно изложены ранее [7].

Подсчет под микроскопом позволяет определить число ПЗ в агломерате, а также количество агломератов, состоящих из различного числа ПЗ, осевших на подложку. При этом у достаточно легко распознавались агломераты, содержащие до 6 ПЗ. Доля агломератов из 7 или большего количества ПЗ, точный состав которых определить удавалось не всегда, составляла приблизительно 2-3 % от общего числа уловленных частиц. Скорости седиментации подобных агломератов не вычислялись.

В таблице 1 приводятся данные о доле агломератов от общего числа частиц, осевших на подложки; доле ПЗ в составе агломератов из двух или большего количества зерен, от общего количества ПЗ. При распылении навесок пыли в седиментометре пылевые агломераты составляют от 33,3 (кукуруза) до 44,8% (орех манчжурский) от общего количества образующихся частиц, при этом в их состав входит от 60,4 до 72,3% распыленных ПЗ.

Таблица 1

Вклад агломератов ПЗ в количество частиц, осевших на подложку и доля ПЗ в составе агломератов от общего числа осевших ПЗ

Видовое название	Доля агломератов из двух или более ПЗ от общего количества осевших частиц, %	Доля ПЗ в составе агломератов из двух или более ПЗ от общего количества осевших ПЗ, %
Кукуруза	33,3	60,4
Пихта сибирская	41,5	70,6
Клен ясенелистный	42,0	70,6
Орех манчжурский	44,8	72,3
Облепиха крушиновидная	37,5	66,7
Дуб черешчатый	40,5	69,9

Для индивидуальных частиц и для агломератов наблюдается заметный разброс скоростей седиментации. Количества подсчитанных агломератов (j – от 1 до 6), среднегеометрические значения и среднегеометрические отклонения их скоростей седиментации шести видов западносибирских растений приведены в таблице 2. С увеличением размера агломератов наблюдается уменьшение числа частиц. При этом именно у них отмечены максимальные стандартные геометрические отклонения скорости седиментации. Видимо, это связано с варьированием размеров индивидуальных ПЗ и наличием некоторого числа abortивных ПЗ, что приводит к разбросу скоростей оседания. С ростом числа ПЗ в агломерате эти факторы, вероятно, взаимно компенсируются, а сам агломерат становится более симметричной фигурой. В результате разброс значений скоростей седиментации при оседании уменьшается.

Скорость оседания агломерата возрастает с увеличением количества составляющих его частиц. Ранее нами было показано, что скорости седиментации агломератов в зависимости от числа частиц в агломерате хорошо аппроксимируются степенной зависимостью, построенной методом наименьших квадратов. Аппроксимационные зависимости строились из предположения, что:

$$\bar{V}_j = \bar{V}_1 j^\alpha, \quad \text{для } 1 \leq j \leq 6 \quad (5)$$

где \bar{V}_j – средняя скорость агломерата состоящего из j частиц, \bar{V}_1 – средняя скорость единичного зерна.

Для исследуемых нами растений полученные данные можно аппроксимировать эмпирическими зависимостями, предложенные в таблице 3.

Таблица 2

Результаты определения скоростей седиментации ПЗ и их агломератов шести видов растений

j		Кукуруза	Пихта сибирская	Клен ясенелистный	Орех манчжурский	Облепиха крушиновидная	Дуб черешчатый
j=1	Число агломератов	5409	2862	17426	17625	39662	21560
	\bar{V}_j , см/с	22,6	6,2	2,3	4,1	2,3	2,7
	σ_g	1,5	1,4	1,3	1,6	1,4	1,4
j=2	Число агломератов	1420	916	5571	6616	10682	5921
	\bar{V}_j , см/с	27,2	7,8	3,0	5,7	3	3,6
	σ_g	1,4	1,3	1,3	1,5	1,3	1,4
j=3	Число агломератов	573	424	2894	3132	5081	3168
	\bar{V}_j , см/с	29,6	9	3,5	6,8	3,4	4,1
	σ_g	1,3	1,3	1,2	1,4	1,3	1,2
j=4	Число агломератов	306	248	1595	1987	3084	1939
	\bar{V}_j , см/с	32,8	10,1	3,8	7,6	3,7	4,6
	σ_g	1,4	1,3	1,2	1,4	1,3	1,3
j=5	Число агломератов	159	184	992	1114	1944	1325
	\bar{V}_j , см/с	34,7	11	4	8	3,9	4,8
	σ_g	1,4	1,2	1,2	1,4	1,3	1,3
j=6	Число агломератов	100	106	714	694	1304	950
	\bar{V}_j , см/с	37,2	11,5	4,2	8,6	4,1	5,2
	σ_g	1,3	1,2	1,2	1,3	1,2	1,2

Таблица 3

Эмпирические зависимости и коэффициенты корреляции

n/n	Видовое название	эмпирическая зависимость \bar{V}_j , см/с	коэффициент корреляции r
1	Кукуруза	$22,4*j^{0,273}$	0,995
2	Пихта сибирская	$6,2*j^{0,352}$	0,998
3	Клен ясенелистный	$2,3*j^{0,338}$	0,991
4	Орех манчжурский	$4,2*j^{0,412}$	0,992
5	Облепиха крушиновидная	$2,3*j^{0,321}$	0,992
6	Дуб черешчатый	$2,7*j^{0,421}$	0,994

Т.о., данные таблицы 3 можно подытожить следующим выводом: зависимость средних значений скоростей седиментации агломератов ПЗ в от числа частиц в агломерате аппроксимируются степенной зависимостью:

$$\bar{V}_j = a * j^k, \quad \text{для } 1 \leq j \leq 6, \quad (7)$$

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. Коэффициент корреляции r - принимает значения в диапазоне $0,992 \leq r \leq 0,998$, k принимает значения в диапазоне $0,273 \leq k \leq 0,421$. Зафиксированный диапазон \bar{V}_j от 2,3 см/с для единичного ПЗ облепихи крушиновидной до 37,2 см/с для агломерата состоящего из шести ПЗ кукурузы, обусловлен различием размеров исследуемых частиц.

Перенос ПЗ анемофильных растений в атмосфере определяется действующим на частицу сопротивлением потока воздуха, силой тяжести, а также размером и формой частицы. Для расчета этого движения введено понятие аэродинамического диаметра d_a . Эквивалентный аэродинамический диаметр несферических частиц равен диаметру сферической частицы с плотностью в $1,0 \text{ г/см}^3$, а её скорость седиментации равна скорости реальной частицы. Вычисляется он с помощью соотношения Осеена, для движения в интервале $0,1 < Re < 6,0$ [7], используя экспериментально определенную скорость седиментации. Значения эквивалентных аэродинамических диаметров пыльцевых частиц 6 видов Западно-сибирских растений приводятся в таблице 3.

Таблица 3

Эквивалентные диаметры пыльцевых агломератов шести видов растений, произрастающих на территории Западной Сибири

Видовое название	Эквивалентный диаметр агломерата из j ПЗ, мкм					
	j=1	j=2	j=3	j=4	j=5	j=6
Кукуруза	86,4	94,8	98,9	104,1	107,1	110,8
Пихта сибирская	45,3	50,8	54,5	57,8	60,3	61,6
Клен ясенелистный	27,6	31,5	34,0	35,4	36,3	37,2
Орех манчжурский	36,8	43,4	47,4	50,1	51,4	53,3
Облепиха крушиновидная	27,6	31,5	33,5	35,0	35,9	36,8
Дуб черешчатый	29,9	34,5	36,8	39,0	39,8	41,4

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Rantio-Lehtimäki A. Aerobiology of Pollen and Pollen Antigens // Bioaerosols Handbook / Editors: Cox C. S., Wathes C. M. / Boca Raton, Florida, Lewis Publishers Inc, 1995, pp. 387-406.

2. Sosnoskie L. M., Webster T. M., Dales D., Rains G. C., Grey T. L., and Culpepper A. S. // Pollen Grain Size, Density, and Settling Velocity for Palmer Amaranth (*Amaranthus palmeri*) // Weed Science 2009, 57 (4): 404–409

3. Di-Giovanni F., Keyan P. G., Nasr M. E., The variability in settling velocities of same pollen and spores. // Grana, 1995. V. 34. N. 1, P. 39-44
- 4 Jackson S. T., Lypord M. E. Pollen Dispersal Models in Quaternary Plant Ecology: Assumptions, Parameters, and Prescriptions // The botanical review. 1999. V. 65. N. 1. P. 39-74.
- 5 Дунский В. Ф. Аэромикробиология и прогнозирование болезней растений. Аэрозоли в защите растений. // Научные труды. М., 1982. С. 166-191.
6. Истомин В.Л., Куценогий К.П. Определение скорости седиментации спор плауна и их агломератов // Теплофизика и Аэродинамика. 2001. Том 8. № 2. С. 295-300.
7. Истомин В.Л., Куценогий К.П. Методика определения аэродинамического диаметра аэрозольных частиц сложной геометрической формы в диапазоне чисел Рейнольдса от 0,1 до 6. // Теплофизика и аэродинамика. 2010. Т. 17. № 1. С. 77-83.

© В.В. Головки, В.Л. Истомин, К.П. Куценогий, 2013

БИОЗЕМЛЕДЕЛИЕ КАК НОВАЯ ПАРАДИГМА ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНОГО СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА

Юрий Степанович Ларионов

Сибирская государственная геодезическая академия, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры экологии и природопользования СГГА, тел. (383) 351-19-24, e-mail: larionov42@mail.ru

Негативные последствия химизации на плодородие и биоту почв, продуктивность сельскохозяйственных растений стали очевидными. Предложена новая парадигма земледелия, учитывающая принципы управления плодородием почв, продуктивностью растений и устойчивостью агроценозов на основе биоземледелия. Сформулирован закон плодородия почв, повышающий потенциальный и эффективный ресурс сельскохозяйственного производства и биосферы.

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

BIOAGRICULTURE AS A NEW PARADIGM OF ENVIRONMENT- FRIENDLY AGRICULTURAL PRODUCTION

Yury S. Larionov

Siberian State Academy of Geodesy, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., Ph.D., Prof., Department of Ecology and Natural Resources Management, tel. (383) 351-19-24, e-mail: larionov42@mail.ru

Negative effect of chemicalization on soil- fertility and biota, and agricultural plants productivity is evident. The new paradigm of agriculture is offered taking into account management principles for soil fertility, plant productivity, and agrocenosis resistance based on bioagriculture. The fertility law is formulated, which is to increase potential and efficient resource of agricultural production and biosphere.

Key words: soil, fertility, bioagriculture, agrocenosis, paradigm.

Основной задачей сельскохозяйственного производства является реализация генетического потенциала возделываемых культур и используемых пород животных в конкретных агроэкологических условиях хозяйства. При этом продукция должна быть биологически полноценной и экологически безопасной. Учитывая это, сегодня внедрению подлежат в первую очередь только такие новые технологии или отдельные технологические приемы, которые сохраняют и повышают плодородие почвы, как основного средства производства, сорта, семена и породы животных способные более полно реализовать агроэкологические ресурсы хозяйства, машины и механизмы менее энергозатратные и т.д. [1,2,4,5,16,17]. По мнению широкого круга специалистов, обеспечение населения планеты продуктами питания невозможно без химизации сельского хозяйства[8]. Под этим подразумевается широкое применение минеральных удобрений и пестицидов. В настоящее время объемы их производства достигли внушительных размеров и продолжают увеличиваться, а вопросы химизации во

всех странах решаются на уровне государственных программ. Однако, использование минеральных удобрений и пестицидов, в сочетании с глубокой обработкой почвы, стали причиной снижения плодородия почв, загрязнения окружающей среды и продуктов питания [16,5]. и др. И поэтому эти технологические приемы стали рассматриваться не только как факторы повышения урожайности сельскохозяйственных культур, но и как факторы, нарушающие глобальные круговороты веществ в биосфере. Это связано с тем, что масштабы сельскохозяйственных преобразований носят планетарный характер. Дальнейшее использование химических средств, ставит под сомнение не только производство продуктов питания, но и устойчивое состояние биосферы, так как не гарантирует сохранение плодородия почв. Значение почвенного покрова для современной биосферы сравнимо с озоновым экраном стратосферы. Оценить последствия воздействия средств химизации на почву на современном уровне развития науки невозможно в полной мере не принимая во внимание ее биосферных функций. Роль почвенной оболочки планеты в регулировании процессов, протекающих в биосфере, обстоятельно рассмотрена в работах В.Г. Добровольского, Е.Д. Никитина [3] Ю.А. Овсянникова[16]. Согласно выдвигаемой ими концепции устойчивые сдвиги в физико-химических и биологических свойствах почв, загрязнение их веществами антропогенного происхождения вызовет изменение гидрологического режима планеты, газового состава атмосферы и глобальное потепление климата.

По мере накопления сведений о положительном действии минеральных удобрений и пестицидов на продуктивность растений во всех странах растет озабоченность по поводу отрицательных последствий их применения в окружающей среде[5,10,13,14, 16, 17,20]. Усиливающаяся неустойчивость продуктивности полей, падение плодородия почв на планете при возрастающем требовании экологизации сельскохозяйственной отрасли в соответствии с новыми подходами к природопользованию диктуют необходимость смены парадигмы в целом в земледелии. Успешное решение поставленной проблемы в земледелии, как основополагающей науки о землепользовании, возможно только на основе смены старой парадигмы – интенсификации сельскохозяйственного производства на базе широкой химизации, на новую – биоземледелие без химизации. Новая парадигма в замен существующему принципу искусственного отбора, обуславливающему ограниченный подбор культурных растений в севообороты, связанный с хозяйственной целесообразностью, плодосмена, химизацией и приоритетом одновидовых посевов требует перехода к биоземледелию на основе эволюционно-генетического и эколого-генетического принципов взаимодействия живой материи (различные виды растений, животных, микроорганизмов), которые обусловили формирование различных видов почв и их плодородие на нашей планете. Не соблюдение этих принципов в процессе сельскохозяйственного производства, т.е. использование почв под посев чистых культур без значительного расширения генетического разнообразия агроценозов на основе межвидового и внутривидового взаимодействия растений, животных, микроорганизмов в конкретной агроэкосистеме и функционирование их на

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

Учитывая всё вышесказанное, с нашей точки зрения [13-15], сегодняшней первоочередной задачей является переход сельскохозяйственной отрасли на биоземледелие, т.е. на смоделированные эволюционные и экологические процессы, которые представляют собой ни что иное, как целенаправленный процесс межвидовых и внутривидовых взаимодействий живых организмов (биологических объектов) между собой и косной материей (неживой материнской породой) в агроценозе, практически отражающих эволюционно - и эколого-генетические принципы процесса формирования почвы как геологического объекта, а также принципов естественного и искусственного отборов при формировании агробиоценозов и агроэкосистем в конкретных экологических условиях (биоты, растительных и др. сообществ агроэкосистем). Только такой подход может обеспечить повышение плодородия почв в сельскохозяйственном производстве. То есть, предусматривается обязательное целенаправленное применение биологических методов защиты растений и почвы, запускающих и регулирующих механизмы экологической и биологической безопасности возделываемых культурных растений (с экологической точки зрения: деструкторов органических остатков, регуляторов численности фитофагов, возбудителей болезней, сорных растений и др.). Естественно, этот эволюционно сложившийся процесс, который целенаправленно используется человеком в сельскохозяйственном производстве на основе взаимодействия живых организмов различных уровней организации, как между собой, так и с минеральной частью планеты для производства продукции растениеводства, защита её с помощью биометодов от болезней, вредителей, сорных растений и повышения плодородия почв без привлечения средств химизации, следует назвать биоземледелием [13-15,19].

Биоземледелие – это управляемый процесс возделывания культурных растений и повышения плодородия почвы в конкретных агроэкологических условиях, основанный на сложном взаимодействии между собой, почвы с различными видами растений, животных и микроорганизмов, обеспечивающих их защиту от болезней, вредителей и сорных растений биологическим путем.

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

Таким образом биоземледелие это управляемый человеком процесс возделывания сельскохозяйственных растений, повышения их урожайности на основе постоянного сохранения и наращивания плодородия почв и защиты растений на эволюционном и эколого-генетическом принципах.

Фактически, суть биоземледелия, которое мы предлагаем в замен существующим принципам и методам сельскохозяйственного производства, достаточно обоснованна (к тому же все его элементы уже разработаны наукой, их остается только теоретически осмыслить и объединить на основе сформулированных нами [13-15,21] принципов создания и существования живого на Земле),

взяв за основу закон плодородия, обеспечивший образование и существование почвы как планетарного объекта и основного средства производства в сельскохозяйственной отрасли. Закон плодородия почвы биологического земледелия: «Сохранение и повышение плодородия почв в любых агроэкологических условиях осуществляется путём поддержания корнеоборота растений в тесном взаимодействии с другими компонентами биоты (бактерии, грибы, водоросли, почвенные животные), воздуха и водообмена (водооборота) между живой и косной материей экосистемы».

Закон плодородия почвы соответствует эволюционно-генетическому, эколого-генетическому принципам возникновения и существования почвы, показывает теоретически обоснованный путь использования эволюционно-генетического и эколого-генетического принципов в создании антропогенного, устойчивого агроэкологического комплекса, разработки новых технологий, повышающих потенциальный и эффективный ресурс биосферы и сельскохозяйственного производства.

Сформулированный нами закон биоземледелия базируется на этих основополагающих принципах. Они сегодня часто нарушаются человеком на фоне действия естественного и искусственного отборов в процессе принятых технологий возделывания сельскохозяйственных растений [3, 13-16].

В наблюдаемом сегодня вытеснении или сильном подавлении отдельных компонентов биоценоза кроется опасность выхода почвенного сообщества на новый экологический уровень, где процессы почвообразования будут протекать только в очень узких интервалах физических и химических показателей почв [3,5, 8,13,14,21]. Это приведет к ещё большей зависимости эффективного и потенциального плодородия от климатических условий (температуры, влажности), а значит, и снижению устойчивости урожаев, которое мы и наблюдаем в последние пятьдесят лет не только в регионе Западной Сибири. Дальнейшее применение средств химизации в целях повышения урожайности сельскохозяйственных культур усилит расшатывание агробиогеоценозов.

Предсказываемые неограниченные возможности химических способов борьбы с сорняками, вредителями и болезнями сельскохозяйственных культур не подтвердились в связи с возникновением проблемы резистентности [9, 10,18,19]. Объясняется это просто – действием на популяции этих видов ядохимикатов. Фактически, на наших глазах естественный отбор создает новые устойчивые, формы этих видов к ядохимикатам - популяций вредителей, болезней, сорняков.

Чем интенсивнее будут использоваться земледельческие допинги (минеральные удобрения, пестициды), тем больше средств потребуется для предотвращения отрицательных последствий их применения и для поддержания стабильности агроэкосистем.

Необходимо остановиться ещё на одном факторе плодородия почвы – воде (H_2O), так как он фигурирует в законе биоземледелия. Воду нужно отнести к важнейшему из элементов питания, так как нарушение круговорота и водообмена между биотой и косной материей, без которого невозможен эффективный обмен вещества и энергии в почве и в целом биосфере. Нарушение водообмена

ведет к резкому снижению продуктивности сельскохозяйственных растений, а также к деградации почвы (заболачивание, опустынивание, засоление и другим негативным последствиям). Следует помнить, что все живые организмы состоят на 70-90% и более из воды. Определение сухого вещества, как главного показателя эффективности работы живых организмов, привело к тому, что ученые выбросили из состава элементов питания воду в форме химического соединения H_2O . Сегодня можно утверждать, что среда обитания любых живых форм (включая и людей), должна быть насыщена в достаточном количестве водой, выступающей как жизненно важный фактор [2,6,12]. Следует обратить внимание на воду как на информационный фактор, обеспечивающий гармонизацию роста и развития живых организмов. Заметим, что эти свойства воды почти не изучены. Вода в процессе её участия в метаболических процессах выполняет помимо функции растворителя, информационную которая обуславливает весь процесс синтеза органического вещества на нашей планете и конкретно на каждом поле и каждом организме и каждой клеточке. Её изомерная и кластерная структура способна передавать и хранить огромное количество информации о многих биохимических процессах и влиянии на них внешних факторов [2,6,12].

Отсюда однозначный вывод, что биохимические и информационные свойства воды и обеспеченность ею культурных растений и всей биоты почвы является главным условием существования почв и формирования их плодородия в эволюционном и экологическом аспектах и, конечно же, урожайности сельскохозяйственных растений. В связи с этим, сохранение воды, как на отдельном поле, так и в любой точке планеты - есть главная задача не только сельскохозяйственного производства, отдельных национальностей, но и всего человечества. Информационная роль воды в регулировании продукционных процессов в живых организмах ещё слабо изучена, но первые опыты на растениях, человеке показали её регулирующую роль в гармонизации роста и развития живых организмов, что делает её объектом особого научного внимания в изучении роли в эволюционных и экологических процессах происходящих в биосфере и будущем человеческой цивилизации [2,6,7,12,18,21]. Поэтому глубокая обработка почвы в сельскохозяйственном производстве и другие способы рыхления приводящие к огромным потерям воды на полях и снижению урожайности посевов возделываемых культур должны быть отменены. Удобрения и пестициды, вызывая стрессовое воздействие на биоту почвы, минерализацию гумуса, а также на культурные растения отрицательно влияют на использование почвенной влаги [7,9,12,18,19,21].

Таким образом, переход сельскохозяйственного производства на новую парадигму – биоземледелие и закон плодородия почв становится неотвратимым.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Баталова Т. С., Бегляров Г. А, Башенова А. В. и др. Системы защиты растений. – Л.: Агропромиздат. – 1988. – 367с.
2. Галль Л. Н. В мире сверхслабых. Нелинейная квантовая биоэнергетика: новый взгляд на природу жизни //Лидия Галь, Дефис. – СПб. - 2009. -317с.

3. Добровольский Г. В., Никитин Е. Д. Функции почв в биосфере и экосистемах. - М.: Наука, 1990. 261 с.
4. Жуков А. И., Попов П.Д. Регулирование баланса гумуса в почве. — М.: Росагропромиздат, 1988. 40 с.
5. Жученко А. А. Адаптивное растениеводство (эколого-генетические основы) / А. А. Жученко. - Кишинев: Штиинца, 1990. – 432 с.
6. Зенин С. В., Полануер Б. М., Тяглов Б. В. Экспериментальное доказательство наличия фракций воды// Журн. «Гомеопатическая медицина и акупунктура». - 1998.-№ 2. – С. 41.
7. Конев А.А. Система биологизации земледелия. Новосибирский ГАУ, Новосибирск, 2004.- 51с.
8. Красницкий В. М. Плодородие почв Сибирского Федерального округа в аспекте сегодняшнего дня. Сб. материалов межд. народн. н.-практ. конф. Посвящ. 75-лет. Ю. И. Ермохина /В.М. Красницкий, Ю. И. Ермохин/, Омск, Омский ГАУ, 2010. – С.128-138.
9. Курдюков В. В. Последствие пестицидов на растительные и животные организмы. — М.: Колос, 1982. 128 с.
10. Курдюмов Н. И. Мастерство плодородия /Н.И. Курдюмов. – Ростов на Дону: Изд. Дом «Владис», 2007. – 512с.
11. Ларионов Ю. С. Управление адаптивностью сорта / Ю.С. Ларионов, Л. М. Ларионова, Е. П. Новокрещинов – Челябинск: Челябинский ГАУ, 2004. - 301 с.
12. Ларионов Ю. С. Пути повышения продуктивности и стабильности функционирования агроэкосистем /Ю. С. Ларионов, Н. А. Ярославцев, А. А. Косов, О. А. Ларионова – Сб. материал. II межд. науч.-практ. конф. «Эколого-экономическая эффективность природопользов. На современ. этапе развития Западно-Сибирского региона» Омск, ОмГПУ, 2008 – С.100-104.
13. Ларионов Ю.С. Основы общей экологии и устойчивости биосферы / Ю.С. Ларионов, Л.М. Ларионова, Ю.П. Логинов – Тюмень: Тюменская ГСХА. Омск: Омский ГАУ, 2009. - 441 с.
14. Ларионов Ю.С. Закон плодородия почвы биологического земледелия. Сб. материалов межд. народн. Практ конф. Посвящ. 75-лет. Ю.И. Ермохина /Ю.С. Ларионов/, Омск, Омский ГАУ, 2010. – С.138-147.
15. Ларионов Ю.С. Основы эволюционной теории (концепции естествознания и аксиомы современной биологии в свете эволюции материи)/Ю.С. Ларионов, РГТЭУ, Омский институт (филиал), Омск, 2012 – 233с.
16. Овсянников Ю.А. Теоретические основы эколого-биосферного земледелия./Ю.А. Овсянников, - Екатеринбург, изд. Уральского ГУ, 2000. – 263с.
17. Панов Н.П. Повышение плодородия почв - важнейшие условия получения высоких и устойчивых урожаев // Вести, с.-х. науки. 1983. № 10. С. 68-75.
18. Чулкина В.А. Фитосанитарная оптимизация растениеводства в Сибири. 3-х томник: зерновые культуры (I), крупяные, зернобобовые и кормовые культуры (II), технические культуры (III). / В.А. Чулкина, В.М. Медведчиков, Е.Ю. Торопова, Г.Я. Стецов, Ю.И. Чулкин, В. И. Воробьев, под ред. П.Л. Гончарова – Новосибирск, 2001.
19. Штерншис М.В. Биологическая защита растений./М.В. Штерншис. М.: «КолосС» 2004.- 264с.
20. Экологическая доктрина Российской Федерации. М., 2002.
21. Яшутин Н. В., Дробышев А. П., Хоменко А.И. Биоземледелие (научные основы, инновационные технологии и машины)/ Н. В. Яшутин, А.П. Дробышев, А. И. Хоменко – Барнаул, изд. АГАУ, 2008. – 191с.

© Ю.С. Ларионов, 2013

ЭЛЕМЕНТНЫЙ СОСТАВ ГУМИНОВЫХ КИСЛОТ КАК ИНДИКАТОР ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ПОЧВ

Борис Максимович Кленов

Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Лаврентьева, 8/2;

Сибирская государственная геодезическая академия, 630108, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник, профессор, тел. (383)363-90-30, e-mail: klenov@issa.nsc.ru

Показано, что элементный состав почвенных гуминовых кислот может быть показателем экологической устойчивости почв. Установлено, что в результате продолжительной земледельческой практики и орошения существенным образом изменяется природа гуминовых кислот, соотношение основных их структурных элементов, а также степень ароматичности гуминовых кислот.

Ключевые слова: экологическая устойчивость, гумус, гуминовые кислоты, распашка, орошение.

ELEMENTAL COMPOSITION OF HUMIC ACIDS AS AN INDICATOR OF ENVIRONMENTAL SUSTAINABILITY OF SOILS

Boris M. Klenov

Institute of Soil Science and Agrochemistry of SB RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, Ac. Lavrentyev st., 8/2;

Siberian State Academy of Geodesy, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St, leading researcher, professor, tel. (383)363-90-30, e-mail: klenov@issa.nsc.ru

It has been shown that elemental composition of humic acids can be as an indicator of environmental sustainability of soils. It has been revealed that the nature of humic acids, the ratio of principal their structural elements as well as the degree of aromaticity of humic acids are essentially changed as a result of farming.

Key words: environmental sustainability, humus, humic acids, plowing, irrigation.

В настоящее время проблема гумуса приобретает наибольшую практическую значимость, поскольку в глобальном масштабе происходят его потери. Проблема потерь гумуса стала наиболее серьезной в связи с деградацией почв под влиянием различных антропогенных воздействий и прежде всего распашки почв и длительного использования их в земледельческой практике. Потери гумуса из почв – глобальная проблема. Многочисленные литературные сведения, нередко противоречивые и неоднозначные, тем не менее, позволяют проследить общую тенденцию: потери гумуса постоянно идут из всех или почти из всех освоенных и длительно используемых почв и составляют до 1 т/га в год, а иногда и более.

В обширном районе России – Западной Сибири, обладающей огромными и разнообразными по качеству земельными ресурсами, потери гумуса и измене-

ние самой природы его составляющих весьма значительны, несмотря на относительную молодость земледелия по сравнению со многими районами планеты с более длительной историей использования почв в сельском хозяйстве. Литературные данные о потерях гумуса из почв Западной Сибири не столь многочисленны, тем не менее, они свидетельствуют о том, что в районах наибольшего освоения земель – в лесостепной и степной зонах – они могут составлять до 0,6-0,7 т/га.

Известно, что, что любое антропогенное воздействие на почву изменяет её как физическую и химическую среду обитания живых организмов и ведёт к сокращению биоразнообразия, а, значит, и к сокращению уровня гумуса. Кроме того, сокращение уровня гумуса сопровождается изменением его качества и структуры, т.е. природы в целом. Понятие природы гумусовых веществ весьма широкое и подразумевает в основном обычно элементный и вещественный состав его компонентов, среди которых одним из основных и наиболее устойчивых в экологическом отношении являются гуминовые кислоты. О наиболее высокой экологической устойчивости гуминовых кислот (ГК) по сравнению с другими компонентами гумуса можно определенно судить по многочисленным результатам определения возраста ГК методом радиоуглеродного датирования [1]. Вопрос экологической устойчивости гумуса или его составляющих или почвы в целом наиболее остро встает в связи с освоением почв и последующим использованием их в земледелии, а также в связи с поступлением в почву загрязнителей. В наиболее общем понимании экологическая устойчивость компонентов гумуса в агроэкосистеме – это их способность в целом сохранять значение своих параметров, в т.ч. и структурных, в пространстве и времени.

В данном сообщении по результатам элементного анализа гуминовых кислот, предпринята попытка показать, что именно природа гуминовых кислот, весьма устойчивых в экологическом отношении органических соединений почвы, может быть одним из основных индикаторов экологической устойчивости почв.

Препараты гуминовых кислот были выделены из чернозема выщелоченного (Новосибирская область) по общепринятой методике [2]. Элементный анализ выполнен с помощью анализатора PerkinElmer 2400 Series II CHNS/O Elemental Analyzer.

Таблица

Элементный состав гуминовых кислот

С	Н	N	О	Атомные отношения		СА,%
в % к весу сухого беззольного вещества				Н:С	С:N	
Целинный участок						
51,8	4,4	4,0	39,8	1,01	15,1	18
Старопахотный участок, 120 лет использования						
50,7	4,0	3,6	41,7	0,94	16,4	21
Орошаемый участок, 40 лет орошения, после 80-летнего использования в качестве пашни						
54,1	3,8	3,9	38,3	0,84	16,1	30

Приведенные данные свидетельствуют о том, что по элементному составу ГК всех изученных почв мало чем отличаются между собой. В целом набор основных структурных элементов характеризует именно эту группу веществ почвенного гумуса. Сочетание составляющих элементов может быть самое различное, что, скорее, всего, зависит от ботанического состава составляющих органического опада и условий разложения этого опада. Однако соотношение структурных элементов может быть самое различное и выявлять некоторые закономерности. Соотношение атомов углерода и водорода, а также углерода и азота оказываются наиболее информативным. Например, снижение отношения С:Н по мере усиления антропогенной нагрузки на почву может указывать на то, что ГК приобретают наиболее высокую степень конденсированности (полимеризации) своих молекул, такие изменения в структуре ГК являются причиной ослабления их экологических функций. В частности, при этом гуминовые кислоты теряют свои поглотительные свойства в связи с потерей боковых функциональных групп. Видимо, любое антропогенное воздействие, в частности распашка почв и длительное их использование в последующей длительной земледельческой практике приводит к существенному изменению самой природы гумусовых веществ и ГК, в частности. Вместе с тем, дальнейшее снижение отношения Н:С происходит в связи с наложением орошения на старопахотные почвы. Этот факт позволяет сделать вывод, что под влиянием орошения гуминовые кислоты разрушаются сильнее, чем в условиях длительного использования почвы в неорошаемом земледелии.

Небезынтересным оказывается поведение и азота в структуре гуминовых кислот. Приведенные данные (см. таблицу) позволяют отметить тенденцию возрастания отношения С:Н, а, значит, и снижения содержания азота в гуминовых кислотах в связи с усилением антропогенной нагрузки. За многие годы использования почвы в неорошаемом и орошаемом земледелии ГК потеряли немалую долю азота, что вызывает необходимость разработки приемов по обогащению гуминовых кислот азотом.

В заключение следует отметить, что наиболее информативными показателями элементного состава гуминовых кислот являются величины С:Н, С:Н и степень их ароматичности, или бензоидности [3]. Изменение этих показателей при антропогенном воздействии на почвенный покров свидетельствует об изменении экологических функций органического вещества почвы. В частности, возрастание ароматичности, а также снижение величины С:Н и увеличение С:Н при длительном использовании почвы в земледелии сопровождается снижением поглотительной способности гуминовых кислот, а, следовательно, и ослаблением одной из основных их экологических функций.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Чичагова О.А. Радиоуглеродное датирование гумуса почв. М.: Наука, 1985. – 145 с.
2. Орлов Д.С., Гришина Л.А. Практикум по химии гумуса. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1981. – 272 с.
3. Орлов Д.С. Гумусовые кислоты почв и общая теория гумификации, М., МГУ, 1990. – 326 с.

© Б.М. Кленов, 2013

ИЗМЕНЕНИЕ СООТНОШЕНИЯ ПЛОЩАДЕЙ ЗАСОЛЕННЫХ И НЕЗАСОЛЕННЫХ ПОЧВ В ПРОЦЕССЕ ОБСЫХАНИЯ БАРАБИНСКОЙ РАВНИНЫ

Людмила Юрьевна Анопченко

Сибирская государственная геодезическая академия, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, к.б.н., 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. Лаврентьева, 8/2, д.б.н., старший научный сотрудник лаб. Биогеоценологии, тел. (383)222-54-15, e-mail: yakutin@issa.nsc.ru;

Сибирская государственная геодезическая академия, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, проф. кафедры экологии и природопользования

В статье анализируется соотношение площадей различных групп почв на территории Барабинской равнины в целом и на Причановской территории Барабы, обсыхающей на протяжении последних 250 лет. Делается вывод, что на сравнительно недавно обсохших поверхностях, происходит достоверное увеличение площадей в различной степени засоленных почв.

Ключевые слова: Западная Сибирь, Барабинская равнина, Причановская территория, обсыхание озер, почвы, площади, засоление.

CHANGE OF A PARITY OF THE AREAS OF THE SALTED AND NOT SALTED SOILS DURING THE DRYING PROCESS BARABINSK PLAIN

Lyudmila Yu. Anopchenko

Siberian State Academy of Geodesy, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo, PhD, assistant professor, department of ecology and wildlife management, 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 Akademician Lavrentjev, ScD, senior researcher, laboratory of biogeocenology, tel. (383)3639025, e-mail: yakutin@issa.nsc.ru;

Siberian State Academy of Geodesy, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., professor of department of ecology and wildlife management

The main task of article is analyze the parity of the areas of various groups of soils in territory of Baraba plain as a whole and in Prichanovsky territory of Baraba drying throughout last 250 years. The conclusion becomes that on rather recently dried surfaces, there is an authentic increase in the areas in various degree of the salted soils.

Key words: Western Siberia, Baraba plain, near Tchany territory, drying lakes, soil, the area, salinity of soils.

Барабинская равнина занимает около 65% от территории Новосибирской области. Общая площадь территории Барабы составляет около 117000 км². Ее протяженность с севера на юг – около 300 км и с запада на восток – 570 км. В географическом отношении Барабинская равнина, занимая междуречье Оби и Иртыша в среднем их течении, представляет собой центральную часть Западно-Сибирской равнины. Северная ее граница – Васюганское плато, южная же граница условно проводится примерно по широте южного берега озера Чаны, где она совпадает с геоморфологической границей Кулундинской равнины.

Бараба при общей равнинности рельефа в целом, характеризуется развитием грив, западин и блюдца; широким распространением засоленных и заболоченных земель, болот и озер; обширными площадями сенокосов и пастбищ; сравнительно небольшой залесенностью и отсутствием крупных лесных массивов, замещенных березово-осиновыми колками [1].

Современный ландшафт равнины, изменяющийся от таежно-болотного на севере до степного на юге, отражает все своеобразие предшествующего процесса ее формирования и развития. Равнинная в целом поверхность котловины местами всхолмлена пологими водораздельными увалами или более отчетливо выраженными, сравнительно узкими гривами. Местами она испещрена крупными и мелкими озерами и заболоченными западинами. Хотя общий наклон Барабинской равнины и не имеет яркой выраженности, его обычно принимают с северо-востока на юго-запад.

По характеру рельефа Барабинская равнина делится на две зоны: равнинную, куда входит северная часть Барабы, и гривно-котловинную, охватывающую центральную и южную ее части. Северная часть Барабы преимущественно равнинная, с пологими увалами и невысокими гривами. Межгривные понижения заняты болотами и лесами. Заболоченность бассейнов отдельных рек достигает 70-80%. Залесенность достигает 30-60% и даже 80% [1, 2].

Большинство типов растительности и почв соответствует в Барабе ранним стадиям развития. Они формируются под влиянием процессов древнего и современного обсыхания и остепнения в результате аридизации климата, проявляющейся в уменьшении общей увлажненности. Здесь господствуют гидроморфные и полугидроморфные ландшафты, характерные для молодых озерно-аллювиальных равнин. Процессы остепнения выражены в основном на повышенных формах рельефа (гривах), а зональные ландшафты лесостепи, формирующиеся на черноземных почвах, составляют здесь всего 7-25 % [3].

Процессы соленакопления, характерные для Барабы, проходили здесь в течение исторического времени [4]. Вследствие слабой дренированности территории и потери ею сточности соли практически не выносились за ее пределы, поэтому процессы почвообразования протекали и протекают здесь в условиях обогащенности пород легкорастворимыми солями. Соли эти под влиянием разнообразных факторов, в результате взаимодействия живой и неживой природы подвергались процессам перераспределения, которые привели к возникновению определенных солевых аккумуляций в природных водах, почвогрунтах, торфах и некоторых растениях. Близкое расположение к поверхности и сильная

минерализация грунтовых вод Барабы в значительной мере определяет направление почвообразовательного процесса в сторону формирования сложных комплексов из солончаковых, солонцеватых, луговых и заболоченных почв [1, 5].

Одним из характерных элементов барабинского ландшафта являются озера, которые распространены на территории Барабинской равнины неравномерно. Количество озер увеличивается в направлении с северо-востока на юго-запад. Наибольшее распространение (84% от всего количества) имеют небольшие мелкие озера с площадью водного зеркала менее 1 км², однако удельный вес их по площади составляет 14%, в то время как пять крупных озер – Чаны, Сартлан, Тандово, Урюм и Убинское, входящие в состав внутреннего бессточного бассейна, занимают 60% всего озерного водного пространства (около 3000 км²). По минерализации и химизму вод озера разнообразны. Преобладают пресные и слабоминерализованные, но встречаются и высокоминерализованные озера. В общем плане минерализация возрастает в юго-западном направлении [1, 3].

На территории Барабинской равнины выделены четыре типа озерных депрессий, которые являются этапами эволюции территории в процессе ее обсыхания и остепнения. Ведущим фактором, определяющим этапы эволюции почв пойм озерных депрессий, является их гипсометрическое положение над уровнем наиболее низко расположенных озерных депрессий в каждом конкретном ландшафте и в структуре ландшафта в целом [6].

Повышение среднегодовых температур на территории Барабы ведет к увеличению испаряемости с поверхности озер, а при уменьшении количества осадков происходит снижение водности рек. Таким образом, наблюдающаяся тенденция к обсыханию озер Барабы, имеет устойчивый характер [3,7].

На фоне общей аридизации климата на исследуемой территории с северо-востока на юго-запад происходит увеличение степени гидроморфности и засоленности почв, уменьшение стабильности и увеличение динамичности почвообразовательных процессов. В результате наиболее динамичные, неустойчивые системы почвенно-растительных комплексов формируются в юго-западной части исследуемой территории, что обусловлено ее положением в нижней части огромного склона, который в целом представляет собой Бараба.

На Причановской территории Барабы описаны черноземы, они формируются под луговыми степями. В настоящее время они несут на себе черты антропогенного влияния и представляют собой залежи с восстановленной растительностью, сохранившимися на небольших участках между колками и пашнями [8].

Лугово-черноземные почвы занимают плоские низкие гривы, склоны высоких глив, слабо приподнятые равнинные пространства и останцовые повышения. Они формируются под остепненными лугами, близкими по видовому составу к луговым степям на черноземах. Лугово-черноземные почвы более других обогащены органическим веществом. Почвы слабо засолены легкорастворимыми солями, в составе которых преобладают гидрокарбонаты кальция и магния.

Луговые почвы развиваются на неоднотипных формах поверхности, преимущественно в пониженных элементах рельефа, сформированы под лугами (например, вейниковые луга).

Болотные почвы формируются под болотно-солончаковыми лугами, они приурочены в основном к межгривным понижениям и периферии озер. Одна из основных особенностей – различная мощность торфяного покрова. Общая сумма солей в болотных почвах до 1,5-2,5 % и более.

К солончакам в Западной Сибири относятся почвы, содержащие в верхних горизонтах более 2 % солей при смешанном засолении и 0,7–1 % при наличии соды. Менее засоленные почвы относятся к солончаковым. Солончаки занимают самые пониженные участки вокруг озер и болот, межгривные понижения и днища высохших озер. Активное соленакопление и образование солончаков идет на участках обсыхающих болотных почв.

Наибольшие по площади контуры солонцов приурочены к древним лощинам стока и межгривным понижениям, периферии озер и болот, пологим склонам водоразделов и грив, они сформированы под солончаковыми, солончаково-бескильницевыми лугами [9,10].

В данной работе проведен сравнительный анализ площадей почв Барабинской равнины, сформировавшихся на территории обсохших озер за период с 1786 по 1970 гг. и почв, сформировавшихся к 2007 году (рис. 1, 2).

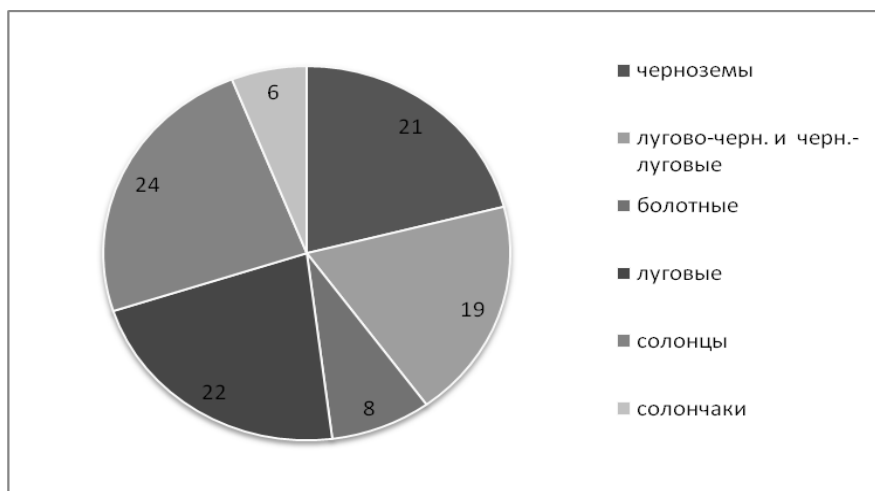


Рис. 1. Соотношение площадей почв на территории Барабы (2007 г.)

При анализе Почвенной карты Новосибирской области были получены следующие результаты: площади, занимаемые черноземами составляют 21% от общей территории Барабинской равнины, солонцами – 24%, солончаками – 6%, болотными почвами – 8%, луговыми почвами – 22%, лугово-черноземными и черноземно-луговыми – 19%.

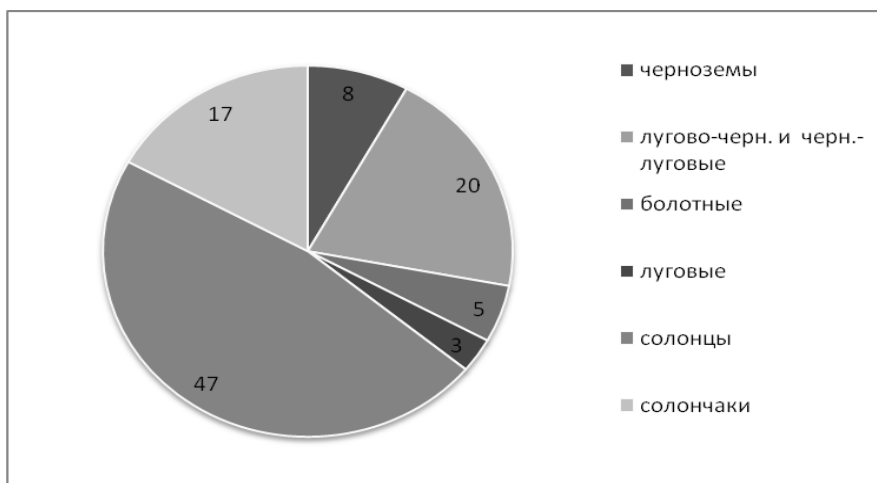


Рис. 2. Площади почв, сформировавшихся на обсохшей территории Барабы за период с 1786 по 1970 гг.

Почвы, сформировавшиеся на участках обсохшего дна озер за период с 1786 по 1970 гг., занимают к настоящему времени следующие площади: черноземы – 8% территории, солонцы – 47%, солончаки – 17%, болотные почвы – 5%, луговые почвы – 3%, лугово-черноземные и черноземно-луговые – 20% (рис. 3).

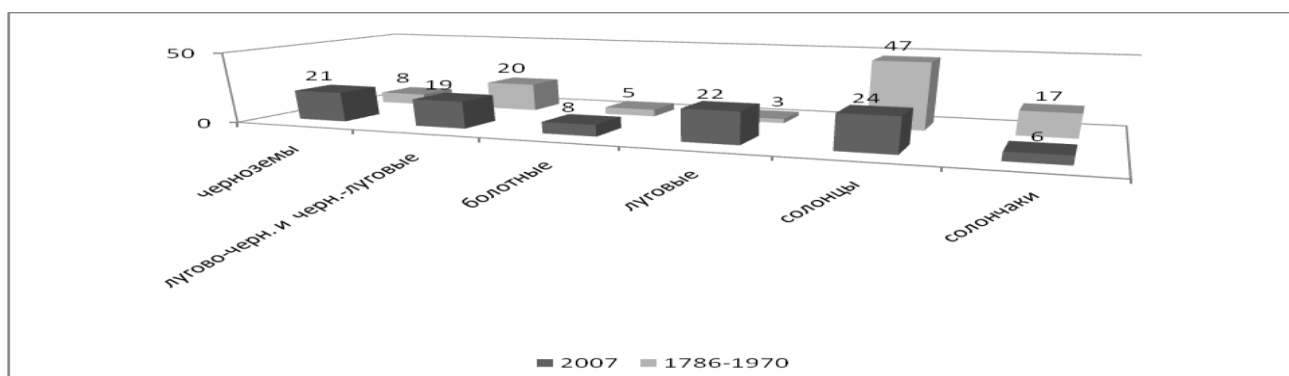


Рис. 3. Почвы, сформировавшиеся на обсохшей территории Барабы

Анализ полученных результатов позволяет сделать выводы об увеличении на обсохшей территории доли почв с признаками засоления по сравнению с общей территорией Барабы. Так, доля солончаков в общей площади почв обсохших территорий на 11% больше, чем в целом по Барабе, солонцов – на 23%. При этом черноземы на обсохших территориях занимают площади на 13% меньше, чем в целом по Барабе.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

11. Панадиани, А.Д. Барабинская низменность. Природа, хозяйство, перспективы развития / А.Д. Панадиани. – М.: Изд-во географической литературы, 1953. – 232 с.

1. Угланов, И.Н. Мелиорируемая толща почв и пород юга Западной Сибири / И.Н. Угланов. – Новосибирск: Наука, Сиб. отд-ние, 1981. – 193 с.
2. Пульсирующее озеро Чаны / [отв. ред. Н.П. Смирнова, А.В. Шнитников]. – Л.: Наука, Ленингр. отд-ние, 1982. – 304 с.
3. Казанцев, В.А. О происхождении солей в почвах и водах Барабинской и Кулундинской равнин / В.А. Казанцев // Почвоведение. – 1990. – № 12. – С.16-25.
4. Казанцев, В.А. Проблемы педогалогенеза: на примере Барабинской равнины / В.А. Казанцев. – Новосибирск : Наука, 1998. – 280 с.
5. Структура, функционирование и эволюция системы биогеоценозов Барабы. Том I. Биогеоценозы и их компоненты / [отв. ред. Р.В. Ковалев]. – Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1974. – 307 с.
6. Анопченко, Л.Ю. Комплексный экологический мониторинг пойм обсыхающих соленых озер Барабы // Вестник Сибирской государственной геодезической академии. - 2012. – Вып.3. – С.106-110.
7. Почвы Новосибирской области / [отв. ред. Р.В. Ковалев]. – Новосибирск: Наука, Сиб. отд-ние. 1966. – 422 с.
8. Опекунова, М.Г. Биоиндикация загрязнений: учеб. пособие / М.Г. Опекунова. – СПб.: Изд-во СПб. ун-та, 2004. – 266 с.
9. Структура, функционирование и эволюция системы биогеоценозов Барабы. Том II. Биогеоценозические процессы / [отв. ред. Р.В. Ковалев]. – Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1976. – 495 с.

© Л.Ю. Анопченко, М.В. Якутин, 2013

ДЕСТРУКЦИЯ ТОРФА В БОЛОТАХ РАЗНЫХ ЗОН И ПОДЗОН ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Наталья Геннадьевна Коронатова

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт почвоведения и агрохимии Сибирского отделения Российской академии наук, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Ак. Лаврентьева, 8/2, кандидат биологических наук, научный сотрудник, тел. (383) 363 90 18, e-mail: coronat@mail.ru

Елена Владимировна Миляева

Сибирская Государственная Геодезическая Академия, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, аспирант, тел. (383) 361 08 86, e-mail: milek123@mail.ru

Данная работа представляет исследование деструкции торфа в болотных экосистемах различных климатических поясов Западной Сибири – от лесостепи до лесотундры. Полевой эксперимент закладывался в повышенных и пониженных болотных экосистемах верхового типа выше и ниже уровня болотных вод. Показано, что в верхнем слое повышенных экосистем скорость потери массы торфа была максимальна и уменьшалась от лесостепи до лесотундры. В пониженных экосистемах потери были низки во всех зонах и подзонах.

Ключевые слова: торф, деструкция, верховое болото, Западная Сибирь.

PEAT DECOMPOSITION IN MIRES IN DIFFERENT ZONES AND SUBZONES OF WESTERN SIBERIA

Natalia G. Koronatova

Institute of Soil Science and Agrochemistry, Siberian Branch of Russian Academy of Sciences, 630090, Russia, Novosibirsk, Ac.Lavrentyev st., 8/2, PhD, research associate, tel. (383) 363 90 18, e-mail: coronat@mail.ru

Elena V. Milyaeva

Siberian State Academy of Geodesy, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., post graduate, tel. (383) 361 08 86, e-mail: milek123@mail.ru

The paper presents the investigation of peat decomposition in mire ecosystems in different climatic zones of Western Siberia – from forest-steppe to forest-tundra. The field experiment was performed in heightened and lowered ombrotrophic mire ecosystems above and below the water table. It is shown that in the upper peat layer in heightened ecosystems the rate of peat mass loss was the maximal and decreased from forest-steppe to forest-tundra. In lowered ecosystems the mass loss was low in all zones/subzones.

Key words: peat, decomposition, ombrotrophic bog, Western Siberia.

Данная работа представляет результаты исследования деструкции торфа в болотных экосистемах различных климатических поясов Западной Сибири – от лесостепи до лесотундры, – и продолжает серию работ, посвященных изучению естественных экосистем этого региона [Коронатова, Миляева, 2011; Коронатова, Миронычева-Токарева, 2012]. Актуальность работы обусловлена необходи-

мостью исследовать цикл углерода в болотах наиболее заболоченного региона северного полушария и недостаточной изученностью его деструкционной составляющей.

Эксперимент был заложен в повышенных и пониженных болотных экосистемах. К повышенным были отнесены рямы и гряды грядово-мочажинных комплексов в лесостепной, южнотаёжной и среднетаёжной поясах, а также мёрзлые бугры в лесотундре. Пониженными экосистемами являлись мочажины и топи в перечисленных климатических зонах и подзонах. Пониженные и повышенные болотные экосистемы различались по гидрологическим условиям и составу фитоценозов.

В повышенных экосистемах элементами нанорельефа были кочки и межкочья. На таёжных рямах и грядах уровень болотных вод (УБВ) находился на глубине нескольких десятков сантиметров, повышаясь в отдельные наиболее влажные годы до уровня поверхности межкочий, при этом кочки всегда оставались не обводнены. На плоскобугристом болоте в лесотундре уровень мёрзлого слоя (УМС) на буграх находился также на глубине нескольких десятков сантиметров. Незамёрзшие болотные воды либо отсутствовали, либо встречались в виде узкой прослойки над УМС, главным образом, в межкочьях. Основными доминантами в растительном покрове повышенных экосистем были *Sphagnum fuscum* (Schimp.) Klinggr. среди мхов, и кустарнички *Ledum palustre* L. и *Chamaedaphne calyculata* (L.) Moench, также часто присутствовали другие кустарнички (*Oxycoccus palustris* Pers., *O. microcarpus* Turcz. ex Rupr., *Betula nana* L., *Vaccinium vitis-idaea* L., *V. uliginosum* L., *V. myrtillus* L., *Andromeda polifolia* L.). На рямах и грядах обязательным компонентом фитоценоза была болотная форма сосны *Pinus sylvestris* L. Травы были редки.

В пониженных экосистемах – топях и мочажинах – УБВ обычно находился на глубине нескольких сантиметров (максимально до 30 см), в отдельные годы затопля живой сфагновый покров. В лесотундре мочажины протаивали за летний период, УМС понижался на несколько десятков сантиметров, вплоть до метра, а УБВ находился близко к поверхности. В этих экосистемах доминировали мочажинные мхи (*Sphagnum balticum* (Russ.) Russ. ex C.Jens., *S. fallax* (Klinggr.) Klinggr., *S. papillosum* Lindb. и др.), а также травы (*Carex limosa* L., *C. rostrata* Stokes, *Scheuchzeria palustris* L., *Eriophorum vaginatum* L. и др.). Кустарнички отсутствовали, и только по периферии мочажин встречался вид *Andromeda polifolia*. Поверхность данных экосистем была, как правило, выровнена, элементы нанорельефа не выделялись.

Таблица

Характеристика использованных в эксперименте торфов

Экосистема	Зольность, %	Степень разложения, %	Ботанический состав, %
Топь (краевая часть)	1,4	10-15	<i>S. fallax</i> , 95,2 ± 0,5 Живые корни <i>Eriophorum vaginatum</i> , 4,8 ± 0,5
Рям	2,4	5-10	<i>S. fuscum</i> , 98,9 ± 0,1 Живые корни кустарничков, 1,1 ± 0,1

Методика эксперимента была следующей. В двух микроландшафтах Бакчарского болота (южная тайга) – ряме и топи – изымался торф с глубины 40-60 см. Характеристика торфа приведена в таблице. Торф был верховой, характеризовался низкой степенью разложения и зольностью. В лаборатории торф высушивался при 60°C и помещался в синтетические мешочки по 2 г. Затем мешочки помещались на глубину 5-10 и 25-30 см в болотах лесостепи, южной, средней тайги и лесотундры. Таким образом, мешочки были заложены над и под УБВ, т.е. в аэробной и анаэробной зонах. При этом торф, взятый в ряме, помещался в таких же повышенных микроландшафтах, а из топи – в соответствующих пониженных экосистемах. В повышенных микроландшафтах закладка в аэробной зоне осуществлялась на кочках, а в анаэробной зоне – в межкочьях. Исключение составило болото Пангоды в лесотундре, где пробы были заложены на обе глубины на кочке. Здесь наличие мерзлоты не позволило поместить пробы в анаэробный слой, так что на обеих глубинах деструкция проходила в аэробных условиях. Эксперимент был начат в разные годы: в южной тайге (Бакчарское болото, стационар «Плотниково») в 2007 г, в лесостепи (Николаевский рям) – в 2010 г, в средней тайге (стационар «Мухрино» Югорского государственного университета) и лесотундре (болото Пангоды) – в 2009 г. Мешочки с торфом изымались через определенные промежутки времени в повторности 6 штук и высушивались. Длительность эксперименты составила 3 года, за исключением лесостепного ряма, где мешочки инкубировались 1 год в аэробном слое и 2 года – в анаэробном слое. Подробное описание методики эксперимента есть в работе [Коронатова, 2010].

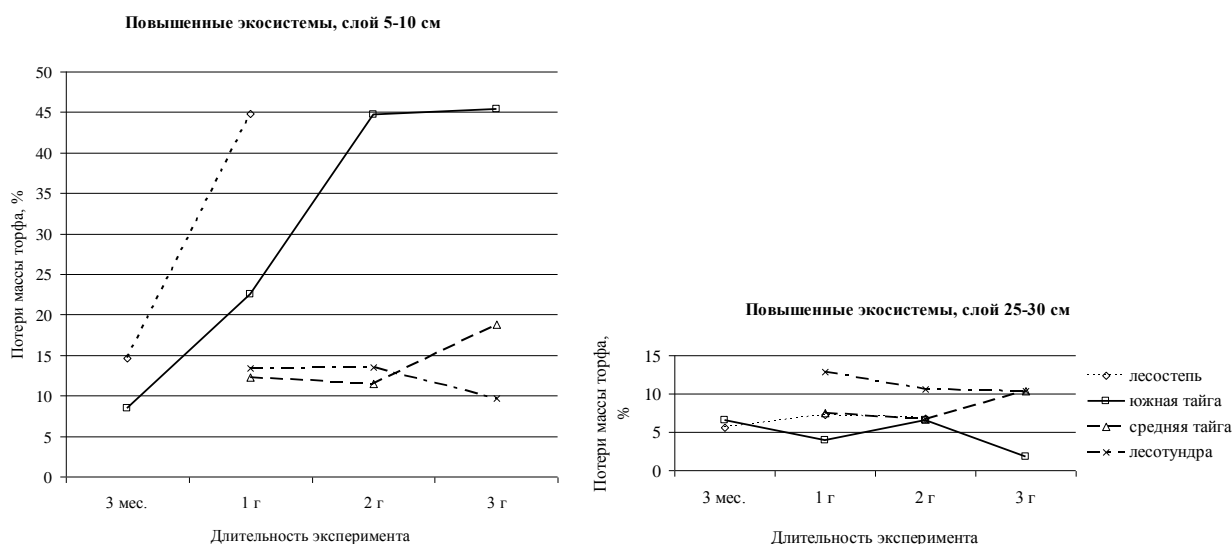


Рис. 1. Потери массы торфа из двух слоёв торфяной залежи в повышенных болотных экосистемах, расположенных в различных зонах и подзонах Западной Сибири

Динамика изменения массы торфа (в %) в ходе эксперимента приведена на рис. 1. Наибольшие потери наблюдались в верхнем слое торфяной залежи в повышенных микроландшафтах. Максимальная скорость потери массы наблюдалась в лесостепном ряме, где через год инкубации масса снизилась на 45% от исходной массы. В южной тайге скорость потери массы торфа была меньше, эта же величина потери была достигнута за два года эксперимента. В средней тайге и лесотундре значения потерь были сходны – на уровне 12-14%, а через три года несколько возросли в среднетаёжной подзоне – до 19%. Таким образом, потери массы торфа за наблюдаемый период в средней тайге и лесотундре были в несколько раз ниже, чем в южной тайге и лесостепи, что, по-видимому, обусловлено климатическими условиями подзон.

Потери массы торфа из нижнего слоя в этих же экосистемах не превысили 10% во всех географо-климатических поясах, за исключением лесотундры, где составили 10-13% (см. рис. 1). Это объясняется тем, что здесь образцы инкубировались в аэробных условиях, о чём было сказано выше.

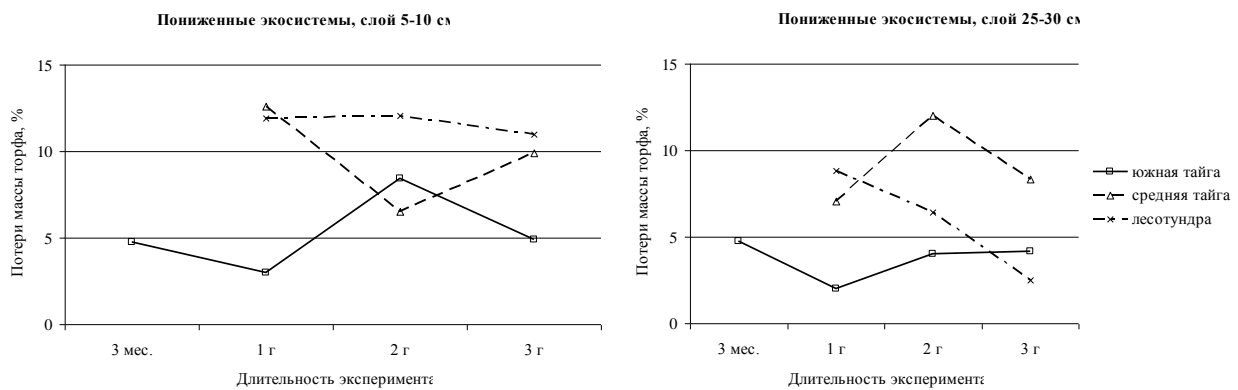


Рис. 2. Потери массы торфа из двух слоёв торфяной залежи в пониженных болотных экосистемах, расположенных в различных зонах и подзонах Западной Сибири

Потери массы торфа в пониженных болотных экосистемах заметно отличались от наблюдаемых изменений в повышенных экосистемах (рис. 2). Здесь высокое стояние болотных вод обусловило частично анаэробные условия на обеих глубинах и способствовало получению сходных значений потери массы торфа за три года в двух разных слоях – 4-12% в верхнем слое и 2-12% в нижнем в разных зонах (подзонах). Интересно, что для наиболее южной точки – южной тайги – были получены наименьшие значения потерь. Очевидно, это связано с прорастающими в мешочки живыми корнями трав, которые после отмирания увеличивали массу торфа в образцах [Koronatova, Shibareva, 2010]. В целом, потери в пониженных микроландшафтах были сходны с потерями в слое 25-30 см в повышенных микроландшафтах. Складывается впечатление, что в условиях обводнённости потери массы торфа зависят от конкретных экологи-

ческих условий – анаэробности, – а климат региона мало влияет на получаемые результаты. Напротив, в аэробных условиях скорость деструкции торфа зависит от климата региона и возрастает от севера к югу.

Потери массы торфа в ходе деструкции сопровождались морфологическими изменениями исходного материала. В верхнем слое повышенных болотных экосистем они начинали наблюдаться через три месяца инкубации в лесостепи и южной тайге, через два года – в средней тайге и не наблюдались за период наблюдений в лесотундре. Морфологические изменения начинались с появления тёмных пятен на поверхности отдельных проб, которые постепенно покрывались сетью мелких живых корней растений. С течением времени тёмные пятна разрастались по поверхности образцов и проникали вглубь. Такие разложившиеся участки характеризовались тёмно-коричневым цветом, были мажущие, а части мхов становились в них плохо различимы. Степень деструкции разных образцов в повторностях была обычно неодинакова. В обводнённых слоях торфа – в слое 25-30 см в повышенных экосистемах и в обоих слоях в пониженных экосистемах морфологических изменений не наблюдалось.

Таким образом, можно заключить следующее. Деструкция торфа зависит не от конкретной глубины инкубирования образцов, а от обеспеченности кислородом. В аэробном слое (5-10 см в повышенных экосистемах) скорость деструкции и время появления видимых морфологических изменений контролируется климатом географической зоны (подзоны), поскольку температура влияет на развитие и функционирование сообщества микроорганизмов-деструкторов.

В анаэробном слое (25-30 см в повышенных экосистемах и оба слоя в пониженных экосистемах) потери массы торфа обусловлены, вероятно, не функционированием сообщества микроорганизмов, а физическими и физико-химическими факторами, вызывающими выщелачивание из торфа некоторых наиболее подвижных соединений. Поэтому ведущим фактором становится не климат региона, а конкретные условия биотопа, которые сходны в обводнённых болотных экосистемах разных зон и подзон.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Коронатова Н.Г., Миляева Е.В. Продуктивность болотных сосняков южной тайги Западной Сибири // ГЕО-Сибирь-2010.Т.4. Дистанционные методы зондирования Земли и фотограмметрия, мониторинг окружающей среды, геоэкология. Сб.матер. VII Междунар.научн.конгресса «ГЕО-Сибирь-2010», 19-29 апреля 2011 г., Новосибирск. – Новосибирск: СГГА, 2011. – С. 259-262.

2. Коронатова Н.Г., Миронычева-Токарева Н.П. Восстановление растительного покрова на рекультивированном песчаном карьере в северной тайге // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2012. VIII Междунар. науч. конгресс (10-20 апреля 2012, Новосибирск): Междунар. науч. конф. «Дистанционные методы зондирования Земли и фотограмметрия, мониторинг окружающей среды, геоэкология»: Сб. матер. в 2х т. Т.2. - Новосибирск: СГГА, 2012. - С. 28-33.

3. Коронатова Н.Г. Исследование разложения торфа в болотах методом инкубации сухих и влажных образцов // Динамика окружающей среды и глобальное изменение климата. – 2010. - №1. – С. 65-71.

4. Koronatova N.G., Shibareva S.V. Change of peat mass during decomposition in mires of Poland and West Siberia // Contemporary problems of ecology. – 2010. – V.3, № 3/ - P. 312-317. DOI 10.1134/S1995425510030094

© Н.Г. Коронатова, Е.В. Миляева, 2013

ЭКОЛОГИЧЕСКИ ОРИЕНТИРОВАННОЕ ТЕРРИТОРИАЛЬНОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ НА ПРИМЕРЕ МУНИЦИПАЛЬНЫХ ОБРАЗОВАНИЙ КОЧКОВСКОГО РАЙОНА НОВОСИБИРСКОЙ ОБЛАСТИ

Екатерина Борисовна Руденских

Сибирская государственная геодезическая академия, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, аспирант кафедры экологии и природопользования, инженер научно-исследовательского сектора, тел. (383)361-08-86, e-mail: rudenskikh89@mail.ru

В статье рассмотрен процесс экологически ориентированного территориального планирования на примере муниципальных образований Кочковского района Новосибирской области. Представлены основные этапы экологического проектирования и принципы их осуществления, обозначена роль экологической компоненты в системе современного территориального планирования.

Ключевые слова: территориальное планирование, экологическое проектирование, мероприятия по охране окружающей среды.

ENVIRONMENT-FRIENDLY TERRITORIAL PLANNING BY THE EXAMPLE OF MUNICIPAL UNITS IN KOCHKY DISTRICT, NOVOSIBIRSK REGION

Yekaterina B. Rudenskikh

Siberian State Academy of Geodesy, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo, PhD student, department of ecology and wildlife management, tel. (383)361-08-86, e-mail: rudenskikh89@mail.ru

The process of environment-friendly territorial planning by the example of municipal units of Kochky district, Novosibirsk region is considered. The main stages of ecological designing and the principles of their implementation are presented. The role of the ecological component in the system of territorial planning is shown.

Key words: territorial planning, ecological designing, environmental measures.

В настоящее время особое внимание при разработке градостроительной документации уделяется требованиям в области охраны окружающей среды. Закон «Об охране окружающей природной среды», принятый 10 января 2002 г., обязывает при планировании развития территорий соблюдать «требования в области охраны окружающей среды, ... принимать меры по восстановлению природной среды... в соответствии с законодательством» (ст.44, п.2).

На современном этапе развития общественных и экологических систем особую значимость приобретает концепция стратегического взаимосвязанного экологического (ландшафтного) и социально-экономического территориального планирования, которая направлена на регулирование конфликта экономических и социальных интересов и экологических ограничений территории.

Природно-территориальные комплексы не совпадают с границами административно-территориального деления, а вместе они входят в противоречие с

ресурсной обеспеченностью отдельных социально-экономических территорий и экологическими эстерналиями [1]. Поэтому выбор путей устойчивого территориального развития невозможен без корректной оценки природно-ресурсного потенциала, экологических и социально-экономических условий территории с последующим определением возможных вариантов оптимизации землепользования и комплекса мероприятий по их реализации. В качестве инструментария такого экологически ориентированного планирования могут служить методические приемы ландшафтного планирования, совокупность которых применяется для построения пространственной организации деятельности общества в конкретных ландшафтах, обеспечивающей устойчивое природопользование и сохранение основных функций этих ландшафтов как системы поддержания жизни.

Основные приемы экологически ориентированного территориального планирования были использованы при проектировании устойчивого развития территорий муниципальных образований Кочковского района Новосибирской области. Данный проект выполняла Сибирская государственная геодезическая академия в рамках создания генеральных планов 9 муниципальных образований.

Экологическое проектирование осуществлялось в несколько этапов:

1. **Инвентаризационный** - сбор исходных данных в сельских населенных пунктах и отправка писем о предоставлении информации в областные и районные ведомства; обработка и группировка полученной исходной информации;

2. **Оценочный** - создание комплексного представления о проектируемой территории:

а) анализ природных условий и факторов, ограничивающих развитие территории;

б) анализ экологического и санитарного состояния территорий муниципальных образований (состояние атмосферного воздуха, водных ресурсов, почв и ландшафтов);

в) определение основных источников и факторов пагубного влияния на состояние окружающей природной среды и здоровья населения.

г) выявление взаимосвязей между основными направлениями развития муниципального образования и экологическими факторами природной среды для учета их при разработке стратегии развития территории.

3. **Концептуальный** - разработка концепции природоохранной деятельности и конкретных мероприятий по охране окружающей среды.

4. **Картографический** - создание картографического обоснования природоохранных мероприятий.

Схематическое выражение основных этапов проектирования представлено на рисунке 1.



Рис. 1. Принципиальная схема территориального планирования с учетом экологических особенностей территории

На этапе сбора данных уделялось внимание всем возможным вариантам получения информации. Данные районных и областных ведомственных структур, а также информация из муниципальных образований были интегрированы, и в результате такой информационный синтез дал наиболее объективную оценку комплексного состояния окружающей среды на проектируемой территории.

Рассмотрим подробнее оценочный этап на примере муниципального образования Быструхинский сельский совет.

Анализ природный условий и факторов показал, что исследуемое муниципальное образование расположено на юге лесостепной зоны с березовыми колками и остепненными лугами на серых лесных, оподзоленных, выщелоченных почвах и обыкновенных черноземах, на границе со степными ландшафтами, что вносит в климат характерные переходные черты. В отношении рельефа, территория приурочена к Карасукскому увалу, являющемуся частью Приобского плато. Долина реки Карасук делит сельсовет на две части: северо-западную и юго-восточную. Северо-западная часть – плоская, возвышенная равнина, покрытая сетью западин, слабо дренированная. К юго-востоку от долины начина-

ется наклонная равнина, постепенно повышающаяся к границе, где находится водораздел с р. Бурла. Поверхность равнины расчленена балками и оврагами.

Исследуемая территория находится в зоне умеренно-благоприятных условий рассеивания примесей в атмосфере. Самоочищающая способность атмосферы – средняя.

По санитарно-гигиенической оценке климатометеорологических факторов Новосибирской области (В.М. Пивкин) условия проектируемой территории определяются как условно благоприятные; инсоляционные ресурсы и ресурсы УФР благоприятны; зимняя дискомфортность характеризуется интенсивной ветро-метелевой деятельностью, летняя – избыточной солнечной радиацией. Негативные почвенно-климатические факторы: большая часть почв – засоленные, сильная ветровая эрозия: территория располагается в зоне слабого увлажнения (ГТК – 0,9-1,0). Вероятность засушливых лет 25 %. Данная местность нуждается в комплексе мер по борьбе с засухой и ветровой эрозией, в химической и биологической мелиорации засоленных почв.

Территория характеризуется слабой защищенностью геологических структур от проникновения загрязняющих веществ в подземные воды. Наиболее уязвимыми являются грунтовые воды, залегающие на небольшой глубине. Проникновение загрязнений в подземные воды происходит главным образом путем инфильтрации с атмосферными осадками, а также стока в естественные дренажные системы.

В результате оценки состояния природных комплексов были выявлены основные проблемные объекты – водные объекты, представленные рекой Карасук, и ландшафты, преимущественно страдающие от нерационального сельскохозяйственного использования и загрязнения отходами жизнедеятельности, особенно близ населенного пункта.

По качеству поверхностные воды реки Карасук не отвечают требованиям питьевого водоснабжения и пользование их ограничивается промышленностью и сельским хозяйством. По степени загрязненности воды река Карасук относится к 3-5 классу или «умеренно загрязненная». Данные лабораторных исследований воды в р. Карасук представлены в таблице 1.

Таблица 1

Пробы воды в реке Карасук

Наименование показателя	Единицы измерения	Норматив для рекреационного водопользования	Данные на 01.08.0212г.
Аммиак	мг/л	2	0,44
Биохимическое потребление кислорода (БПК5)	мг/л	4 мг O ₂	3,33
Водородный показатель	-	6,5-8,5	9,02
Запах	баллы	2	2
Минерализация (сухой остаток)	мг/л	1000	1141,8

Нефтепродукты	мг/л	0,1	-
Нитраты	мг/л	45	2,2
Нитриты	мг/л	3,3	0,016
Плавающие примеси	-	0	-
Жизнеспособные яйца гельминтов, онкосферы тениид и жизнеспособные цисты патогенных кишечных простейших	число в 25 л	0	0
Колифаги	число бляшкообразующих единиц (БОЕ) в 100 мл	10	0
Общие колиформные бактерии	число бактерий в 100 мл	500	101,8
Возбудители кишечных инфекций		0	0
Термотолерантные колиформные бактерии	число бактерий в 100 мл	100	0

Повышение рН водного объекта говорит о его закисляемости, которая может быть вызвана как природными, так и антропогенными факторами среды, возможно, имеет место зарастание реки. Сухой остаток характеризует общее содержание в воде минеральных солей, их повышенное содержание в водоемах зависит в большинстве случаев от природного фактора и ландшафтных особенностей данной местности. Антропогенный фактор заключается в попадании в водоток сточных вод сельскохозяйственных полей.

На основании аналитических данных был разработан ряд мероприятий и направлений для корректировки сложившейся санитарно-экологической ситуации.

Например, для охраны поверхностных и подземных вод Быструхинского сельсовета предложен следующий комплекс мер:

- выполнение установленных режимов водоохранных зон и прибрежных полос водных объектов;
- выполнение мероприятий по санитарному благоустройству территории поселка: оборудование канализацией, устройство водонепроницаемых выгребов, организация отвода поверхностного стока;
- создание усовершенствованной системы коммунально-бытового обеспечения и осуществление водно-рекреационного благоустройства территории путем внедрения современных методов очистки;
- обеспечение рационального водопользования;
- своевременное обнаружение и устранение поврежденных участков сетей;
- улучшение технологии обработки воды на основе модернизации водочистных сооружений и обеспечение технологии водоподготовки для приведе-

ния качества воды на хозяйственно-питьевые нужды в соответствии с санитарно-гигиеническими требованиями СанПиН 2.1.4.1074-01 «Питьевая вода».

Рациональное природопользование предполагает взаимодействие с природными объектами, с целью получения определенного хозяйственного эффекта. Чтобы управление было достаточно эффективным, необходимо иметь данные о динамических свойствах этих объектов, их изменении в результате антропогенного воздействия. Это необходимо и для прогнозирования последствий вмешательства человека в ход естественных природных процессов. Управление в таком случае должно основываться на достоверной информации о прошлых, настоящих и будущих состояниях окружающей природной среды. Этим целям служат специальные наблюдения за состоянием экосистем и их антропогенными изменениями, т.е. геоэкологический мониторинг [2]. Поэтому еще одной мерой в отслеживании и прогнозировании каких-либо изменений в состоянии природных объектов должен служить геоэкологический мониторинг, который в настоящее время не реализуется на исследуемой территории

Важной частью территориального планирования является картографическая визуализация полученных на предыдущих этапах данных. Для картографического представления информации использовался программный продукт MapInfo Professional 10.5.

В результате работ была создана карта ограничений градостроительного развития для каждого муниципального образования Кочковского района. Ниже представлен фрагмент Карты ограничений градостроительного развития МО Быструхинского сельсовета (Рис.2).

Таким образом, в ходе проектирования устойчивого развития муниципальных образований Кочковского района был обозначен ряд приоритетных задач для обеспечения экологической безопасности, а именно:

- а) сохранение качества водных ресурсов и снабжения ими;
- б) комплексный подход к планированию и рациональному использованию земельных ресурсов;
- в) рациональное управление уязвимыми экосистемами, борьба с опустыниванием и засухами;
- г) содействие ведению устойчивого сельского хозяйства;
- д) сохранение биологического разнообразия;
- е) экологически безопасное использование биотехнологий;
- ж) защита атмосферы;
- з) экологически безопасное управление твердыми отходами и сточными водами;
- и) экологически безопасное управление токсичными химикатами и опасными отходами.

Системный подход к проблемам развития территории – верный путь поиска решений в современных условиях формирования региональной и местной экономики.

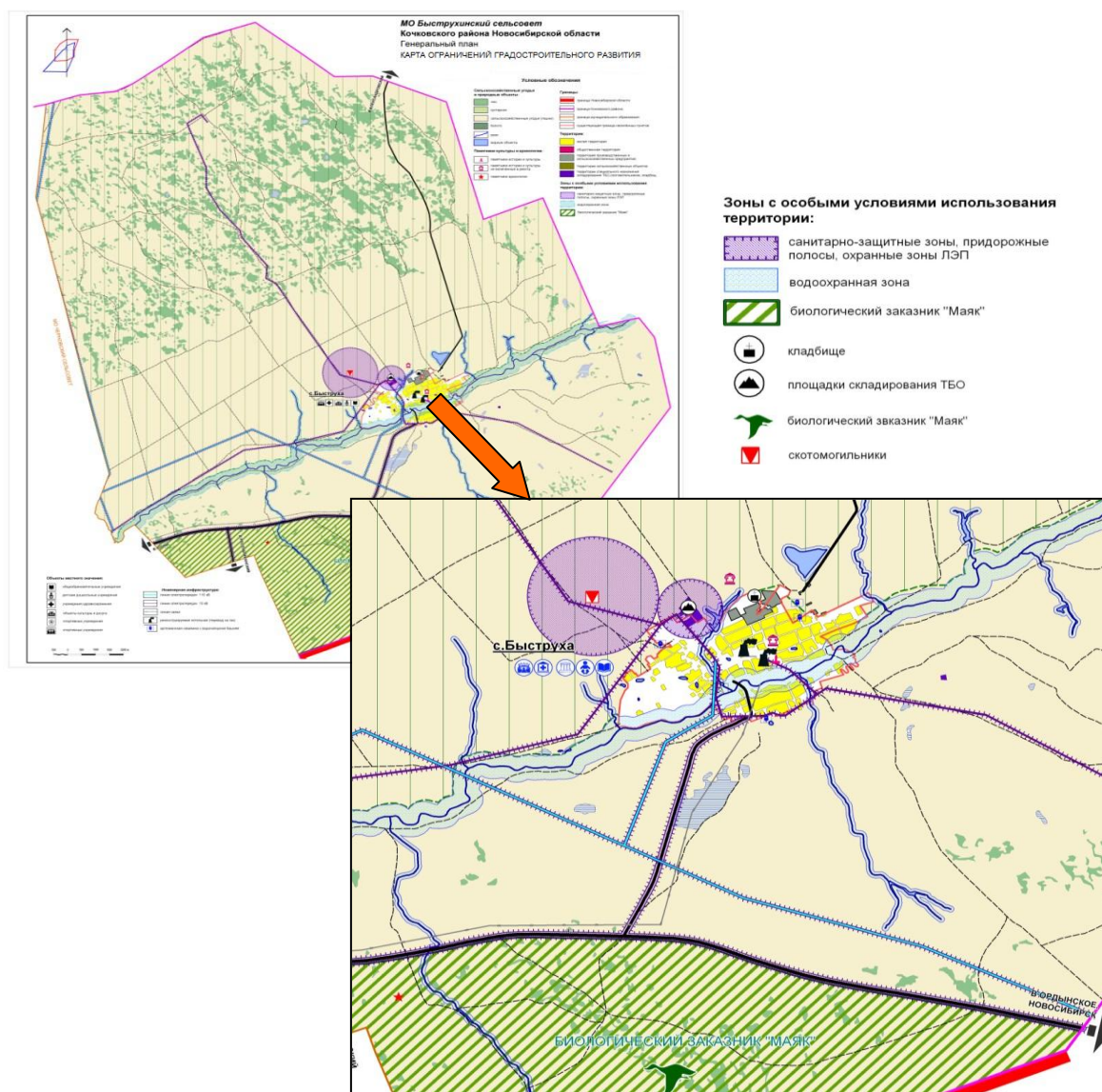


Рис. 2. Карта ограничений градостроительного развития МО Быструхинского сельсовета (общий вид и фрагмент на наиболее загруженную территорию)

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Креймер, М.А. Эффективность применения процедуры ОВОС на территории, где разрабатываются схемы территориального планирования и проводится кадастровая оценка земель [Текст]/ М.А Креймер // ГЕО-Сибирь-2012. Т. 3. Экономическое развитие Сибири и Дальнего Востока. Экономика природопользования, землеустройство, лесоустройство, управление недвижимостью. Ч. 3: сб. матер. VIII Междунар. научн. конгресса «ГЕО-Сибирь-2012», 10-20 апреля 2012 г., Новосибирск. – Новосибирск: СГГА, 2012. – С. 104-109
2. Зайцев, А.А. Совершенствование природопользования и природоохранной деятельности на основе экологического мониторинга [Текст]/ А.А. Зайцев // ГЕО-Сибирь-2012. Т. 2. Экономическое развитие Сибири и Дальнего Востока. Экономика природопользования, землеустройство, лесоустройство, управление недвижимостью. Ч. 3: сб. матер. VIII Междунар. научн. конгресса «ГЕО-Сибирь-2012», 10-20 апреля 2012 г., Новосибирск. – Новосибирск: СГГА, 2012. – С. 125-128

© Е.Б. Руденских, 2013

ЭКОЛОГИЯ ПРИБРЕЖНО-ВОДНЫХ БИОГЕОЦЕНОЗОВ ОЗЕР ЧАНОВСКОЙ СИСТЕМЫ

Оксана Григорьевна Быкова

Сибирская государственная геодезическая академия, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, доцент кафедры экологии и природопользования, 8(913)203 84 47, e-mail: okgrig@mail.ru

В статье рассматривается значение и экологическая роль растений в водных экосистемах, влияние различных факторов на их развитие, а также проблемы рационального использования прибрежно-водной растительности.

Ключевые слова: прибрежно-водная растительность, водная экосистема, биогеоценоз, макрофиты, эвтрофные водоемы.

ECOLOGY OF COASTAL WATER BIOGEOCENOSIS IN CHANY SYSTEM LAKES

Oksana G. Bykova

Siberian State Academy of Geodesy, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., Assist.Prof., Department of Ecology and Natural Resources Management, Siberian Educational Scientific-and-analytical Centre for Geodynamics Monitoring, tel. 8(913)203 84 47, e-mail: okgrig@mail.ru

Ecological role of the plants in water ecosystems is considered. Different factors effect on their development and the problems of coastal water plants protection and rational use are stated.

Key words: coastal water plants, water ecosystem, biogeocenosis, macrovegetation, eutrophic reservoirs.

Чановская озерно-бассейновая система расположена на юге Барабы и включает озера Большие и Малые Чаны и расположенные поблизости водоемы, а также впадающие в них реки, прежде всего Каргат и Чулым.

Чановская геосистема является местом раздела термических поясов – бореального с недостаточной теплообеспеченностью при достаточном увлажнении и суббореального, где достаточно тепла при недостатке влаги.

Важнейшая природная особенность, определяющая функционирование всей системы и ее хозяйственное значение, – внутривековая цикличность общего увлажнения и региональных уровней воды. Естественная растительность отличается высокой видовой насыщенностью и сложной многоярусной структурой. Однако в настоящее время основная часть территории преобразована в агрокультурные ландшафты, которые составляют основной фонд пахотных земель. Здесь размещены селитба, промышленные и сельскохозяйственные объекты.

Озера являются экосистемами, в которых все компоненты взаимосвязаны. При отсутствии внешних воздействий озера достигают некоторого состояния равновесия с окружающей средой, что со временем приводит к более или менее

стабильному положению, когда организмы, обитающие в озерах, приспосабливаются к существующим условиям.

Однако озера редко пребывают в равновесном состоянии. Причины динамики озерных бассейнов различны (рисунок 1), но основными являются колебания климата [1, 3, 4].

Например, озеру Чаны свойственны специфические черты водного режима, своего рода гидрологические пульсации. Каждые 30 – 35 лет в его водном режиме возникают трансгрессии за счет увеличения стока питающих его рек, продолжающиеся 6 – 8 лет. В этот период уровень озера повышается, иногда наблюдается сток из озера в обширную низменность с котловинами небольших соленоватых озер, частично высохших.

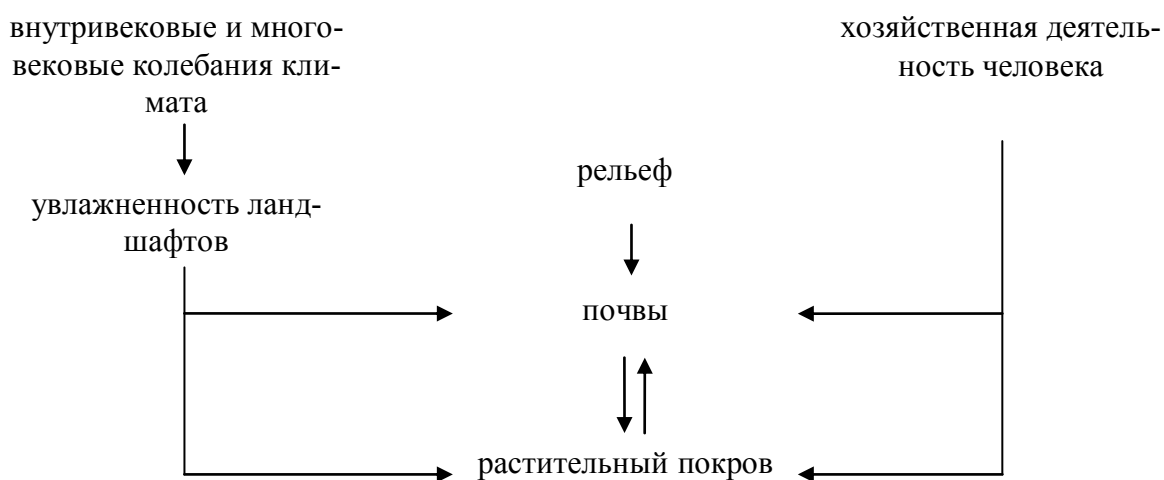


Рис. 1. Влияние различных факторов на растительный покров озерной системы

В 2010 году была исследована водно-прибрежная растительность окрестностей озера Чаны (таблица 1). Они занимают обособленное положение в растительном мире благодаря своим морфологическим, биологическим и экологическим особенностям. Обитание растений в водной среде или в прибрежьях способствовало появлению у них особых черт организации. Среди водных растений эндемиков сравнительно мало, что объясняется нивелирующими физико-химическими условиями водной среды. Это в основном корневищные растения, отличающиеся широкой экологической амплитудой. Они могут расти в самых разнообразных условиях: как в пресных водах, так и в засоленных, непосредственно в водной среде и в виде наземных форм - во влажных местах [2, 6, 7].

Значение и роль прибрежно-водных растений в водных экосистемах трудно переоценить. Они являются пищевым ресурсом и местом обитания для многих рыб, водных и наземных птиц и животных. Водные растения используются в качестве промышленного сырья, корма для сельскохозяйственных животных

и домашней птицы. Видовое разнообразие беспозвоночных в зарослях макрофитов значительно выше, чем в открытой части водоемов, велика численность и биомасса планктонных и бентосных организмов. Заросли прибрежных растений являются мощным очистительным агентом водоемов от различных органических и минеральных загрязнителей.

Таблица 1

Ценоотическое разнообразие макрофитной растительности оз. Чаны

№	Формация	Малые Чаны	Большие Чаны
1	Класс подводной растительности		
1.	Руппия морская	+	+
2.	Рдест гребенчатый	+	+
3.	Роголистник полупогруженный	+	-
4.	Хара войлочная	-	+
2	Класс надводной растительности		
5.	Рогоз узколистный	+	+
6.	Тростянка овсяницевая	+	-
7.	Тростник южный	+	+
8.	Клубнекамыш приморский	+	+
Всего формаций		7	6

Несмотря на наличие общих закономерностей распределения растений в водоемах сообщества в пределах каждого водоема имеют свои индивидуальные особенности, – отличаются флористическим составом, обилием, занимаемой площадью и распределением по территории. Большую роль в этом играет температурный и световой режим водоема, гидрологические, гидрохимические, морфометрические показатели водоема и другие факторы. Они определяют тип условий, благоприятных для существования тех или иных сообществ прибрежно-водной растительности.

Водная растительность развивается главным образом в литорали и сублиторали, образуя сплошную или прерывистую полосу различной ширины вдоль берега, вокруг островов и мелей, реже покрывает все ложе озера.

Глубина распространения водных растений зависит от величины прозрачности воды, изменяясь от 2 до 4 метров, а в редких случаях – до 8 метров.

Наиболее заросшими водоемами являются мелководные и прозрачные озера. Они зарастают практически на 100%. В этих озерах доминируют погруженные макрофиты (в основном рдесты).

Высшая водная растительность произрастает в прибрежье всех типов водоемов. Наиболее благоприятным для ее развития является эвтрофный тип водоема с выраженной литоралью, илистым дном, высокой прозрачностью, наличием в толще воды и донных отложениях достаточного количества биогенных элементов. В экологически оптимальных условиях эвтрофных водоемов сооб-

щество прибрежно-водной растительности достигает наибольшего разнообразия и высоких биомасс, чего никогда не наблюдается в иных по трофности водоемах или нарушенных биотопах [2, 6].

Основные сведения о состоянии водной и прибрежно-водной растительности озера Чаны с 1976 – 2003 гг. содержатся в работах В.М. Катанской и Б.Ф. Свиреденко [5, 7].

Максимальное таксономическое разнообразие макроскопических растений отмечено в крупных озерах: Малые Чаны и Большие Чаны (по 37 видов, или по 80,4 % общего видового состава). Они представляют обширные акватории с большим разнообразием отдельных частей по величине минерализации воды, условиям донных грунтов, глубине. Максимальной активностью обладают только 3 вида: тростник южный, рдест гребенчатый, клубнекамыш приморский.

Рассмотрим некоторые ключевые участки оз. Малые и Большие Чаны. Ключевой участок в заливе Золотые Россыпи (устье р. Чулым). Мелководья вдоль берегов на глубине до 1 м имеют илистые грунты, представленные черными тонкодетритными илами, местами перекрытыми грубым растительным детритом. В полосчатом контуре шириной от 50 до 200 м представлена микрокомбинация, сформированная ценозами трех формаций: тростника южного – проективное покрытие ((ПП) 4 – 60 %) с рогозом узколиственным (ПП 5 – 10 %), роголистником полупогруженным (ПП 80 %), ряской малой и трехдольной (ПП по 5 – 10 %). В составе таких группировок участвуют постоянные, но не доминирующие виды растений, как: камыш Табернемонтана, риччиокарп плавающий. Высота тростниково-рогозового яруса достигает более 2 м. Местами среди тростниковых группировок отмечены фрагменты фитоценозов рогоза узколиственного (ПП 20 – 30 %) с роголистником полупогруженным (ПП 80 %) и группировки роголистника полупогруженного (ПП 100 %) с пузырчаткой обыкновенной (ПП 10 %) и ряской трехдольной (ПП 10 %). На плесах на расстоянии от 1 до 1,5 м сформированы группировки рдеста гребенчатого (ПП 10 %) с роголистником полупогруженным (ПП 5 – 10 %), занимающие темно-серые илистые грунты.

Ключевой участок в заливе оз. Большие Чаны восточнее полуострова Кондаков. Мелководья до 0,6 м заняты группировкой тростника южного (ПП 40 – 50 %) с пузырчаткой обыкновенной (ПП 20 – 40 %). Основными грунтами здесь являются грубодетритные илы на заиленном песке. В группировках тростника отмечены камыш Табернемонтана, рогоз узколиственный, роголистник полупогруженный, ряска трехдольная. Ширина полосчатого контура, занятого данной микрокомбинацией, достигает от 50 до 100 м. Высота тростникового яруса до 2,3 м. На глубине от 0,6 – 2 м распространены одновидовые группировки тростника южного (ПП 50 – 80 %). Основными грунтами здесь являются слабо заиленные пески. Ширина полосчатого контура тростниковых ценозов достигает 50 – 70 м. Высота тростникового яруса до 2,6 м. Центральная часть плеса в заливе имеет глубины от 2 до 2,3 м. На темно-серых илах здесь широко распространены группировки рдеста гребенчатого (ПП 40 – 80 %) [2,7].

Многолетняя изменчивость уровня режима озер оказывает большое влияние на водно-прибрежную растительность.

Периодическое усыхание и наполнение озерных котловин-блюдеч приводит к постоянной перестройке структурных комплексов этих водоемов, высокой динамичности структурных элементов и нередко коренной перестройке вторичной структуры. Так, в годы с высоким стоянием уровня воды заросли водных растений изреживаются, увеличивается площадь свободного водного зеркала. Возрастает роль волнобоя, который начинает угнетающе действовать на заросли, приводит к сокращению нимфейных, изреживанию подводных лугов рдестов. С падением уровня воды происходит новая перестройка структуры водоемов. С обмелением водоема увеличивается прогреваемость водных масс, более интенсивными становятся микробиологические процессы в подводном торфе и прибрежных илах. В результате газоотделения вспучиваются прибрежные илы, участки подводного торфа, которые поднимаются на поверхность водоема. Интенсивно разрастается растения, которые препятствует произрастанию рдестов и др. растений. Как в трансгрессивную фазу водности, так и в регрессивную фазу состав прибрежно-водных биогеоценозов оставался неизменным, но вследствие изменчивости уровня воды и смещения береговой линии наземные и аквальные биогеоценозы замещают друг друга [4].

О наличии антропогенного воздействия на водную экосистему озера свидетельствует пышное развитие роголистника погруженного, а это в свою очередь приводит к зарастанию водоема, и завершается, как правило, их заболачиванием.

Небольшие заросли подводной растительности выполняют положительную роль в водоеме, так как они являются местом нереста фитофильных рыб. Если же водные растения занимают более 25 % площади водоема, то они оказывают отрицательное влияние на ихтиофауну.

В этом случае снижается рыбопродуктивность водоема и ухудшается его гидрохимический режим. В темное время суток растения могут создавать дефицит кислорода в воде и тем самым вызвать замор рыбы в водоеме.

Наиболее эффективным мероприятием по борьбе с зарастанием озер является биологическая мелиорация, предусматривающая зарыбление водоемов семейством карповых (белым амуром), использующие водные растения в качестве пищи. Плотность посадки их молоди в водоем необходимо определить на основе имеющихся данных по биомассе водной растительности, ее видовому составу и принимаемой величине кормового коэффициента, который зависит от ее биологической ценности, температуры воды и возраста карповых.

Анализ развития водной растительности в водоемах, позволяет сделать следующие выводы:

- погруженная растительность достаточно полно характеризует состояние водоемов и происходящие в них изменения;
- прибрежно-водная растительность более консервативна, чем сообщества фито-, зоопланктона и бентоса, поэтому видовой состав макрофитов, их

биомасса и проективное покрытие могут являться показателями изменения качества воды.

Таким образом, видовой состав прибрежно-водной растительности позволяет достаточно точно охарактеризовать экологическое состояние экосистемы.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Быкова О.Г. Комплексная оценка состояния водных экосистем Чановского региона // Интерэкспо Гео-Сибирь. – 2009. – Т.4. №2.– с. 149 – 152.
2. Быкова О.Г. Адаптация растительных сообществ Барабы к природным циклам // Интерэкспо Гео-Сибирь. – 2011. – Т.4. – с. 249 – 253.
3. Вагина Т.А. Динамика развития растительного покрова Барабинской низменности // Природные циклы Барабы и их хозяйственное значение. Новосибирск: Наука, 1982. – с. 65 – 77.
4. Дурников Д.А. Влияние природных и антропогенных факторов на гидрофильную флору водных экосистем юга Обь-Иртышского междуречья // Сибирский экологический журнал. – 2010. – Т.4. – с. 533 – 542.
5. Катанская В.М. Высшая водная растительность // Пульсирующее озеро Чаны. – Л.: Наука, 1982. – с. 216 – 234.
6. Садчиков А.П., Кудряшов М.А. Экология прибрежно-водной растительности. – М.: НИА-Природа, РЭФИА, 2004. – 220 с.

© О.Г. Быкова, 2013

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ УРБАНИЗИРОВАННОЙ ТЕРРИТОРИИ ПО ВЕЛИЧИНЕ ФЛУКТУИРУЮЩЕЙ АСИММЕТРИИ ЛИСТА

Людмила Константиновна Трубина

Сибирская государственная геодезическая академия, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, профессор кафедры экологии и природопользования, тел. 361-08-86, e-mail: kaf.ecolog@mail.ru

Елена Петровна Храмова

Центральный сибирский ботанический сад СО РАН 630090, Россия, г. Новосибирск, ул. Золотодолинская, 101, старший научный сотрудник, факс: 8(383)3301986, e-mail: khramova@ngs.ru

Анна Юрьевна Луговская

Сибирская государственная геодезическая академия, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, аспирант кафедры экологии и природопользования, тел. 361-08-86, e-mail: aulyg@mail.ru

В статье приведены результаты исследования влияния транспортно-промышленного загрязнения на *Potentilla fruticosa*. Установлено, что растения *Potentilla fruticosa* в ответ на техногенное воздействие проявляют реакцию, заключающуюся в сокращении размеров ассимиляционных органов, длины годичных побегов, черешка листа.

Ключевые слова: *Potentilla fruticosa* L., морфологические показатели, флуктуирующая асимметрия, транспортно-промышленное загрязнение.

ASSESSMENT OF ENVIRONMENT CONDITION ON URBANIZED TERRITORY BY THE VALUE OF THE LEAF FLUCTUATING ASYMMETRY

Lydmila K. Trubina

Siberian State Academy of Geodesy, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., Prof, Department of Ecology and Natural Resources Management, tel. 3610886, e-mail: kaf.ecolog@mail.ru

Elena P. Khramova

Central Siberian Botanic Garden, Siberian Branch of Russian Academy of Sciences, 630090, Russia, Novosibirsk, 101 Zolotodolinskaya, Senior staff scientist, tel./fax: 8(383)3301986, e-mail: khramova@ngs.ru

Anna Yu. Lugovskaya

Siberian State Academy of Geodesy, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., Post-graduate, Department of Ecology and Natural Resources Management, tel. 3610886, e-mail: aulyg@mail.ru

It was stated that *Potentilla fruticosa* plants respond to industrial and transport pollution in cities by reducing the size of assimilation organs, the length of yearly shoot and butt, and increase in the leaf fluctuating asymmetry value.

Key words: *Potentilla fruticosa*, morphological indices, fluctuating asymmetry, industrial and transport pollution.

Экологическое состояние г. Новосибирска – крупнейшего промышленного города в последние годы остается напряженным. Более того, просматривается тенденция к его ухудшению, в основном, за счет увеличения количества автотранспорта, антропогенного загрязнения почв, повышения акустических, электромагнитных и других факторов [7]. Приоритетными загрязнителями по данным ЗапСиб ЦМС г.Новосибирска зафиксированы пыль, азота диоксид, аммиак, оксид углерода, формальдегид, 3,4-бенз(а)пирен.

Использование методов биологического мониторинга позволяет получить оценку воздействия комплекса ряда внешних факторов на растительные организмы и ответную реакцию растений на них. В качестве индикаторов стрессового состояния используются показатели флуктуирующей асимметрии (ФА) листа. ФА представляет собой случайные незначительные отклонения от симметричного состояния билатеральных морфологических структур, обусловленные стохастичностью молекулярных процессов, лежащих в основе экспрессии генов (онтогенетическим шумом). Величина ФА возрастает при действии любых стрессовых факторов среды, которые приводят к нарушению стабильности морфогенеза листа, и как следствие, увеличению его асимметрии [3].

Цель работы заключалась в изучении изменений морфологических показателей конечной доли листа *Potentilla fruticosa*, определении флуктуирующей асимметрии и оценке состояния городской среды в условиях промышленно-транспортного воздействия в г. Новосибирске.

Для исследования взяты растения *Potentilla fruticosa* L. - лапчатки кустарниковой, высаженные на газоне вдоль автомобильной магистрали по ул. Шамшурина в Железнодорожном районе (участок 1), в сквере на Монументе Славы вдоль автомобильной дороги по ул. Пархоменко в Ленинском районе (участок 2) и растения, выращенные на интродукционном участке ЦСБС СО РАН, расположенном среди лесного массива в относительно благоприятном с экологической точки зрения районе (Советский район, Академгородок), принятом за контроль (участок 3).

С каждого растения равномерно по всей кроне отбирали по 10 годичных побегов в период полного развития листа - в фазе массового цветения, объем выборки на каждом участке составлял по 10 особей ($n=100$).

Для измерения метрических параметров листа проводили съемку цифровой камерой в режиме «макро», с последующей обработкой снимков и интерпретацией результатов средствами геоинформационных технологий и электронных таблиц, используя программное обеспечение MapInfo и Microsoft Excel [4].

Для оценки величины ФА конечной доли листовой пластинки *P.fruticosa* использовали набор из 4 - х морфологических признаков, характеризующих стабильность формообразования листа в онтогенезе, которые измеряли в следующей последовательности: 1 - длина второй от основания листа; 2 - ширина половинки листа; 3 - расстояние между основаниями первой и второй жилкой; 4 - расстояние между концами этих же жилок.

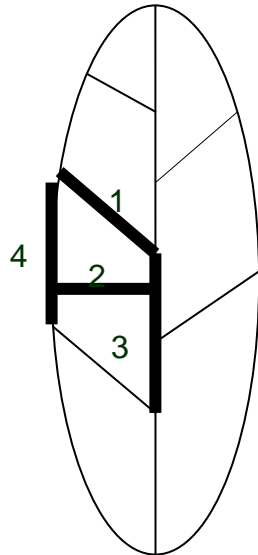


Рис. 1 Порядок измерения флуктуирующей асимметрии *P.fruticosa*, где 1- длина второй от основания листа; 2 - ширина половинки листа; 3 - расстояние между основаниями первой и второй жилкой; 4 - расстояние между концами этих же жилок

Расчет интегрального показателя ФА комплекса морфологических признаков листовой пластинки проводили с использованием алгоритма нормированной разности [1,2]:

$$\bar{A} = \frac{1}{m \cdot n} \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \frac{|L_{ij} - R_{ij}|}{(L_{ij} + R_{ij})},$$

где: L_{ij} и R_{ij} значение j -го признака у i -го листа, соответственно, слева и справа от плоскости симметрии; m – количество анализируемых признаков; n – объем выборки листьев. По бальной шкале для интегрального показателя величины флуктуирующей асимметрии.

Как показали результаты исследований, величина ФА листа пятилистника кустарникового в точках отбора образцов варьировала от 0,048 в контроле до 0,158-0,182 в городских посадках (табл.1) [5].

Каждому значению ФА соответствует балл, который определяет уровень техногенного загрязнения. Использована 5-ти балльная шкала оценки стабильности развития яблони [4], согласно которой за норму принимается $\Phi A < 0.100$ (1 балл), переход от нормы к загрязнению $0,100 < \Phi A < 0,119$ (2 балла), загрязнение $0,120 < \Phi A < 0,139$ (3 балла), сильное загрязнение $0,140 < \Phi A < 0,159$ (4 балла), критическое загрязнение $\Phi A > 0,159$ (5 баллов).

Из полученных данных следует, что на участке 1 в уличной посадке (Железнодорожный район) значение ФА равно 5 баллам, что соответствует критическому уровню загрязнения; на участке 2 в сквере (Ленинский район) – 4 баллам (сильное загрязнение), в контроле на интродукционном участке ЦСБС - 1 баллу (норма).

Таблица 1

Флуктуирующая асимметрия конечной доли листа *Potentilla fruticosa* из различных участков г. Новосибирска

Участок	Величина интегрального показателя флуктуирующей асимметрии	Балл
1 участок	0,182±0,003	5
2 участок	0,158±0,003	4
3 участок (контроль)	0,048±0,002	1

В результате проведенного исследования установлено, что растения *Potentilla fruticosa* в ответ на промышленно-транспортное влияние в городских условиях проявляют реакцию, заключающуюся в изменении морфометрических показателей листа и возрастании величины флуктуирующей асимметрии. Выявлено, что уровень загрязнения в уличной посадке соответствует критическому, в сквере - сильному, а в контрольном участке – нормальному.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Захаров В.М. Асимметрия животных. – М.: Наука, 1987. – 216 с.
2. Захаров В.М., Чубинишвили А.Т., Дмитриев С.Г., Баранов А.С. Здоровье среды: Практика оценки. М.: Центр экологической политики России. 2000. 320с.
3. Хузина Г.Р. Характеристика флуктуирующей асимметрии билатеральных признаков листа липы мелколистной (*Tilia cordata* L.) // Биология, Науки о Земле. 2011. № 3. С. 47-52.
4. Храмова Е.П., Тарасов О.В., Трубина Л.К. Использование метода компьютерного анализа изображений в ботанических исследованиях // Сборник материалов IV Международного научного конгресса «ГЕО-Сибирь-2008», 2008. Т.3. С.3-7
5. Храмова Е.П., Трубина Л.К., Луговская А.Ю. Изменение морфологических и биохимических показателей *Potentilla Frutikosa* в условиях промышленного загрязнения// Сб. материалов IV Всероссийской конференции: 26-29 марта 2012г. г.Нижний Тагил, Свердловская обл. 2012.С 25-27.
6. Кузнецов М.Н., Гольшкин Л.В. Сравнительная характеристика особенностей флуктуирующей асимметрии листьев яблони в разных экологических условиях // Сельскохозяйственная биология. 2008. № 3. С.72-77.
7. Пивкин В.М., Чиндяева Л.Н. Экологическая инфраструктура сибирского города (на примере Новосибирской агломерации). - Новосибирск: Сибпринт, 2002. - 184с.

© Л.К. Трубина, Е.П. Храмова, А.Ю. Луговская, 2013

ЦИФРОВЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ В УСТРОЙСТВАХ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Юрий Юрьевич Рязанцев

ОАО «ЦКБ«Точприбор», 630049, г. Новосибирск, ул. Дуси Ковальчук, 179/2, инженер, тел (383)225-96-48, e-mail: yuranum@yandex.ru

Рассмотрены вопросы построения систем с датчиками разной физической природы, в частности с телевизионным и ИК каналом. Решается задача организации управления каналами и обработкой видеосигналов на базе ПЛИС.

Ключевые слова: многоканальные системы наблюдения, управление системами технического зрения, ПЛИС, комплексирование.

DIGITAL CONTROL SYSTEMS IN SPECIAL PURPOSE DEVICES

Yury Yu. Ryazancev

JSC «CDB«Tochpribor», 630049, Russia, Novosibirsk, D. Kovalchuk, 179/2, Engineer, tel. (383)225-96-48, e-mail: yuranum@yandex.ru

Some questions about multispectral systems develop is described. The principles of the channel control and image processing by CPLD is presented.

Key words: multispectral observation systems, technical vision control, CPLD, image fusion.

Техническое зрение — это одна из инновационных областей науки, которая постоянно развивается и имеет большие перспективы. Современные многоканальные оптико-электронные системы наблюдения (МСН) имеют в своем составе датчики различной физической природы. Каждый датчик обладает уникальными свойствами и характеристиками и вносит свой вклад в изображение, которое анализирует человек-оператор комплекса.

Большое распространение получили системы, снабженные тепловизионной (ТПВ) и телевизионной (ТВ) камерами. Пример построения такой системы приведен на рисунке 1.

Контроллер осуществляет прием сигналов управления, дешифрацию команд и передачи их в электронный блок. Кроме этого в контроллере осуществляется управление включением и выключением прибора, контроль питающих напряжений и управление исполнительными устройствами.

В электронном блоке (ЭБ) осуществляется формирование управляющих сигналов, необходимых для работы системы. Кроме того в нем осуществляется формирование тепловизионного видеосигнала, служебной информации, цифровая обработка и преобразование. Блок через интерфейс принимает управляющие команды от контроллера или через отдельный интерфейс с персональный

компьютера (ПК), дешифрует их и формирует соответствующие команды для управления режимами работы системы.

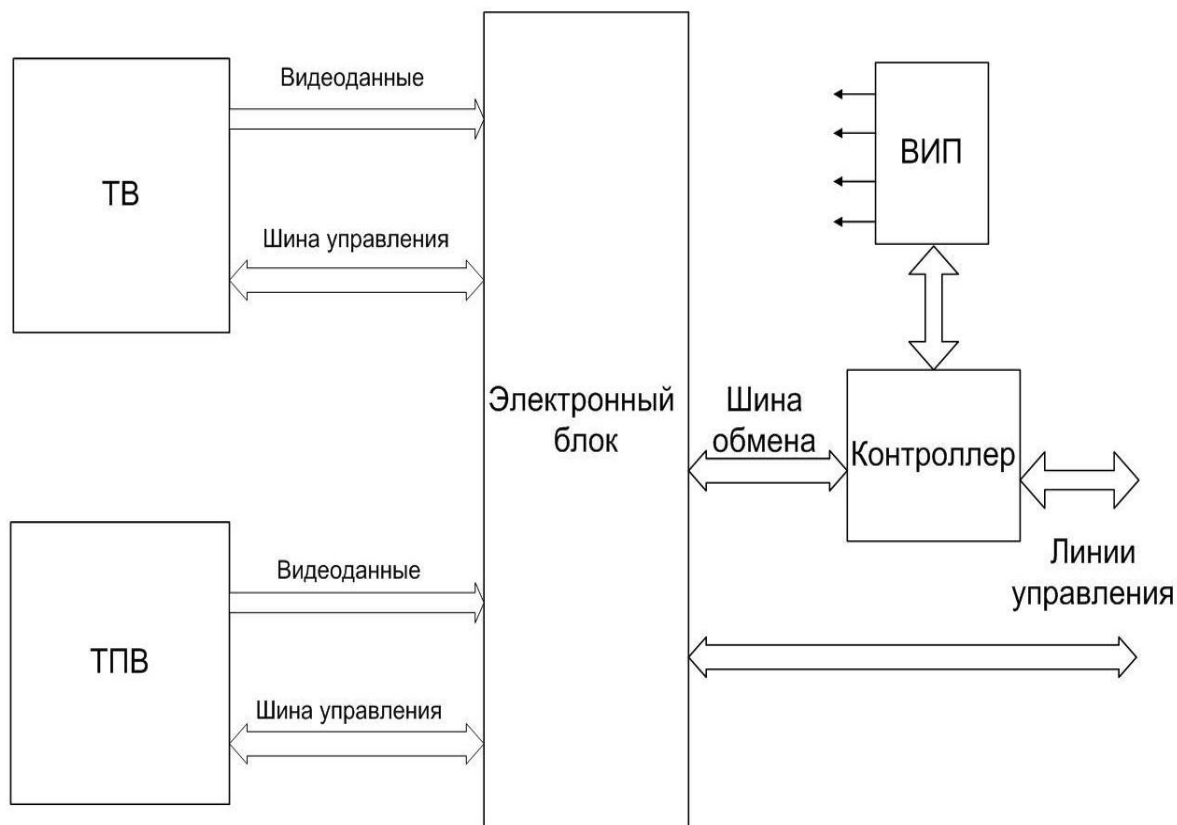


Рис. 1. Структурная схема многоканальной системы

Электронный блок может быть реализован на базе цифрового сигнального процессора (DSP) или программируемой логической интегральной схемы (ПЛИС) [1].

Функциональная схема электронного блока, построенного на базе ПЛИС, представлена на рисунке 2.

Видеосигнал с выхода ТПВ канала поступает на вход аналого-цифрового преобразователя (АЦП), где преобразуется в параллельный цифровой код. Далее осуществляется преобразование и цифровая обработка сигнала. После обработки цифровой видеосигнал преобразуется в аналоговую форму и выводится на дисплей.

В состав электронного блока входит контроллер, содержащий устройства необходимые для управления режимами работы, настройки, диагностики системы и связи с внешним оборудованием. Контроллер имеет FLASH-память, энергонезависимую память, оперативную память и интерфейсные устройства. Устройства электронного блока обмениваются данными с контроллером по шине управления.

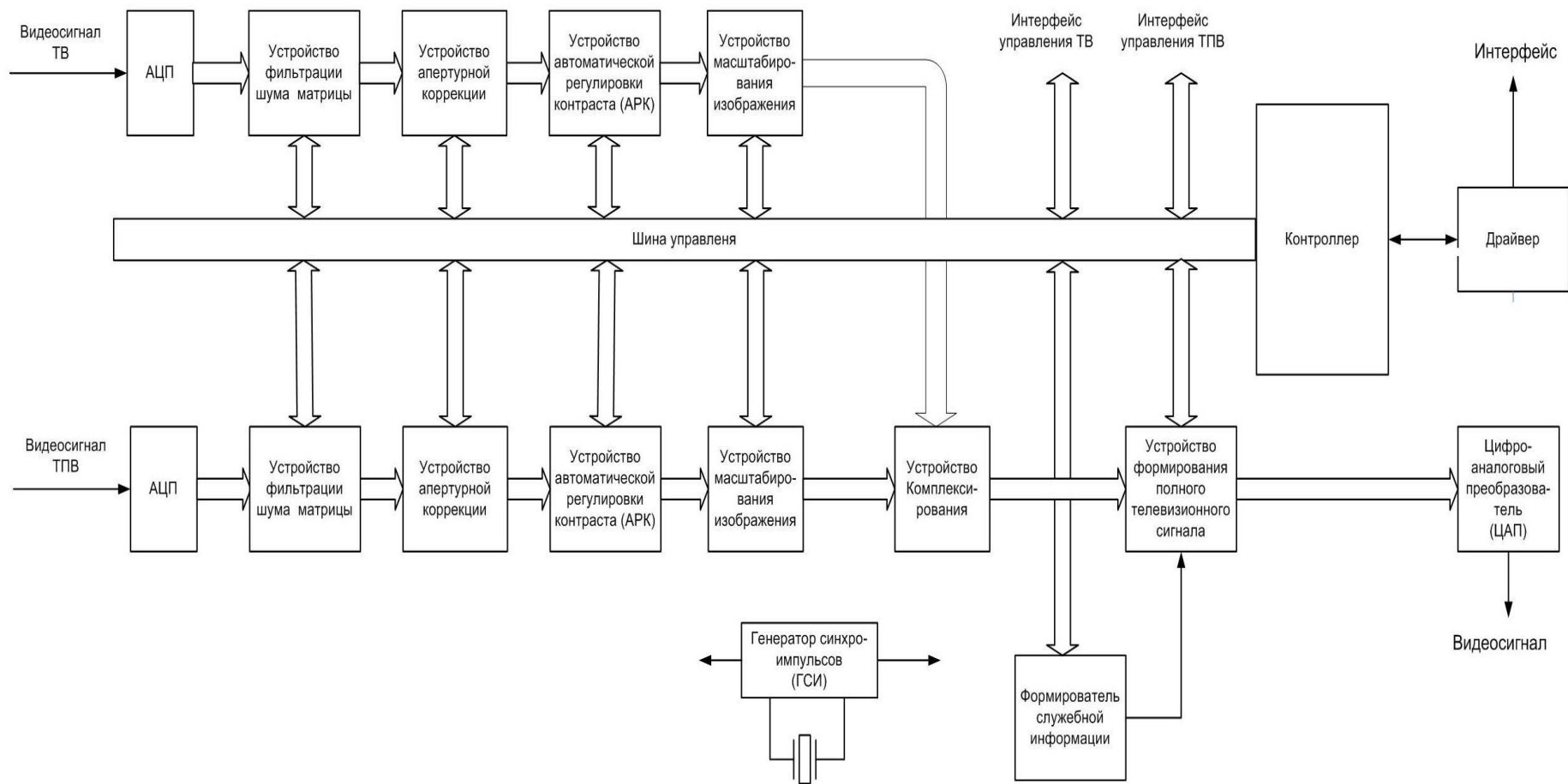


Рис. 2. Функциональная схема электронного блока

Основные функции преобразования и обработки, выполняемые в электронном блоке, следующие:

- Фильтрация шума. Чувствительность прибора в первую очередь зависит от соотношения сигнал/шум [2]. Для улучшения этого параметра в ЭБ используются пространственный и временной фильтры, а также их комбинация. Каждый из этих фильтров имеет свои достоинства и недостатки.

- Повышение четкости изображения. Согласно [2] суммарная модуляционная передаточная функция (МПФ) прибора, а, следовательно, четкость изображения объектов определяется пятью компонентами: кружков рассеяния оптической системы, геометрией приемника, частотной характеристикой приемника, характеристикой электронного устройства обработки сигнала и кружком рассеяния на индикаторе. Для компенсации указанных искажений служит устройство апертурой коррекции.

- Автоматическая регулировка контраста. Перепад контрастов очень сильно меняется в зависимости от наблюдаемого изображения. Большие перепады контрастов затрудняют обнаружение и опознавание объектов.

- Электронное масштабирование изображения. Для приведения ТВ и ТПВ изображения к единому полю зрения служит устройство электронного масштабирования.

- Формирование служебной информации.

- Устройство комплексирования. Алгоритмическое обеспечение задачи комплексирования включает нормирование изображений по динамическому диапазону, пространственному разрешению, геометрическим характеристикам и их объединение. Выполняется точное совмещение полей зрения и линий визирования, синхронизация и выравнивание видеопотоков ТВ- и ТПВ-каналов, а затем их попиксельное слияние [3],[4].

- Преобразование телевизионного стандарта.

В большинстве работ, посвященных данной задаче, не учитывается факт пространственного смещения изображений, обусловленного конструктивными особенностями МСН, либо рассматриваются частные случаи решения данной проблемы, например для фиксированного формата камеры. Тем не менее, в некоторых работах задачу комплексирования разбивают на два этапа: привязку, необходимую для пространственного совмещения изображения, и непосредственно синтез изображений, позволяющий объединить информацию разного спектра.

В настоящее время не существует единого алгоритма комплексирования изображений в МСН. В существенной степени это связано с тем, что оценка качества предъявляемых изображений является субъективной и зависит от психофизиологических особенностей оператора, решаемой задачи и условий наблюдения [5].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Шахнов В.А., Власов А.И., Кузнецов А.С., Поляков Ю.А. Нейрокомпьютеры - архитектура и реализация. МГТУ им. Баумана, 2000г.

2. Ллойд Дж. Системы тепловидения.- М.; Мир, 1978.- 414с.
3. Желтов С.Ю., Визильтер Ю.В. Проблемы технического зрения в современных авиационных системах. ИКИ РАН, 16 марта 2010. - с. 11-44.
4. Костяшкин Л. Н., Бабаев С. И., Логинов А. А., Павлов О. В. Технологии систем улучшенного синтезированного зрения для управления летательными аппаратами. ИКИ РАН, 16 марта 2010. - с. 45-57.
5. Михеев С.М. Комплексование изображений разных диапазонов спектра в многоканальных системах наблюдения. МАИ.- Москва, 2011.- 112 с.

© Ю.Ю. Рязанцев, 2013

СОДЕРЖАНИЕ

1. <i>В.И. Кузин, Н.А. Лаптева.</i> Математическое моделирование стока из бассейна реки Лена.....	3
2. <i>В. Фофонова, С. Данилов, А. Андросов, М. Жуков, О. Семёнова, П. Овердуин, К. Вилтшаир.</i> Моделирование гидродинамики шельфовой зоны моря Лаптевых.....	8
3. <i>В.В. Малахова, Е.Н. Голубева.</i> Оценка возможного потока метана на шельфе морей Восточной Арктики в результате его разгрузки из донных источников	19
4. <i>Л.И. Курбацкая, А.Ф. Курбацкий.</i> Моделирование глобальной перемежаемости турбулентности в устойчивом атмосферном пограничном слое: численное исследование	25
5. <i>В.Ф. Рапута.</i> Анализ полей радиоактивного загрязнения территорий аварийными выбросами Сибирского химического комбината.....	30
6. <i>В.В. Коковкин, В.Ф. Рапута, О.В. Шуваева.</i> Мониторинг загрязнения тяжелыми металлами снежного покрова в окрестностях Новосибирского оловокомбината	36
7. <i>Т.Г. Опенко, В.Ф. Рапута, С.Н. Богатырёв.</i> Оценка риска злокачественных новообразований вблизи крупной автомагистрали Новосибирска.....	42
8. <i>К.А. Семенова.</i> Количественная оценка и пространственный анализ биоэнергетического потенциала Томской области.....	48
9. <i>Л.К. Трубина, Б.В. Селезнев, Д.В. Панов.</i> Геоинформационный анализ форм рельефа для оценки земель г. Новосибирска	54
10. <i>М.В. Якутин.</i> Почвенно-микробиологические характеристики в мониторинге экосистем, формирующихся в подзоне сухих степей.....	59
11. <i>М.В. Якутин, В.С. Андриевский, А.И. Шепелев.</i> Использование почвенно-биологических методов в мониторинге пойменных экосистем в районе Средней Оби	65
12. <i>А.Г. Шарикалов, М.В. Якутин.</i> Использование методики автоматизированного дешифрирования при анализе состояния экосистем в таежной зоне Западной Сибири	71

13. <i>Н.В. Глушкова, Д.А. Чупина, С.А. Котлер.</i> Анализ динамики засоленных комплексов для оценки степени аридизации территории Западной Сибири на основе ГИС и ДЗ	77
14. <i>Л.К. Трубина, Е.И. Баранова, Г.С. Чагина.</i> Геоинформационное картографирование и инвентаризация зеленых насаждений	82
15. <i>А.М. Косарева, В.А. Юдкин.</i> Картографическая визуализация результатов зимних маршрутных учётов косули сибирской (<i>Capreolus pygargus</i>) в Новосибирской области	86
16. <i>О.Л. Лаврик, В.В. Рыкова.</i> Возможности электронной библиотеки ГПНТБ СО РАН для обеспечения исследований в области природопользования и устойчивого развития	95
17. <i>М.Н. Алексеева, И.Г. Яценко.</i> Экологический мониторинг нефтедобывающих территорий на основе космических снимков.....	101
18. <i>О.Н. Николаева.</i> О совершенствовании информационного обеспечения картографирования природных ресурсов	107
19. <i>Т.Ш. Фузелла.</i> Количественная оценка и картографирование энергopotенциала гумусового слоя для почв Томской области.....	113
20. <i>М.А. Креймер.</i> Климат и прогноз загрязнения атмосферного воздуха в городе	116
21. <i>И.И. Амелин, З.А. Лятидевская.</i> Импактные структуры Сибири	122
22. <i>О.Г. Невидимова.</i> Биоклиматический и рекреационный потенциал Чановской озерной системы	127
23. <i>О.Г. Невидимова, Е.С. Волкова.</i> Районирование Томской области по уровню дискомфортности окружающей среды для жизнедеятельности населения	130
24. <i>Н.П. Миронычева-Токарева, Н.П. Косых, Н.Г. Коронатова.</i> Деструкция растительного вещества в лесотундре.....	133
25. <i>Ю.Н. Самсонов, В.И. Макаров.</i> Санитарно-гигиенические риски от первичного и вторичного ветрового сноса пестицидных веществ при разных методах их применения	139
26. <i>В.В. Головки, В.Л. Истомин, К.П. Куценогий.</i> Определение скорости седиментации пыльцевых частиц растений, произрастающих в Западной Сибири.....	145
27. <i>Ю.С. Ларионов.</i> Биоземледелие как новая парадигма экологически безопасного сельскохозяйственного производства	151

28. <i>Б.М. Кленов.</i> Элементный состав гуминовых кислот как индикатор экологической устойчивости почв.....	157
29. <i>Л.Ю. Анопченко, М.В. Якутин.</i> Изменение соотношения площадей засоленных и незасоленных почв в процессе обсыхания Барабинской равнины.....	160
30. <i>Н.Г. Коронатова, Е.В. Миляева.</i> Деструкция торфа в болотах разных зон и подзон Западной Сибири.....	166
31. <i>Е.Б. Руденских.</i> Экологически ориентированное территориальное планирование на примере муниципальных образований Кочковского района Новосибирской области.....	172
32. <i>О.Г. Быкова.</i> Экология прибрежно-водных биогеоценозов озер Чановской системы.....	179
33. <i>Л.К. Трубина, Е.П. Храмова, А.Ю. Луговская.</i> Оценка качества окружающей среды урбанизированной территории по величине флуктуирующей асимметрии листа.....	185
34. <i>Ю.Ю. Рязанцев.</i> Цифровые системы управления в устройствах специального назначения.....	189

CONTENTS

1. <i>V.I. Kuzin, N.A. Lapteva</i> . Mathematical modelling of the runoff from the Lena river basin	3
2. <i>V. Fofonova, S. Danilov, A. Androsov, M. Zhukov, O. Semenova, P. Overduin, K. Wiltshire</i> . Simulations of shelf circulation dynamics in the Laptev sea	8
3. <i>V.V. Malakhova, E.N. Golubeva</i> . Estimation of possible methane fluxes from the East Arctic seas a result of its discharge of a sediment	19
4. <i>L.I. Kurbatskaya, A.F. Kurbatskiy</i> . Modelling of global intermittency turbulence in the stably atmospheric boundary layer: modelling and simulation	25
5. <i>V.F. Raputa</i> . Analysis of radioactive contamination fields for Siberian chemical plant environs	30
6. <i>V.V. Kokovkin, V.F. Raputa, O.V. Shuvaeva</i> . Monitoring heavy metals contamination of snow cover in Novosibirsk tin plant environs	36
7. <i>T.G. Openko, V.F. Raputa, S.N. Bogatirev</i> . Cancer risk in vicinity of major highway in Novosibirsk	42
8. <i>K.A. Semenova</i> . Quantitative assessment and spatial analysis of the Tomsk region bioenergy potential	48
9. <i>L.K. Trubina, B.V. Seleznev, D.V. Panov</i> . Geoinformation analysis of forms of relief to assess of land in Novosibirsk	54
10. <i>M.V. Yakutin</i> . The soil-microbiological characteristics in monitoring of the ecosystems formed in a subzone of dry steppes	59
11. <i>M.V. Yakutin, V.S. Andrievskiy, A.I. Shepelev</i> . The use of soil-biological methods in monitoring of flood-plain ecosystems in the Middle Ob region	65
12. <i>A.G. Sharikalov, M.V. Yakutin</i> . Use of an automated decoding technique at the analysis of a condition of ecosystems in a taiga zone of Western Siberia	71
13. <i>N.V. Glushkova, D.A. Chupina, S.A. Kotler</i> . An analysis of the saline complexes dynamics for aridization estimate of Western Siberia area (on the basis of GIS and RS)	77

14. <i>L.K. Trubina, Ye.I. Baranova, G.S. Chagina.</i> GIS mapping and greenery inventory	82
15. <i>A.M. Kosareva, V.A. Yudkin.</i> Cartographical visualization of winter calculation of Siberian roe deer (<i>Capreolus pygargus</i>) on routes in Novosibirsk region	86
16. <i>O.L. Lavrik, V.V. Rykova.</i> Opportunities of SPSTL SB RAS' e-library to support studies in nature management and sustainable development.....	95
17. <i>M.N. Alexeeva, I.G. Yashchenko.</i> Ecological monitoring of oil-producing territories on the basis of space images.....	101
18. <i>O.N. Nikolayeva.</i> Improvement of GIS dataware for natural resources mapping.....	107
19. <i>T.Sh. Fuzella.</i> The calculation and mapping of topsoil energy potential for Tomsk region.....	113
20. <i>M.A. Kreimer.</i> Climate and forecasts for city atmospheric air pollution	116
21. <i>I.I. Amelin, Z.A. Liapidevskaya.</i> Impact structures in Siberia.....	122
22. <i>O.G. Nevidimova.</i> Bioclimatic and recreation potential of the lake systems Chany	127
23. <i>O.G. Nevidimova, E.S. Volkova.</i> The distribushion of Tomsk oblast to environment discomfortably for habitation of the population.....	130
24. <i>N.P. Mironycheva-Tokareva, N.P. Kosykh, N.G. Koronatova.</i> Decomposicion of plant biomass in forest-tundra subzone	133
25. <i>Yu.N. Samsonov, V.I. Makarov.</i> Sanitary-and-hygienic risks of primary and secondary wind drifts of pesticide chemicals after different methods of pesticide application	139
26. <i>V.V. Golovko, V.L. Istomin, K.P. Koutsenogii.</i> Deteremination of the sedimentation rate of pollen particulates of the plants growing in Western Siberia.....	145
27. <i>Yu.S. Larionov.</i> Bioagriculture as a new paradigm of environment-friendly agricultural production.....	151
28. <i>B.M. Klenov.</i> Elemental composition of humic acids as an indicator of environmental sustainability of soils.....	157
29. <i>L.Yu. Anopchenko, M.V. Yakutin.</i> Change of a parity of the areas of the salted and not salted soils during the drying process Barabinsk plain	160

30. <i>N.G. Koronatova, E.V. Milyaeva</i> . Peat decomposition in mires in different zones and subzones of Western Siberia.....	166
31. <i>Ye.B. Rudenskikh</i> . Environment-friendly territorial planning by the example of municipal units in Kochky district, Novosibirsk region	172
32. <i>O.G. Bykova</i> . Ecology of coastal water biogeocenosis in Chany system lakes	179
33. <i>L.K. Trubina, E.P. Khramova, A.Yu. Lugovskaya</i> . Assessment of environment condition on urbanized territory by the value of the leaf fluctuating asymmetry	185
34. <i>Yu.Yu. Ryazancev</i> . Digital control systems in special purpose devices	189

Научное издание

IX Международные научный конгресс и выставка

ИНТЕРЭКСПО ГЕО-СИБИРЬ-2013

Международная научная конференция

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

Т. 2

Сборник материалов

Материалы публикуются в авторской редакции

Компьютерная верстка *К.В. Ионко*

Изд. лиц. ЛР № 020461 от 04.03.1997.

Подписано в печать 22.04.2013. Формат 60 × 84 1/16

Печать цифровая.

Усл. печ. л. 11,62. Тираж 100 экз. Заказ

Редакционно-издательский отдел СГГА
630108, Новосибирск, 108, ул. Плахотного, 10.

Отпечатано в картопечатной лаборатории СГГА
630108, Новосибирск, 108, ул. Плахотного, 8.