

РЕГИОНАЛЬНЫЕ ГЕОСИСТЕМЫ

2020. Том 44, № 1

Ранее журнал издавался под названием «Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Естественные науки».

Основан в 1995 г.

Журнал включен в Перечень ВАК рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученых степеней кандидата и доктора наук (25.00.00 – науки о Земле). Журнал зарегистрирован в Российском индексе научного цитирования (РИНЦ).

Учредитель: Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Белгородский государственный национальный исследовательский университет».

Издатель: НИУ «БелГУ» Издательский дом «БелГУ».

Адрес редакции, издателя: 308015, г. Белгород, ул. Победы, 85.

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ ЖУРНАЛА

Главный редактор

Ф.Н. Лисецкий, доктор географических наук, профессор кафедры природопользования и земельного кадастра института наук о Земле (НИУ «БелГУ», Белгород, Россия)

Ведущий редактор

П.В. Голусов, доктор географических наук, доцент кафедры природопользования и земельного кадастра института наук о Земле (НИУ «БелГУ», Белгород, Россия)

Ответственный секретарь

Е.Я. Зеленская, м.н.с. Федерально-регионального центра аэрокосмического и наземного мониторинга объектов и природных ресурсов НИУ «БелГУ», (Белгород, Россия)

Члены редколлегии:

А.Н. Витченко, доктор географических наук, профессор Белорусского государственного университета (Минск, Республика Беларусь)

А.Н. Геннадиев, доктор географических наук, профессор МГУ им. М.В. Ломоносова (Москва, Россия)

А.А. Тишков, чл.-корр. РАН, доктор географических наук, профессор Института географии РАН (Москва, Россия)

О.П. Ермолаев, доктор географических наук, профессор Казанского федерального университета (Казань, Россия) (по согласованию)

С.А. Куропат, доктор географических наук, профессор Воронежского государственного университета (Воронеж, Россия)

Э.Р. Луно, доктор, профессор Университета Миссури (Колумбия, США)

М.И. Недялкова, чл.-корр. Академии Наук Молдовы, доктор географических наук, профессор Института экологии и географии Академии Наук Молдовы (Кишинев, Республика Молдова)

В.В. Хаустов, доктор геолого-минералогических наук, профессор Юго-Западного государственного университета (Курск, Россия)

Дж. А. Хуббарт, доктор, профессор Университета Западной Вирджинии (Моргантаун, США)

Е.Л. Чантурия, доктор технических наук, профессор НИТУ «МИСиС» (Москва, Россия)

Ю.Г. Чендев, доктор географических наук, профессор кафедры природопользования и земельного кадастра института наук о Земле НИУ «БелГУ» (Белгород, Россия)

Журнал зарегистрирован в Федеральной службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор). Свидетельство о регистрации средства массовой информации ЭЛ № ФС 77-77841 от 31.01.2020. Выходит 4 раза в год.

Выпускающий редактор Л.П. Котенко. Корректур, компьютерная верстка и оригинал-макет О.Г. Томусяк. E-mail: goleusov@bsu.edu.ru. Гарнитура Times New Roman, Arial Narrow, Impact. Дата выхода 30.03.2020. Оригинальный макет подготовлен отделом объединенной редакции научных журналов НИУ «БелГУ». Адрес: 308015, г. Белгород, ул. Победы, 85.

СОДЕРЖАНИЕ

- 5 **Аввакумова А.О.**
Математическое моделирование факторов эрозии почв на пахотных землях (на примере территории Республики Татарстан)
- 16 **Занозин В.В., Бармин А.Н.**
Особенности морфологической структуры центральной части ландшафта дельты р. Волги
- 29 **Михно В.Б., Быковская О.П., Горбунов А.С.**
Региональные особенности литоландшафтогенеза Центрального Черноземья
- 41 **Архипов Ю.Р., Никонорова И.В., Казаков Н.А., Караганова Н.Г.**
Об изменении исчисления времени в регионе Европейской России (на примере Чувашской Республики)
- 55 **Осенняя А.В., Грибкова И.С., Хахук Б.А., Бацких Т.А., Воронова К.В.**
Применение геоинформационных систем при проведении кадастровой оценки объектов недвижимости в Российской Федерации
- 64 **Мажитова Г.З., Пашков С.В., Крыцкий С.В.**
Совершенствование методики крупномасштабного агроландшафтного картографирования на основе применения беспилотных летательных аппаратов
- 75 **Атутова Ж.В.**
Функционирование долинно-речных ландшафтов в бассейне озера Байкал при интенсивной антропогенной нагрузке
- 85 **Блакберн А.А., Золотой А.Л.**
Пространственная структура степных и лесопокрываемых участков в Шахтерском районе Донецкой Народной Республики
- 97 **Боровлев А.Э.**
Исследование содержания мелкодисперсных частиц в атмосферном воздухе жилой зоны Белгорода
- 104 **Будник С.В.**
Многолетние изменения гидравлических характеристик рек бассейна Припяти и современные проблемы малых рек
- 113 **Иванова Е.Ю.**
Аккумуляция генотоксических соединений некоторыми компонентами водных и прибрежных экосистем Воронежского водохранилища
- 121 **Сведения об авторах**

REGIONAL GEOSYSTEMS

2020. Volume 44, № 1

Previously, the magazine was published under the title "Belgorod State University Scientific Bulletin. Natural sciences".

Founded in 1995

The journal is included into the List of Higher Attestation Commission of peer-reviewed scientific publications where the main scientific results of dissertations for obtaining scientific degrees of a candidate and doctor of science should be published (25.00.00 – Earth sciences). The journal is introduced in Russian Science Citation Index (PNIHL).

Founder: Federal state autonomous educational establishment of higher education «Belgorod National Research University».

Publisher: Belgorod National Research University «BelGU» Publishing House.

Address of editorial office, publisher: 85 Pobeda St, Belgorod, 308015, Russia.

EDITORIAL BOARD OF JOURNAL

Chief Editor

Fedor N. Lisetskii, Doctor of Geographical Sciences, Professor (Belgorod State National Research University, Belgorod, Russia)

Issuing Editor

Pavel V. Goleusov, Doctor of Geographical Sciences (Belgorod State National Research University, Belgorod, Russia)

Responsible Secretary

Evgeniya Ya. Zelenskaya, (Belgorod State National Research University, Belgorod, Russia)

Members of Editorial Board:

Aleksandr N. Vitchshenko, Doctor of Geographical Sciences, Professor (Belarusian State University, Minsk, Republic of Belarus)

Aleksandr N. Gennadiyev, Doctor of Geographical Sciences, Professor (Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia)

Arkadiy A. Tishkov, Member corr. RAS, Doctor of Geographical Sciences, Professor (Institute of Geography RAS, Moscow, Russia)

Oleg P. Ermolaev, Doctor of Geographical Sciences, Professor (Kazan Federal University, Kazan, Russia)

Semyon A. Kurolap, Doctor of Geographical Sciences, Professor (Voronezh State University, Voronezh, Russia)

Anthony R. Lupo, Doctor, Professor (University of Missouri-Columbia, Columbia, USA)

Maria I. Nedelcova, Member corr. Academy of Sciences of Moldova, Doctor, professor, (Institute of Ecology and Geography ASM, Chişinău Municipality, Republic of Moldova)

Vladimir V. Khaustov, Doctor of Geological and Mineralogical Sciences, Professor (Southwestern State University, Kursk, Russia)

Jason A. Hubbart, Doctor (Ph. D), Professor (West Virginia University, Morgantown, USA)

Elena L. Chanturia, Doctor of Technical Sciences, Professor (NUST "MISIS", Moscow, Russia)

Yuriy G. Chendev, Doctor of Geographical Sciences, Professor (BSU, Belgorod, Russia)

The journal has been registered at the Federal service for supervision of communications information technology and mass media (Roskomnadzor). Mass media registration certificate ЭЛ № ФС 77-77841 dd 31.01.2020. Publication frequency: 4 /year

Commissioning Editor *L.P. Kotenko*. Pag Proofreading, computer imposition *O.G. Tomusyak*. Page layout by *P.V. Goleusov* E-mail: goleusov@bsu.edu.ru. Typeface Times New Roman, Arial Narrow, Impact. Date of publishing 30.03.2020. The layout was prepared by the Department of the joint editorial Board of scientific journals of NRU "BelSU". Address: 85 Pobeda St, Belgorod, 308015, Russia

CONTENTS

5	Avvakumova A.O. Mathematical modeling of soil erosion factors on agricultural lands (on the territory of the Republic of Tatarstan))
16	Zanozin V.V., Barmin A.N. Morphological features of the central part of the Volga delta landscape
29	Mihno V.B., Bykovskaya O.P., Gorbunov A.S. Regional features of lithological genesis of landscapes of the Central Chernozems region
41	Arkhipov Yu.R., Nikonorova I.V., Kazakov N.A., Karaganova N.G. On change of calculation of time in the region of European Russia (on the example of the Chuvash Republic)
55	Osennaya A.V., Gribkova I.S., Khakhuk B.A., Batskikh T.A., Voronova K.V. Application of geoinformation systems when carrying out the cadastral assessment of real estate objects in the Russian Federation
64	Mazhitova G.Z., Pashkov S.V., Krytskij S.V. Improvement of the methodology of large-scale agrarian landscape mapping based on uav application
75	Atutova Zh.V. The functioning of long-river landscapes in the basin of lake Baikal at intensive anthropogenic load
85	Blackburn A.A., Zolotoi A.L. Spatial structure of steppe and forest-covered areas in the Shakhtersk district of the Donetsk People's Republic
97	Borovlev A.E. Investigations of fine particles concentrations in the atmospheric air of residential areas of the city of Belgorod
104	Budnik S.V. Long-term changes in the hydraulic characteristics of the Pripyat basins and modern problems of small rivers
113	Ivanova E.Y. The accumulation of genotoxic compounds some components of the aquatic and coastal ecosystems of the Voronezh reservoir
121	Information about authors

УДК 504.53.052
DOI

Математическое моделирование факторов эрозии почв на пахотных землях (на примере территории Республики Татарстан)

А.О. Аввакумова

Казанский (Приволжский) федеральный университет,
Россия, 420008, Республика Татарстан, г. Казань, ул. Кремлевская, д. 18
E-mail: avvakumova_alina@mail.ru

Аннотация. На современном этапе активизации хозяйственной деятельности человека в условиях возрастающей антропогенной нагрузки на почвы изучение процесса почвенной эрозии и факторов, его обуславливающих, представляет особую значимость. Автором рассмотрены математические модели почвенной эрозии и ее развития, разработанные с целью подробного анализа вклада основных факторов эрозии с использованием данных крупномасштабных почвенных и топографических карт. По результатам исследования выделено наиболее распространенное сочетание тех условий, которые способствуют развитию эрозионных процессов на интенсивно распаханых землях в пределах изученной территории (Республика Татарстан). Было установлено, что вероятность проявления эрозии почв, а также увеличения ее интенсивности обусловлены прежде всего ростом величин следующих показателей: уклон, частные водосборные площади, а также ряда производных индексов (индекс конвергенции-дивергенции потока, профильная кривизна и эрозионный потенциал рельефа).

Ключевые слова: эрозия почв, почвенная карта, показатель рельефа, тип почвы, обобщенная линейная модель, Республика Татарстан.

Для цитирования: Аввакумова А.О. 2020. Математическое моделирование факторов эрозии почв на пахотных землях (на примере территории Республики Татарстан). Региональные геосистемы, 44(1): 5–15. DOI:

Mathematical modeling of soil erosion factors on agricultural lands (on the territory of the Republic of Tatarstan)

Alina O. Avvakumova

Kazan (Volga region) Federal University
18 Kremlyovskaya St, Kazan, Tatarstan, 420008, Russia
E-mail: avvakumova_alina@mail.ru

Abstract. The study of the soil erosion process and its determining factors is of particular importance nowadays, in conditions of an increasing anthropogenic pressure. The article describes mathematical models of soil erosion and its development, created with the aim of a detailed analysis of the main soil erosion factors contribution (topography, soil types and particle size distribution) using large-scale soil and topographic maps. The main feature of the suggested models is that they are based on qualitative data (soil erosion categories determined by large-scale soil maps). The modeling areas of agricultural lands were determined by remote sensing data. The analysis of the models coefficients allowed to single out the most common combination of conditions conducive to the development of soil erosion processes on agricultural land within the study area (The Republic of Tatarstan). The study in prospect gives an opportunity to contain zoning of the territory according to the probability of erosion processes development. It was found that the probability of soil erosion, as well as its intensification, increases with the following indicators: slope, specific catchment area, as well as a number of derived indices (convergence-divergence flow index, profile curvature and LS-factor).



Keywords: soil erosion, soil map, topography, soil type, Generalized Linear Model, The Republic of Tatarstan.

For citation: Avvakumova, A.O. 2020. Mathematical modeling of soil erosion factors on agricultural lands (on the territory of the Republic of Tatarstan). *Regional Geosystems*, 44(1): 5–15. DOI:

Введение

Почвенный покров имеет огромное значение в глобальных процессах трансформации и миграции вещества. В нем сосредоточена преобладающая масса живого вещества Земли. Почва является регулятором химического состава атмосферы и гидросферы вследствие миграции химических элементов с поверхностным стоком и испарения, является аккумулятором органического вещества и химической энергии в виде гумуса, а также огромного количества химических соединений, в том числе загрязнителей.

Почвенная эрозия – сложный, многофакторный процесс с двумя равнозначными составляющими: природной и антропогенной [Литвин, 2002]. Распашка огромных территорий, использование различных приемов мелиорации, строительство ирригационных систем и прочие виды человеческой деятельности могут серьезно нарушать сложившиеся биосферные равновесия [Дедков, Можжерин, 1984; Morgan, 1996; Литвин, 2002; Голосов, 2006].

Значительная доля пахотных угодий приурочена к склонам той или иной крутизны, в таких условиях активная хозяйственная деятельность стимулирует развитие эрозионных процессов. При этом рельеф во многом определяет размещение новых ареалов земледельческой эрозии, также как в период освоения он во многом обуславливал закономерности размещения пашни (особенно в лесной и лесостепных зонах) [Буряк, Терехин, 2015; Ермолаев, 2017; Пространственно-временные закономерности..., 2019].

Интенсивное использование природных ресурсов, в частности почвенного покрова, во все времена сопровождалось их картографированием. Эффективное и рациональное использование земель предусматривает необходимость наличия максимально точного и полного наглядного представления информации. Эта задача успешно решается методами тематического картографирования [Лисецкий и др., 2012]. Крупномасштабное картографирование почвенного покрова производится в России согласно единой общесоюзной методике, принятой еще в 1973 г. Такой универсальный подход к составлению почвенных карт открывает широкие возможности для использования данных почвенной съемки прошлых лет и современных данных корректировки почвенных карт.

За многолетнюю историю развития эрозиоведения были разработаны и внедрены многочисленные методы оценки, моделирования и прогнозирования развития почвенной эрозии. Сложность и трудоемкость экспериментального и полевого определения интенсивности смыва вызвали повышенный интерес к математическому моделированию поверхностной эрозии [Фокин, 1986]. Развитие средств автоматизации и применение новейших инструментальных методик, таких как использование снимков беспилотных летательных аппаратов, методов наземного лазерного сканирования, позволяют с высокой точностью определять темпы плоскостного смыва и линейной эрозии [Ермолаев и др., 2018, 2019; Пространственно-временные закономерности ..., 2019]. В исследованиях динамики почвенной эрозии широко используются сочетания методов анализа данных дистанционного зондирования Земли с расчетами потерь почвы по различным видам универсальных уравнений потенциального смыва почв (USLE, RUSLE), а также с широким спектром возможностей современных ГИС-технологий [Лисецкий и др., 2012; Bosco et al., 2015; Maltsev et al., 2015; Panagos et al., 2015; Schmidt et al., 2018; Мальцев, Ермолаев, 2019]. Однако такие методы требуют выполнения достаточно строгих условий для их ис-

пользования, большого количества специфических расчетных входных данных и не подходят для оценки развития почвенной эрозии на локальных распахиваемых территориях.

Применение классических или современных математических моделей развития почвенной эрозии в данном исследовании представлялось затруднительным, так как информация о почвенной эрозии представлена не количественными (величины поверхностного смыва почв в т/га·год), а качественными данными (категориями смывости, определенными по крупномасштабным почвенным картам). Определенные трудности связаны также со слабо развитой системой метеостанций на исследуемой территории, что не позволяет получить достаточное количество метеорологических данных для расчетов по крупномасштабным картам.

В связи с этим была поставлена задача разработать математическую модель развития почвенной эрозии, которая позволила бы оценить роль рельефа и основных характеристик почв в динамике почвенной эрозии, выделить наиболее распространенное сочетание условий, способствующих развитию эрозионных процессов на интенсивно распахиваемых землях в пределах исследуемой территории.

Объекты и методы исследования

Регион исследования (Республика Татарстан), находящийся в подзоне смешанных и широколиственных лесов и лесостепных ландшафтах востока Русской равнины, характеризуется крайне высокой интенсивностью процессов склоновой (почвенной и овражной) эрозии. Земли сельскохозяйственного назначения занимают порядка 67 % территории республики [О состоянии природных ресурсов..., 2018]. При этом в структуре земель данного типа использования преобладает пашня (порядка 51 % площади земель сельскохозяйственного назначения). На территории республики распространены наиболее типичные для пахотных земель европейской части России подтипы почв: дерново-подзолистые, дерново-карбонатные, серые лесные, черноземы выщелоченные и оподзоленные.

Интенсивная сельскохозяйственная освоенность территории, преимущественно тяжелый механический состав почв, низкий показатель лесистости территории создают достаточно благоприятные условия для активного развития процессов почвенной эрозии. На исследуемой территории в ходе проведенных ранее исследований были выбраны ключевые участки, характеризующие основные ландшафтные особенности территории Республики Татарстан [Аввакумова, Ермолаев, 2011; Yermolaev, Avvakumova, 2012, 2014] (рис. 1).

В качестве исходных материалов использовались крупномасштабные карты почвенных обследований прошлых лет и карты почвенных корректировок масштаба 1:10 000, предоставленные ОАО РКЦ «Земля». Почвенные карты, ранее сделанные на бумажной основе в Волго-Вятском филиале Гипрозема (почвенные обследования 1967–1985 гг.), были отсканированы и оцифрованы средствами программы EasyTrace 7.99 Pro. Координатная привязка проводилась вручную по произвольному набору точек (по границам каждого ключевого участка). Погрешность составила не более 5 м. На основе оцифрованных карт были составлены карты почвенной эрозии. Электронные карты почвенных корректировок (почвенные обследования 2001–2005 гг.), предоставленные ОАО РКЦ «Земля», были импортированы из ГИС «Панорама» в ГИС MapInfo.

Поскольку интенсивное развитие почвенной эрозии продолжается на распахиваемых участках, области моделирования были ограничены землями пашни, границы которой были определены по результатам дешифрирования данных дистанционного зондирования Земли. В исследовании использовались разновременные снимки, полученные со спутников Landsat 5 и Landsat 8 [Landsat – Earth observation satellites, 2015]. Данные были получены из свободного ресурса – архива геологической службы США USGS United States Geological Survey (www.earthexplorer.usgs.gov).

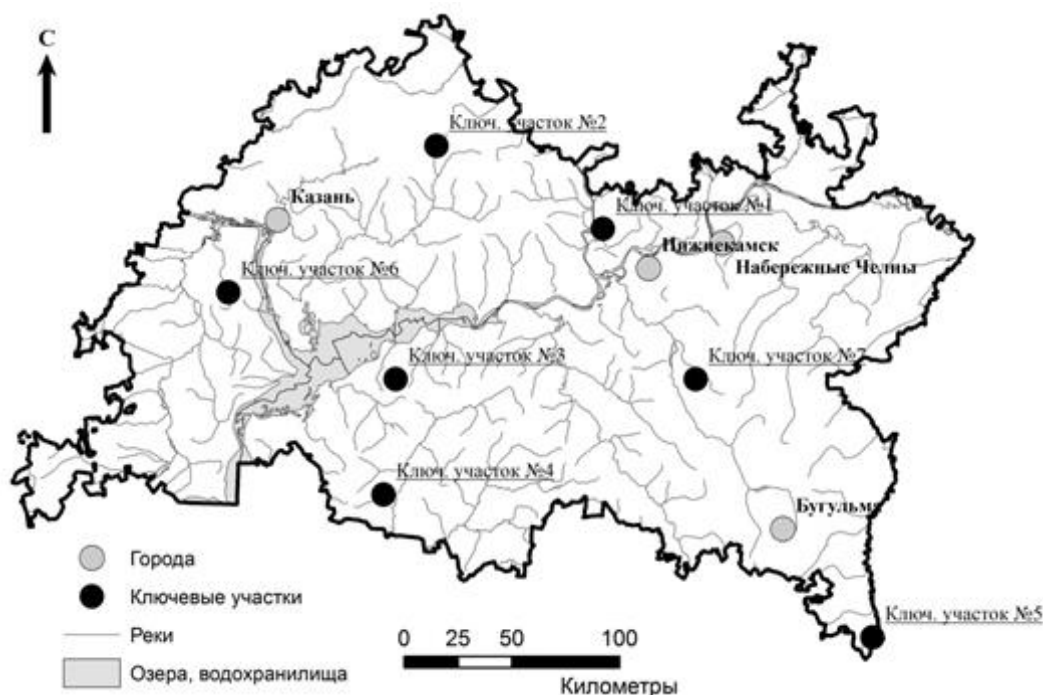


Рис. 1. Расположение ключевых участков на исследуемой территории

Fig. 1. Location of key sites in the study area

В качестве информации об эрозии (зависимая переменная модели) использовались контура эрозии. На почвенной карте степень эрозии относится к почвенному контуру в целом и представлена тремя градациями: 0 – несмытые почвы; 1 – слабосмытые почвы; 2 – среднесмытые почвы.

В качестве независимых переменных в модели были использованы значения типов почв, гранулометрического состава, а также индексы рельефа:

topo – отметки высот рельефа (в метрах);

slope – угол наклона поверхности;

curv_plan – плановая кривизна;

curv_prof – профильная кривизна;

up_leng – средняя длина линий тока;

Rho8_sca – частная водосборная площадь, построенная по алгоритму Rho8;

upslope – частная водосборная площадь, построенная по алгоритму MDInf;

LS – эрозионный потенциал рельефа;

con_div_index – индекс конвергенции-дивергенции потока;

stream_power – индекс мощности потока;

WetInd – индекс увлаженности.

Для расчета индексов рельефа использовалась цифровая модель, построенная путем интерполяции из изолинейных топографических карт масштаба 1:25 000. Цифровая модель рельефа (ЦМР) представлена в виде растровой сетки (геоинформационного слоя) с размером ячеек 10×10 метров. Листы топокарт в формате .sxf были предоставлены ФГУП «Средневолжское АГП». Для генерирования ЦМР используется модуль *3D Analyst Tools*, оператор *Topo to raster*. В пределах каждого ключевого участка по полученным ЦМР средствами ГИС *Whitebox* и *Surfer* были рассчитаны перечисленные выше индексы рельефа.

Использование широкого набора производных морфометрических индексов рельефа при моделировании может приводить к возникновению ошибок вследствие их возможной корреляции между собой. В связи с этим были вычислены парные коэффициенты корреляции между показателями, затем наиболее значимые (выбранные на основе анализа вкладов отдельных предикторов), но при этом наименее скоррелированные между собой индексы были объединены в два набора. После этого была проведена проверка наборов на наличие мультиколлинеарности, т. е. наличие линейной зависимости между несколькими переменными.

В исследовании использовались инструменты статистической обработки и математического моделирования в свободной программной среде R (<http://www.rproject.org/>) [R Core Team, 2014].

После проведенных исследований наборы переменных приняли следующий вид:

Набор 1: уклон, индекс мощности потока, профильная кривизна, частная водосборная площадь, отметки высот рельефа, индекс конвергенции-дивергенции потока, типы почв, гранулометрический состав.

Набор 2: эрозионный потенциал рельефа (LS – фактор), индекс увлажненности, профильная кривизна, частная водосборная площадь, отметки высот рельефа, индекс конвергенции-дивергенции потока, типы почв, гранулометрический состав.

Поскольку значение эрозии представлено дискретной переменной, имеющей только три значения, для решения задачи было решено построить несколько биномиальных моделей, использующих значения зависимой переменной Истина/Ложь или 1/0.

Были построены следующие модели:

1) модель наличия почвенной эрозии, независимо от ее степени (степень эродированности > 0) (*Model 1*);

2) модель отличия почвенной эрозии степени 2 (среднесмытые почвы) от степени 1 (слабо смытые почвы) (*Model 2*);

3) модель увеличения степени «новой» эрозии по сравнению со «старой» (*Model 3*).

В качестве инструмента для моделирования используется обобщенная линейная модель (*GLM – Generalized Linear Model*). Это универсальный метод построения регрессионных моделей, позволяющий учитывать взаимодействие между факторами, вид распределения зависимой переменной и предположения о характере регрессионной зависимости.

Вероятность соответствующего случая (например, наличия эрозии для Модели (1) при использовании логистической функции принимает следующий вид:

$$P(Y_i) = \frac{1}{1 + e^{-\mu_i}}, \quad (1)$$

$$\mu_i = a_0 + a_{region} + a_{newerosion} + b_1 x_{i,1} + b_2 x_{i,2} + \dots + b_n x_{i,n}, \quad (2)$$

где $P(Y_i)$ – вероятность соответствующего случая в i -й точке, μ_i – линейный предиктор, a_0 – константа модели, a_{region} – поправка к константе модели для конкретного участка (района), $a_{newerosion}$ – поправка к константе модели для случая, когда используются новые значения смытости; $b_1, b_2, \dots, b_n$ – коэффициенты модели, и $x_{i,1}, x_{i,2}, \dots, x_{i,n}$ – значения переменных в i -й точке.

Результаты и их обсуждение

Анализ значений коэффициентов детерминации R^2 (доля дисперсии результативного признака, которая объясняется влиянием независимых переменных) для наиболее зна-



чимых переменных (табл. 1, 2) показал, что переменные потоков сделались незначимыми или слабо значимыми. Этот факт объясняется тем, что область моделирования была ограничена пахотными землями, на которых уклоны поверхности минимальны, в связи с этим скорости образующихся склоновых потоков незначительны. Таким образом, первая группа переменных несколько лучше описывает независимую переменную (степень почвенной эрозии), поэтому в обсуждении результатов ограничимся анализом оценок коэффициентов моделей, построенных с использованием первого набора переменных.

Таблица 1
Table 1

Значения коэффициентов детерминации R^2
для наиболее значимых переменных (1 набор переменных)
The values of the R^2 for the most significant variables (the 1st set of variables)

Независимые переменные (индексы рельефа)	Коэффициент детерминации, %		
	Model 1	Model 2	Model 3
Уклон рельефа	11,907	9,16	5,187
Индекс мощности потока	2,43	1,365	1,257
Профильная кривизна	0,295	0,339	0,264
Частная водосборная площадь	0,554	0,102	0,473
Отметки высот рельефа (в метрах)	0,16	0,014	0,209
Индекс конвергенции-дивергенции потока	0,014	0,04	0,052

Таблица 2
Table 2

Значения коэффициентов детерминации R^2
для наиболее значимых переменных (2 набор переменных)
The values of the R^2 for the most significant variables (the 2nd set of variables)

Независимые переменные (индексы рельефа)	Коэффициент детерминации, %		
	Model 1	Model 2	Model 3
Эрозионный потенциал рельефа (LS – фактор)	8,169	5,623	3,865
Индекс увлажнения	1,182	0,819	0,412
Профильная кривизна	0,295	0,339	0,264
Частная водосборная площадь	0,554	0,102	0,473
Отметки высот рельефа (в метрах)	0,16	0,014	0,209
Индекс конвергенции-дивергенции потока	0,014	0,04	0,052

Для примера в табл. 3 приведены оценки некоторых коэффициентов построенной нами модели (модель 1 с первым набором переменных).

Таблица 3
Table 3

Значения некоторых коэффициентов модели 1 с первым набором переменных
Model 1 coefficients (with the use of the 1st set of variables)

Переменная модели	Коэффициент модели	Наблюдаемый уровень значимости
(Intercept)	–1,90	< 0,001
fRegionAlkeev	0,41	< 0,001
fRegionBavly	–5,63	< 0,001
fRegionElab	–2,15	< 0,001
fRegionSabinsk	0,21	< 0,001
fRegionVerhneusl	1,34	< 0,001
NewErosionTRUE	0,79	< 0,001
Уклон	4,21	< 0,001
Индекс мощности потока	–0,004	0,084
Профильная кривизна	0,15	< 0,001
Частная водосборная площадь	0,26	< 0,001
Отметки высот рельефа	–0,0008	< 0,001
Индекс конвергенции-дивергенции потока	0,02	< 0,001
Коричнево-серая лесная оподзоленная	4,45	< 0,001
Светло-серая лесная	1,78	< 0,001
Серая лесная оподзоленная	1,92	< 0,001
Чернозем карбонатный маломощный	5,10	< 0,001
Чернозем карбонатный среднемощный	4,51	< 0,001
Гранулометрический состав:		
- среднесуглинистый	0,23	< 0,001
- легкосуглинистый	–0,08	< 0,001
- супесчаный	–0,17	< 0,001

В первой строке второго столбца мы видим информацию, относящуюся к коэффициенту a_0 уравнения модели (2). В последующих строках этого столбца представлены остальные коэффициенты модели. Они показывают направление изменения вероятности: если знак положительный, то вероятность растет с ростом соответствующей переменной, если отрицательный – падает. Последний столбец показывает значимость переменных: если величина менее 0,05, то переменная считается значимой.



Первая модель (модель, по которой рассчитывали вероятность наличия почвенной эрозии независимо от ее степени) с использованием первого набора переменных показала, что вероятность наличия почвенной эрозии прямо пропорциональна уклону, частным водосборным площадям, индексу конвергенции-дивергенции потока и профильной кривизне (см. табл. 3).

Обратная зависимость выявляется с индексом мощности потока (который в этой модели сделался незначимым) и отметками высот рельефа. Такие зависимости легко объясняются физическим значением этих переменных. Как известно, профильная кривизна напрямую связана с замедлением и ускорением потока по склону. Чем больше значение профильной кривизны, тем более вогнутой является поверхность. Участки с большими уклонами и выпуклым профилем склона, как правило, не распахиваются. Поскольку область моделирования ограничена пахотными землями, в данном случае наблюдается прямая зависимость вероятности наличия почвенной эрозии со значениями профильной кривизны. Обратная зависимость в случае с отметками высот также может быть объяснена спецификой размещения распахиваемых участков. Участки с наибольшей высотой располагаются на водоразделах. Эти уплощенные области имеют минимальные уклоны и меньше подвержены эрозии, нежели склоновые части, расположенные ниже.

Наиболее значимые типы почв одновременно являются и самыми распространенными на ключевых участках. Из представленных типов почв в наибольшей степени вероятность наличия почвенной эрозии связана с черноземами карбонатными маломощными и среднемощными. Эти подтипы имеют самую низкую противоэрозионную стойкость в ряду черноземов [Заславский, 1983].

Вероятность наличия смытых почв на среднесуглинистых почвах выше, чем на легкосуглинистых и супесчаных. По-видимому, это связано с более широким распространением почв такого гранулометрического состава на исследуемых участках.

Модель 2 описывает отличие почвенной эрозии степени 2 от степени 1. Другими словами, модель считает, какова вероятность того, что смытая почва в конкретной точке будет иметь категорию среднесмытой. В этом случае со всеми показателями рельефа из 1 набора данных наблюдается прямая зависимость с вероятностью возникновения среднесмытых почв. При этом переменная мощности потока сделалась незначимой. Таким образом, можно сказать, что вероятность возникновения среднесмытых почв наибольшая на верхних участках склонов вогнутого профиля. При этом наиболее сильная зависимость наблюдается именно в отношении уклонов. Анализируя оценки коэффициентов модели, можно сказать, что среднесмытые почвы с наибольшей вероятностью локализованы на коричнево-серых лесных оподзоленных, дерново-карбонатных, серых лесных оподзоленных почвах, расположенных в верхней части склонов и имеющих среднесуглинистый гранулометрический состав.

Интересные результаты показали коэффициенты третьей модели (модель увеличения степени «новой» эрозии по сравнению со «старой»). В данном случае вычисляется вероятность того, что в каждой точке степень эродированности с карты почвенной корректировки будет больше, чем на исходной почвенной карте.

Вероятность увеличения степени эродированности имеет прямую корреляцию с уклонами, частными водосборными площадями, индексом конвергенции-дивергенции потока, профильной кривизной и отметками рельефа. Наибольшие значения этих показателей характеризуют верхние и средние участки склонов с вогнутым профилем.

Интересно отметить, что из всех типов почв, которые оказались значимыми для этой модели, вероятность возрастания почвенной эрозии наибольшая у черноземов карбонатных мало- и среднемощных, а также у лугово-черноземных карбонатных среднемощных. Также, по результатам моделирования, наибольшая вероятность увеличения показателя смытости – у супесчаных почв.

Заключение

Представленное исследование базируется на обширном исходном материале, включающем в себя крупномасштабные почвенные и топографические карты, данные дистанционного зондирования Земли. Были разработаны региональные математические модели развития почвенной эрозии, в которых эродированность почв представлена качественной характеристикой (категорией смытости), что позволяет использовать большой объем данных, представленных на разновременных крупномасштабных почвенных картах.

В ходе исследования математико-статистическими методами был оценен вклад каждого из рассчитанных показателей рельефа (уклон, плановая и профильная кривизна, экспозиция, средняя длина линий тока, удельная площадь водосбора (*specific catchment area*), эрозионный потенциал рельефа (*LS-factor*), индекс увлажненности (*Wetness index*), индекс мощности потока (*Relative stream power index*).

Вероятность наличия почвенной эрозии, а также ее увеличения прогрессирует с ростом следующих показателей рельефа: уклона, частных водосборных площадей, индексом конвергенции-дивергенции потока, профильной кривизной и эрозионным потенциалом рельефа. Отметки высот обратно пропорциональны росту вероятности наличия почвенной эрозии, однако прямо пропорциональны вероятности увеличения категории смытости.

Следовательно, образование и развитие почвенной эрозии на ключевых участках идет в основном в верхних частях склонов с вогнутым профилем. Наличие почвенной эрозии, а также ее рост наиболее вероятны на среднесуглинистых почвах, относящихся к черноземам карбонатным маломощным и среднемощным. Однако наличие почв средней степени смытости в большей степени вероятно на дерново-карбонатных, коричнево-серых оподзоленных, светло-серых, серых лесных почвах.

Перспективу дальнейших исследований мы связываем с разработкой схем районирования территории по вероятности развития эрозионных процессов для определения ожидаемых тенденций развития эрозии почв.

Автор выражает глубокую благодарность научному руководителю, доктору географических наук, профессору Ермолаеву О.П., сотрудникам кафедр ландшафтной экологии и моделирования экологических систем, в частности, профессору Савельеву А.А.

Список использованных источников

1. Об утверждении требований к государственным топографическим картам и государственным топографическим планам, включая требования к составу сведений, отображаемых на них, к условным обозначениям указанных сведений, требования к точности государственных топографических карт и государственных топографических планов, к формату их представления в электронной форме, требований к содержанию топографических карт, в том числе рельефных карт: Приказ Минэкономразвития России от 06.06.2017 № 271 (ред. от 11.12.2017) // СПС КонсультантПлюс. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_219559/ (дата обращения: 23 октября 2019).
2. О состоянии природных ресурсов и об охране окружающей среды Республики Татарстан в 2018 году: государственный доклад. Электронная книга. URL: http://eco.tatarstan.ru/rus/file/pub/pub_1928270.pdf (дата обращения: 28 января 2020).

Список литературы

1. Аввакумова А.О., Ермолаев О.П. 2011. Методика оценки пространственно-временной динамики эрозии почв по материалам повторных почвенных съемок в регионе интенсивного земледелия средствами ГИС-технологий. Вестник Удмуртского университета. Серия «Биология. Науки о Земле», 4: 3–7.
2. Буряк Ж.А., Терехин Э.А. 2015. Противозерозионное обустройство агроландшафтов на основе оценки потенциальных эрозионных потерь почвы с использованием ГИС-технологий. Науки о Земле: вчера, сегодня, завтра. Материалы международной научной конференции, Казань, Бук: 1–7.



3. Голосов В.Н. 2006. Эрозионно-аккумулятивные процессы в речных бассейнах освоенных равнин. М., ГЕОС, 296 с.
4. Дедков А.П., Мозжерин В.И. 1984. Эрозия и сток наносов на Земле. Казань. Изд-во КГУ, 264 с.
5. Ермолаев О.П. 2017. Геоинформационное картографирование эрозии почв в регионе Среднего Поволжья. Почвоведение, 1: 130–144.
6. Ермолаев О.П., Гафуров А.М., Усманов Б.М. 2018. Оценка интенсивности и динамики эрозии методом наземного лазерного сканирования. Почвоведение, 7: 893–906.
7. Ермолаев О.П., Усманов Б.М., Гафуров А.М., Голосов В.Н. 2019. Оценка темпов смыва на склонах методом наземного лазерного сканирования. В кн.: Голосов В.Н., Ермолаев О.П. Пространственно-временные закономерности развития современных процессов природно-антропогенной эрозии на Русской равнине. Казань, АН РТ: 115–122.
8. Заславский М.Н. 1983. Эрозиоведение. М., Высшая школа, 320 с.
9. Лисецкий Ф.Н., Светличный А.А., Черный С.Г. 2012. Современные проблемы эрозиоведения. Белгород, Константа. 456 с.
10. Литвин Л.Ф. 2002. География эрозии почв сельскохозяйственных земель России. М., ИКЦ Академкнига, 255 с.
11. Мальцев К.А. Ермолаев О.П. 2019. Оценка потенциальных потерь почвы на сельскохозяйственных землях Европейской части России. Закономерности проявления эрозионных и русловых процессов в различных природных условиях. Материалы V Всероссийской научной конференции с международным участием, объединенной с XXXIV пленарным совещанием Межвузовской научно-координационного совета по проблеме эрозионных, русловых и устьевых процессов. Москва, ЛЕНАНД: 294–296.
12. Пространственно-временные закономерности развития современных процессов природно-антропогенной эрозии на Русской равнине. 2019. Под ред. В.Н. Голосова, О.П. Ермолаева. Казань, Изд-во АН РТ, 372 с.
13. Фокин А.Д. 1986. Почва, биосфера и жизнь на Земле. М., Наука, 138 с.
14. Bosco C., de Rigo D., Dewitte O., Poesen J., Panagos P. 2015. Modelling soil erosion at European scale: towards harmonization and reproducibility. Natural Hazards and Earth System Sciences, 15 (2): 225–245.
15. Landsat – Earth observation satellites. 2015. U.S. Geological Survey. Reston, VA. 4.
16. Maltsev K.A., Yermolaev O.P., Mozzherin V.V. 2015. Suspended sediment yield mapping of Northern Eurasia. Proceedings IAHS: 326–332.
17. Morgan R.P.C. 1996. Soil Erosion and conservation. London, New York, Publ. Longman, 198 p.
18. Panagos P. 2015. A new European slope length and steepness factor (LS-Factor) for modeling soil erosion by water. Geosciences. Switzerland, 5: 117–126.
19. R Core Team. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing. 2014. Electronic resource. Available at: <http://www.R-project.org/> (accessed: 07 March 2019).
20. Schmidt S. 2018. Mapping spatio-temporal dynamics of the cover and management factor (C-factor) for grasslands in Switzerland. Remote Sensing of Environment, 211: 89–104.
21. Yermolaev O., Avvakumova A. 2012. Cartographic-geoinformational estimation of spatio-temporal erosion dynamics of arable soils in forest-steppe landscapes of the Russian Plain. IAHS-AISH Publication, 356: 332–337.
22. Yermolaev O., Avvakumova A. 2014. GIS Methods In Evaluation Of Arable Soils' Spatial-Time Erosion Dynamics On The Territory Of The Russian. 14th International Multidisciplinary Scientific Geoconference SGEM, 3: 627–633.

References

1. Avvakumova A.O., Ermolaev O.P. 2011. Methodology for estimating spatial and temporal dynamics of soil erosion from repeated soil surveys in the region of intensive agriculture using GIS technologies. Bulletin of the Udmurt university. Series "Biology. Sciences about Earth", 4: 3–7. (in Russian)
2. Burjak Zh.A., Terehin E.A. 2015. Anti-erosion management of agrolandshafts based on assessment of potential soil erosion losses using GIS technologies. Earth sciences: yesterday, today, tomorrow. Proceedings of the International Scientific Conference. Kazan, Buk: 1–7. (in Russian)



3. Golosov V.N. 2006. Транслит названия. [Erosion-storage processes in river basins of developed plains]. Moscow, Publ. GEOS, 296 p. (in Russian)
4. Dedkov A.P., Mozzherin V.I. 1984. Jerozija i stok nanosov na Zemle [Erosion and runoff of sediments on Earth]. Kazan, Publ. KGU, 264 p.
5. Ermolaev O.P. 2017. Geo-informational mapping of soil erosion in the Middle Volga region. Soil science, 1: 130–144. (in Russian)
6. Ermolaev O.P., Gafurov A.M., Usmanov B.M. 2018. Estimation of erosion intensity and dynamics by ground laser scanning. Soil science, 7: 893–906. (in Russian)
7. Ermolaev O.P., Usmanov B.M., Gafurov A.M., Golosov V.N. 2019. Транслит названия. Estimation of the rate of flush on slopes by ground laser scanning. V kn.: Golosov V.N., Ermolaev O.P. Транслит названия. Spatio-temporal patterns of contemporary processes dynamics of natural and human-induced erosion on agricultural lands of the Russian Plain. Kazan, Publ. AN RT: 115–122. (in Russian)
8. Zaslavskij M.N. 1983. Jeroziovedenie. [Erosion studies]. Moscow, Publ. High School, 320 p.
9. Liseckii F.N., Svetlichnyi A.A., Chernyi S.G. 2012. Modern problems of erosion science. Belgorod, Publ. Konstanta. 456 p. (in Russian)
10. Litvin L.F. 2002. Soil erosion geography of agricultural lands in Russia. Moscow, Publ. IKC Akademkniga, 255 p.
11. Mal'cev K.A., Ermolaev O.P. 2019. Assessment of potential soil losses on agricultural land in the European part of Russia. Patterns of erosion and channel processes in various environmental conditions. Materials of the V All-Russian Scientific Conference with international participation, combined with the XXXIV plenary meeting of the Interuniversity Scientific Coordination Council on the problem of erosion, channel and wellhead processes. Moscow, Publ. LENAND: 294–296. (in Russian)
12. Spatio-temporal patterns of contemporary processes dynamics of natural and human-induced erosion on agricultural lands of the Russian Plain. 2019. Kazan, Publ. AN RT, 372 p. (in Russian)
13. Fokin A.D. 1986. Pochva, biosfera i zhizn' na Zemle [Soil, biosphere and life on Earth]. Moscow, Publ. Science, 138 p.
14. Bosco C., de Rigo D., Dewitte O., Poesen J., Panagos P. 2015. Modelling soil erosion at European scale: towards harmonization and reproducibility. Natural Hazards and Earth System Sciences, 15 (2): 225–245.
15. Landsat – Earth observation satellites. 2015. U.S. Geological Survey. Reston, VA. 4.
16. Maltsev K.A., Yermolaev O.P., Mozzherin V.V. 2015. Suspended sediment yield mapping of Northern Eurasia. Proceedings IAHS: 326–332.
17. Morgan R.P.C. 1996. Soil Erosion and conservation. London, New York, Publ. Longman, 198 p.
18. Panagos P. 2015. A new European slope length and steepness factor (LS-Factor) for modeling soil erosion by water. Geosciences. Switzerland, 5: 117–126.
19. R Core Team. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing. 2014. Electronic resource. Available at: <http://www.R-project.org/> (accessed: 07 March 2019).
20. Schmidt S. 2018. Mapping spatio-temporal dynamics of the cover and management factor (C-factor) for grasslands in Switzerland. Remote Sensing of Environment, 211: 89–104.
21. Yermolaev O., Avvakumova A. 2012. Cartographic-geoinformational estimation of spatio-temporal erosion dynamics of arable soils in forest-steppe landscapes of the Russian Plain. IAHS-AISH Publication, 356: 332–337.
22. Yermolaev O., Avvakumova A. 2014. GIS Methods In Evaluation Of Arable Soils' Spatial-Time Erosion Dynamics On The Territory Of The Russian. 14th International Multidisciplinary Scientific Geoconference SGEM, 3: 627–633.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

Аввакумова А.О., ассистент кафедры ландшафтной экологии института экологии и природопользования Казанского (Приволжского) Федерального университета, г. Казань, Россия

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Alina O. Avvakumova, assistant of the Department of landscape ecology, Institute of ecology and nature management, Kazan (Volga region) Federal University, Kazan, Russia



УДК 911.52 (470.325)

DOI

Особенности морфологической структуры центральной части ландшафта дельты р. Волги

В.В. Занозин, А.Н. Бармин

Астраханский государственный университет,
Россия, 414056, г. Астрахань, ул. Татищева, 20а
E-mail: victorzan44@gmail.com, abarmin60@mail.ru

Аннотация. Современные ландшафтные исследования с каждым годом становятся все более многоплановыми и разносторонними. Однако для многих регионов еще не раскрыты особенности морфологической структуры ландшафтов, которые входят в их состав. В связи с этим автором проведено исследование геосистем локального уровня одного из уникальных природных комплексов – дельты реки Волги. Основным объектом исследования являются природно-территориальные комплексы (ПТК) ранга урочище. С учетом происхождения и морфологических особенностей выделены группы култушноравнинных, русловых, бугровых урочищ и урочищ, сформировавшихся на месте морских островов. Используются различные источники информации и методы проведения работ, в том числе полевая рекогносцировка, анализ данных дистанционного зондирования Земли, цифровое моделирование ПТК. Выделенным урочищам дано комплексное описание, а также раскрыты особенности их конфигурации, площадных показателей и пространственного размещения. Полученные результаты позволят провести дальнейшее исследование антропогенной трансформации центральной части ландшафта дельты реки Волги и наметить пути оптимизации сложившейся здесь геоэкологической обстановки.

Ключевые слова: ландшафт, дельта Волги, бэровские бугры, русловые урочища, шлейф, межбугровые урочища.

Для цитирования: Занозин В.В., Бармин А.Н. 2020. Особенности морфологической структуры центральной части ландшафта дельты р. Волги. Региональные геосистемы, 44(1):16–28. DOI:

Morphological features of the central part of the Volga delta landscape

Viktor V. Zanozin, Aleksandr N. Barmin

Astrakhan State University,
20a Tatischev St, Astrakhan, 414056, Russia
E-mail: victorzan44@gmail.com, abarmin60@mail.ru

Abstract. Modern landscape research is becoming more and more multifaceted and diverse. However, for many regions, the morphological structure of landscapes, which are the part of them, has not yet been revealed. In this regard, the purpose of this paper is to study the local level geosystems of one of the unique natural place - the Volga River Delta. The main object of the study is natural-territorial complexes (NTC). Taking into account the origin and morphological features, groups of kultuck, flat-channel, meander-scar-channel, hillock territorial complexes and meander-scar nature territorial complexes formed on the sea islands, have been identified. Various information sources and methods of work were used, including field reconnaissance, analysis of remote sensing data and digital modelling of the NTC. There is a detailed description of all complexes, for example, their configuration, area indicators and spatial location. The results obtained will allow further study of the anthropogenic transformation of the central part of the Volga River delta landscape and identify ways to optimize the geoecological situation in the Volga River Delta region.

Keywords: landscape, the Volga Delta, Bauer hills, channeled nature territorial complexes, hill plumes, inter-hillock nature territorial complexes.

For citation: Zanozin V.V., Barmin A.N. 2020. Morphological features of the central part of the Volga delta landscape. Regional Geosystems, 44(1): 16–28. DOI:

Введение

Одной из актуальных задач современной географии продолжает оставаться ретроспективный анализ структурно-функциональных особенностей естественных («восстановленных») ландшафтов. Последние служат своеобразной точкой отсчета при исследовании динамики и трансформации геосистем как под влиянием природных факторов, так и антропогенных агентов. Полученная в ходе таких работ информация может рассматриваться в качестве своеобразного эталона не измененной человеком природы какого-либо региона [Занозин, Бармин, 2017]. Однако при этом часто возникает проблема определения того промежутка времени или даже конкретной даты, на момент которой и рассматриваются структурно-функциональные особенности естественных ландшафтов. Это обусловлено двумя основными факторами: природным и антропогенным. В первом случае необходимо учитывать, что исследование морфологической структуры нередко проводится для геосистем, которым характерно интенсивное естественное развитие. В результате структура и, соответственно, функционирование ландшафта может меняться на глазах одного-двух поколений местных жителей. Второй фактор обусловлен тем, что морфо-функциональные особенности природных ландшафтов могут трансформироваться в ходе антропогенного воздействия. Нередко в ходе интенсивного хозяйственного освоения резко изменяются природные процессы, особенно носящие ритмичный характер.

Как показывает анализ литературных данных, в научном сообществе существует повышенный интерес к проблемам, раскрывающим особенности образования, функционирования, палеогеографии и геоморфологии дельты Волги [Kroonenberg, et al., 1997; Kroonenberg et al., 2000; Li et al., 2004; Olariu, Bhattacharya, 2006; Richards et al., 2014; Bolikhovskaya, Makshaev, 2019]. В тоже время отмечается недостаток работ, посвященных особенностям морфологической структуры ландшафта дельты реки Волги. В связи с этим автором поставлена цель исследовать геосистемы локального уровня данного региона, которыми выступают природно-территориальные комплексы (ПТК) ранга урочище.

Объекты и методы исследования

Объектом настоящего исследования выбрана центральная часть ландшафта дельты Волги [Русаков, 1990; Атлас дельты ..., 2015; Занозин, Бармин, 2018]. Здесь в результате сложнейшего взаимодействия древней и современной Волги, меняющего свой уровень Каспийского моря, специфичных климатических условий и других факторов более низкого ранга сложилась уникальная геосистема. На расстоянии в несколько десятков метров пойменные луговые и лесные природно-территориальные комплексы (ПТК) часто переходят в полупустынные и пустынные, что обуславливает сложную морфологическую структуру исследуемой территории. Однако зарегулирование Волго-Ахтубинской поймы и дельты Волги в 1961–1963 гг. и дальнейшее их интенсивное хозяйственное освоение нарушили ход естественного развития исследуемого региона. В связи с этим естественная (восстановленная) морфологическая структура центральной части ландшафта дельты Волги рассматривалась именно до этой даты.

Методика проведенных исследований представлена в предыдущих публикациях [Занозин, Бармин, 2017; Занозин и др., 2017]. Использовались различные источники информации и методы проведения работ: от литературных и фондовых материалов и полевых работ до анализа данных дистанционного зондирования Земли. В полевых работах



особое внимание уделялось характеристикам, отражающим особенности морфологической структуры центральной части ландшафта дельты. На протяжении каждого намеченного маршрута проводилось выявление соответствия первичного картографического материала и проводимых натурных наблюдений. Помимо визуального дешифрирования для корректировки границ урочищ проводилась автоматическая обработка космических снимков на основе яркостного анализа. В качестве основной единицы исследования выступают ПТК ранга урочище.

Результаты и их обсуждение

Генезис, морфология и пространственное размещение култучноравнинных урочищ центральной части ландшафта дельты Волги были рассмотрены ранее [Занозин, Бармин, 2019]. Помимо них, широкое распространение в центральной части ландшафта дельты Волги получила группа русловых урочищ, сформированных многочисленными водотоками. Этому свидетельствует наличие в основе данных ПТК песков и супесей мелких и средних фракций, часто глинистых [Краснова, 1951; Большев, 1962]. Флювиальный генезис русловых урочищ подтверждается также их конфигурацией, когда длина обычно превышает ширину. Характер поверхности данных природных комплексов меняется от плоского и пологовогнутого до гривистого. В последнем случае в ходе смещения крупных русел происходило формирование вытянутых валообразных повышений – грив – высотой до 1,5–2 метров при ширине до нескольких десятков метров. Более мелкие водотоки, часто мигрирующие, в ходе русловой переработки култучных равнин придавали поверхности мелкогривистый характер. Положение рассматриваемых урочищ относительно меженного уровня воды в водотоках, как и других групп природных комплексов в исследуемой части дельты, позволяет в большинстве случаев разделить их на три уровня: низкий, средний и высокий, что откладывает большой отпечаток на внешнем облике формирующихся ПТК [Цаценкин, 1962; Занозин, Бармин, 2019]. Данный фактор во многом определяет характер почвенно-растительного покрова природных комплексов разного уровня.

Генезис плоских русловых урочищ низкого уровня тесно связан с рельефообразующей деятельностью крупных водотоков, вблизи которых и располагаются данные ПТК. Период затопления урочищ низкого уровня до зарегулирования Волги мог продолжаться до четырех месяцев и более. В таких условиях на серых и темносерых легких суглинках и глинистых песках формировались иловато-болотные, реже луговые темноцветные слитые почвы. Растительный покров представлен зарослями тростника южного (*Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud) и рогоза узколистного (*Typha angustifolia* L.) с включением таких гидрофитов как сусак зонтичный (*Butomus umbellatus* L.), стрелолист обыкновенный (*Sagittaria sagittifolia* L.), ежеголовник прямой (*Sparganium erectum* L.), жерушник земноводный (*Rorippa amphibia* (L.) Bess.).

В основе плоских русловых урочищ среднего уровня залегают серо-желтые пылеватые пески, над которыми формируются луговые слоистые почвы со свежими, реже сухими лугами. Растительный покров представлен видами мезофитной и ксерофитной ориентации. Это пырей ползучий (*Elytrigia repens* L. Nevski), свиной пальчатый (*Cynodon dactylon* (L.) Pers.), а также солодка голая (*Glycyrrhiza glabra* L.), которая нередко образует отдельные заросли (рис.1).

Плоские русловые урочища высокого уровня формируются на основе светлосерых и светложелтых песков средних и крупных фракций. Затопливаются данные ПТК обычно во время высоких половодий, поэтому здесь в условиях некоторого дефицита влаги образуются злаково-разнотравные луга с преобладанием ксерофитов. Свинойно-пырейными растительные группировки включают в себя также вейник наземный (*Calamagrostis epigeios* (L.) Roth), латук татарский (*Lactuca tatarica* (L.) C.A.Mey.), ширицу белую (*Amaranthus albus* L.), дескурайнию Софьи (*Descurainia sophia* Webb (L.) ex Prantl), петросимию супротиволистную (*Petrosimonia oppositifolia* (Pall.) Litv.).



Рис. 1. Плоские русловые урочища среднего уровня с зарослями солодки голой
(2 км к юго-западу от с. Черемуха)

Fig.1. Medium level flat-channel nature territorial complexes with thickets of *Glycyrrhiza glabra* L.
(2 km south-west of Cheremukha village)

На пологовогнутых участках, располагающихся вблизи крупных водотоков, возникли соответствующие русловые урочища низкого уровня. Специфичный рельеф способствовал накоплению здесь серых и темносерых легких суглинков и глинистых песков, на базе которых при избытке влаги формировались иловато-болотные, реже луговые темноцветные почвы с признаками оглеения. Местообитания с избыточным увлажнением обычно покрыты мощными зарослями тростника южного (*Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud) и рогоза узколистного (*Typha angustifolia* L.). Среди гидрофитов отмечаются сусак зонтичный (*Butomus umbellatus* L.), стрелолист обыкновенный (*Sagittaria sagittifolia* L.), ежеголовник прямой (*Sparganium erectum* L.), жерушник земноводный (*Rorippa amphibia* (L.) Bess.). На вышедших из-под воды участках получили развитие ситняговые и осоковые луга [Цаценкин, 1962; Черепанов, 1995].

Пологоволнистые русловые урочища возникали, вероятно, на базе гривистых высокого уровня, которые подвергались периодическому воздействию вод в период половодья. Вытянутые повышения данных природных комплексов плавно переходят в пониженные участки аналогичной конфигурации. Несколько специфичный генезис предопределил выделение пологоволнистых урочищ только среднего и высокого уровней. В первом случае на повышенных участках шло накопление светлосерых и серо-желтых глинистых песков и легких суглинков по понижениям с соответствующим им влажными луговыми слоистыми и луговыми темноцветными слоистыми почвами. Растительность урочищ среднего уровня представлена влажными и сырыми лугами. Русловые пологоволнистые урочища высокого уровня обычно покрыты специфичными лесами ленточного, или галерейного типа из ивы белой (*Salix alba* L.), тополя черного (*Populus nigra* L.), реже белого (*Populus alba* L.).

Гривистые русловые урочища по своим морфологическим показателям схожи с пологоволнистыми, отличаясь от них более четкими очертаниями и резкими перепадами высот между гривами и понижениями. Гривистые участки урочищ низкого уровня, сложенные обычно серовато-желтыми супесями, сменяются на серые мелкие глинистые пески в понижениях. Таким же образом меняется и почвенный покров от луговых темноцветных к луговым темноцветным слитым почвам. На межгривных участках формируются влажные и сы-

роватые ситняково-осоковые и ситняково-осоково-пырейные луга. Доминирующими видами являются ситняг болотный (*Eleocharis palustris* (L.) Roem. et Schult) и осока ранняя (*Carex praecox* Schreb.). Пырей ползучий (*Elytrigia repens* L. Nevski) больше тяготеет к гривам.

Образование русловых гривистых урочищ среднего уровня происходило на песчаных отложениях, на которых сформировались луговые слоистые почвы (рис. 2). Свежие луга по понижениям, на которых преобладают злаково-осоковые и солодковые ассоциации с осокой ранней (*Carex praecox* Schreb.), солодкой голой (*Glycyrrhiza glabra* L.) и пыреем ползучим (*Elytrigia repens* L.), сменяются сухими свинойро-пырейными, в которых в случаях слабого засоления отмечаются галофиты.



Рис. 2. Русловые гривистые урочища среднего уровня с искусственными лесопосадками (1 км к северу от п. Волго-Каспийский)

Fig. 2. Medium level meander-scar-channel nature territorial complexes with cultivated forest (1 km north of Volgo-Kaspijskij settlement)

Мелкогравистые русловые урочища представлены невысокими, чаще до одного метра, вытянутыми повышениями различной ширины и соответствующим им понижениями. Они могут располагаться параллельно друг другу или хаотично, что отражает динамичный характер мелких и средних водотоков, их формирующих. Для данных природных комплексов также свойственна уровенная иерархия. Урочища низкого и среднего уровней по своим морфологическим особенностям во многом схожи с русловыми гривистыми аналогичных отметок. Отличаются они более тяжелым механическим составом материнских пород и конфигурацией. Мелкогравистые урочища высокого уровня сложены желтовато-серыми песками и супесями на возвышенных участках и коричневатого-серыми суглинками по понижениям. На луговых слоистых почвах формируются злаково-разнотравные луга с преобладанием ксерофитов.

Площадные показатели, характеризующие особенности распространения русловых урочищ в пределах центральной части ландшафта дельты Волги, представлены в табл. 1. Особенности конфигурации и пространственного размещения русловых урочищ в пределах центральной части ландшафта дельты Волги представлены на рис. 3.

Как следует из схемы, выполненной по результатам проведенных исследований, данные природные комплексы в целом равномерно распределены в рассматриваемом регионе. Конфигурация русловых урочищ различна: от резких очертаний у мелкогравистых до плавных границ у плоских, пологовогнутых, пологоволнистых и гривистых.

Таблица 1
Table 1

Площадные показатели русловых урочищ в центральной части
ландшафта дельты р. Волги.

Area indicators of channel nature territorial complexes
in the central part of the Volga Delta landscape

Наименование ПТК	Площадь, км ²	Процент от общей площади исследования*	Процент от общей площади группы урочищ**
Русловые урочища высокого уровня, плоские	14,0	0,36	0,97
Русловые урочища среднего уровня, плоские	44,5	1,14	3,08
Русловые урочища низкого уровня, плоские	65,8	1,69	4,55
Мелкогривистые русловые урочища высокого уровня	60,5	1,55	4,18
Мелкогривистые русловые урочища среднего уровня	402,5	10,32	27,82
Мелкогривистые русловые урочища низкого уровня	640,2	16,42	44,24
Русловые урочища низкого уровня, пологовогнутые	68,0	1,74	4,7
Русловые урочища среднего уровня, пологоволнистые	23,5	0,6	1,62
Русловые урочища высокого уровня, пологоволнистые с ленточными лесами	7,2	0,18	0,5
Русловые урочища низкого уровня, гривистые	37,6	0,95	2,6
Русловые урочища среднего уровня, гривистые	62,8	1,61	4,34
Прирусловые валы	20,8	0,53	1,44

Примечание: * общая площадь исследуемой территории – 3899,44 км², ** общая площадь группы исследуемых урочищ – 1447,4 км²,

Мелкогривистые русловые урочища равномерно размещены в границах исследуемой части дельты р. Волги. Они занимают наибольшие площади в рассматриваемой группе урочищ, что составляет более 76 %. Концентрация урочищ низкого уровня отмечается в центре восточной половины центральной дельты, а также на севере и юге западной. Данные ПТК могут быть представлены как узкими, вытянутыми участками с очень резкими очертаниями, так и относительно крупными массивами с плавными контурами, локализация которых отмечается в юго-западной части центральной дельты. В первом случае своей конфигурацией мелкогивистые урочища нередко обязаны бэровским буграм, вызывающим резкие смещения водотоков от начального направления движения, во втором – рельефообразующей деятельности средних и крупных водотоков. По площадным показателям мелкогивистые урочища низкого уровня лидируют в группе русловых комплексов, занимая свыше 44 % их площади и более 16 % всей центральной дельты. Мелкогивистые русловые урочища среднего и высокого уровней в основном отмечаются в центре, а также в западной половине центральной части ландшафта дельты р. Волги. Мелкогивистые ПТК среднего уровня по своим площадным показателям занимают второе место в группе русловых урочищ.

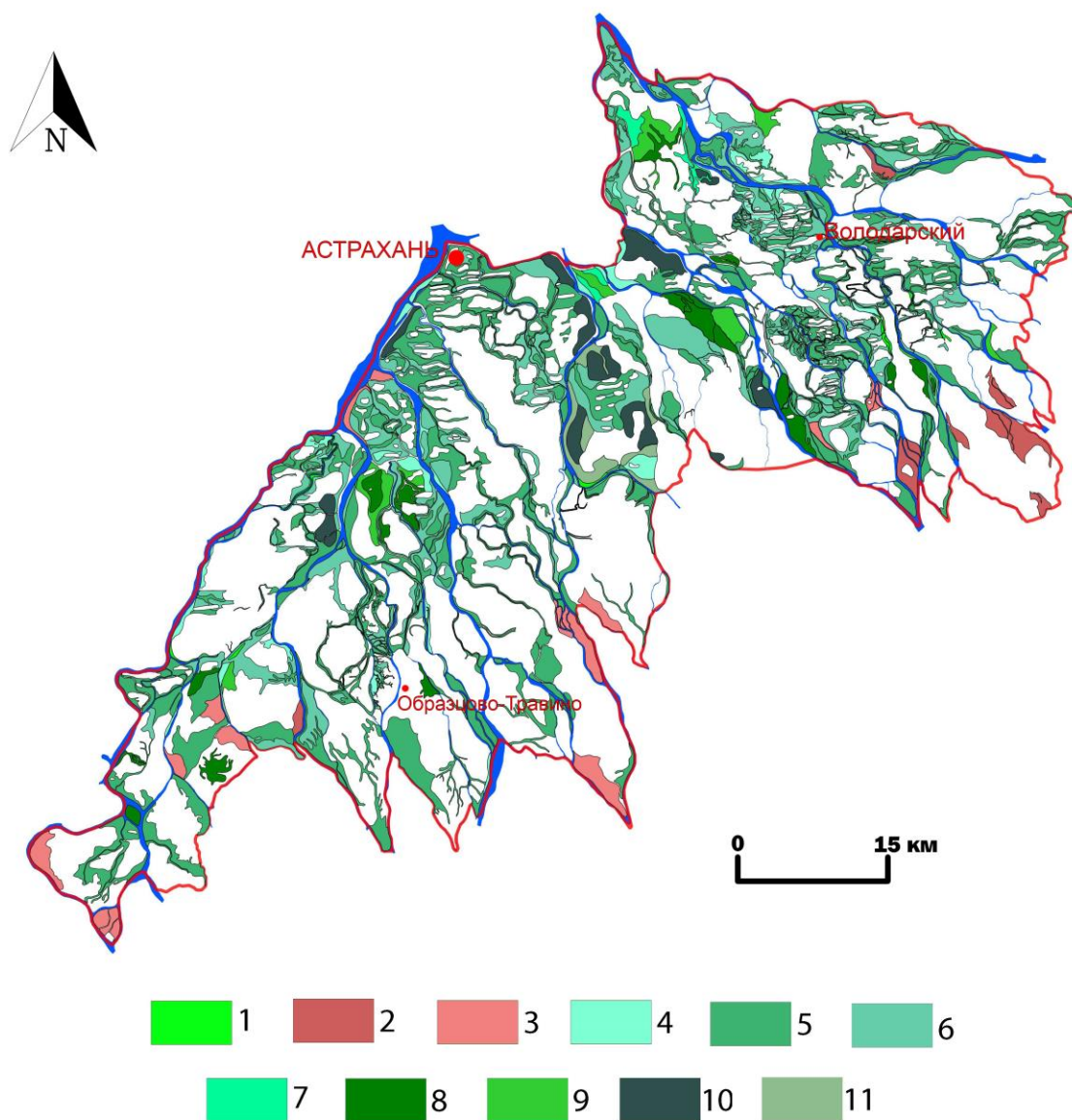


Рис. 3. Картограмма пространственного размещения русловых урочищ в пределах центральной части ландшафта дельты р. Волги. Условные обозначения: 1 – русловые урочища высокого уровня, пологоволнистые с ленточными лесами; 2 – русловые урочища низкого уровня, гривистые; 3 – русловые урочища среднего уровня, гривистые; 4 – мелкогривистые русловые урочища высокого уровня; 5 – мелкогривистые русловые урочища низкого уровня; 6 – мелкогривистые русловые урочища среднего уровня; 7 – русловые урочища высокого уровня, плоские; 8 – русловые урочища низкого уровня, плоские; 9 – русловые урочища среднего уровня, плоские; 10 – русловые урочища низкого уровня, пологовогнутые; 11 – русловые урочища среднего уровня, пологоволнистые

Fig.3. Sectional plane of the spatial distribution of channel nature territorial complexes within the central part of the Volga Delta landscape. Legend: 1 – gently-undulating high level channel nature territorial complexes with forests; 2 – low level meander-scar-channel nature territorial complexes; 3 – medium level meander-scar-channel nature territorial complexes; 4 – high level meander-scar-channel nature territorial complexes; 5 – low level small-size meander-scar-channel nature territorial complexes; 6 – medium level small-size meander-scar-channel nature territorial complexes; 7 – high level flat-plain channel nature territorial complexes; 8 – low level flat-plain channel nature territorial complexes; 9 – medium level flat-plain channel nature territorial complexes; 10 – low-level-curved channel nature territorial complexes; 11 – gently-undulating medium level channel nature territorial complexes

Русловые плоские, пологовогнутые и пологоволнистые урочища представлены крупными, вытянутыми вдоль водотоков массивами с достаточно плавными очертаниями. Они сконцентрированы на севере восточной части, в центре западной и особенно выделяются в центре исследуемого региона. Данные урочища являются результатом деятельности как современных, так и древних крупных водотоков, что и нашло отражение в их морфологических особенностях. В группе русловых урочищ их площадь превышает 15 %, от всей центральной дельты на них приходится около 6 %.

Распределение русловых гривистых урочищ носит четко выраженный характер: ПТК среднего уровня размещены в западной половине, исследуемого региона, а низкого в восточной. Площадные показатели гривистых урочищ разного уровня не превышают 7 % в группе русловых комплексов и составляют чуть более 2.5 % от всей исследуемой площади. В целом в группе русловых урочищ с учетом высотных отметок и площадных показателей лидируют урочища низкого уровня, на которые приходится свыше 56 % площади, занимаемой русловыми ПТК, и более 20 % всей центральной дельты.

Урочища бэровских бугров, или бугров Бэра, получили широкое распространение как в Прикаспийской низменности, так и дельте Волги. Особенности их распространения, геологического строения, морфологии и происхождения посвящено большое количество публикаций [Рычагов, 1958; Бадюкова, 2005; Свиточ, Ключевиткина, 2006; Рычагов, 2009]. Именно бэровские бугры придают своеобразный облик морфологической структуре центральной части дельты Волги, выступая в роли своеобразных ландшафтных реперов рассматриваемого региона.

В большинстве случаев бугры окружены шлейфами. Шлейфы бэровских бугров - полого-наклонные равнины, которые по своему происхождению представляют бугровой делювий. На их поверхности формируются бурые полупустынные, дерново-опустынивающиеся карбонатные или луговые солончаковые почвы с остепненными прибрежно-разнотравными лугами, включающие прибрежницу солончаковатую (*Aeluropus littoralis* (Gouan) Parl.), горчак ползучий (*Acroptilon repens* (L.) DC.), астру солончаковую (*Tripolium pannonicum* ssp. *tripolium* (L.) Greuter), ширицу белую (*Amaranthus albus* L.), солянку древовидную (*Salsola dendroides* Pall.). Если верхняя часть шлейфа соприкасается непосредственно с телом бугра, то нижняя может взаимодействовать с любым урочищем, окружающим бэровский бугор. Бэровские бугры с окружающими их шлейфами плавно переходят в межбугровые понижения.

Межбугровые урочища высокого уровня представляют собой пологонаклонные равнины, начинающиеся от собственно бугров или их шлейфов. Сложены они чаще всего коричневато-желтыми супесями или легкими суглинками, на которых формируются бурые полупустынные или дерново-опустынивающиеся почвы. Растительность ксерофитной ориентации представлена солянкой древовидной (*Salsola dendroides* Pall.), солянкой листовенной (*Salsola laricina* Pall.), комфоросмой монпельской (*Camphorosma monspeliaca* L.), верблюжьей колючкой (*Alhagi pseudalhagi* (Bieb.) Fisch.), полынью австрийской (*Artemisia austriaca* Jacq.). Встречаются одиночно стоящие деревья или небольшие заросли лоха узколистного (*Elaeagnus angustifolia* L.), а также тамарикса многоветвистого (*Tamarix ramosissima* Ledeb.).

Межбугровые урочища среднего уровня, также имеющие наклон к центру межбугрового понижения, формируются на основе серых и коричневато-серых суглинков и супесей. На лугово-бурых почвах формируется злаково-полынная и злаково-разнотравная растительность со свинороем пальчатым (*Cynodon dactylon* (L.) Pers.), солянкой древовидной (*Salsola dendroides* Pall.), прибрежницей солончаковатой (*Aeluropus littoralis* (Gouan) Parl.), пыреем ползучим (*Elytrigia repens* L. Nevski), клубнекамышом морским (*Bolboschoenus maritimus* (L.) Palla).

Межбугровые урочища низкого уровня обычно представлены пологовогнутыми равнинными участками, сложенными серыми и желтоватыми глинистыми песками, супесями и суглинками. При избыточном увлажнении здесь формируются аллювиальные бо-



лотные или иловато-перегнойно-глеевые почвы, при более лучших дренажных условиях-луговые солончаковые. Растительность в зависимости от степени увлажнения и засоления почв варьирует от тростниково-рогозовой до злаково-осоковой и галофитов.

Площадные показатели бэровских бугров, шлейфов бугров и межбугровых урочищ в центральной части ландшафта дельты Волги представлены в табл. 2. Анализ таблицы показывает, на данную группу урочищ приходится около 11 % исследуемой части ландшафта дельты Волги. Из них 7 % приходится на бугры Бэра и окружающие их шлейфы, которые занимают примерно одинаковые площади. Как показали выполненные исследования, на долю межбугровых урочищ приходится около 4 % от всей площади центральной части ландшафта дельты Волги. Вероятно, на начальных этапах развития дельты этот показатель был значительно выше, однако в дальнейшем данные ПТК послужили основой для формирования урочищ других групп, в первую очередь култучноравнинных и русловых.

Таблица 2
Table 2

Площадные показатели бэровских бугров, шлейфов бугров и межбугровых урочищ
в центральной части ландшафта дельты р. Волги
Area indicators of hillock and inter-hillock nature territorial complexes in the central part
of the Volga Delta landscape

Наименование ПТК	Площадь, км ²	Процент от общей площади исследования*	Процент от общей площади группы урочищ**
Бугры Бэра	126,1	3,23	30,02
Шлейфы бугров	147,5	3,78	35,12
Межбугровые урочища, полого- вогнутые равнинные, низкого уровня	34,8	0,89	8,29
Межбугровые урочища, полого- наклонные равнинные, среднего уровня	52,7	1,35	12,55
Межбугровые урочища, полого- наклонные равнинные, высокого уровня	59,1	1,52	14,07

Примечание: * общая площадь исследуемой территории – 3899,44 км², ** общая площадь группы исследуемых урочищ – 420,2 км².

Особенности пространственного размещения группы бугровых урочищ в пределах центральной части ландшафта дельты Волги представлены на рис. 4.

Анализ пространственного размещения ПТК данной группы показывает три наиболее крупных места их концентрации. Первое располагается на западе исследуемой части ландшафта дельты Волги, между рукавами Бахтемир и Волга. Кроме этого, наибольшая концентрация группы бугровых урочищ отмечается к югу и юго-востоку от г. Астрахани, а также к юго-востоку и югу от поселка Володарский. Помимо перечисленных участков, концентрация бэровских бугров и сопутствующих им урочищ отмечается на юго-западе и северо-востоке центральной части ландшафта дельты р. Волги.

Наименьшее распространение среди ПТК центральной части ландшафта дельты р. Волги получили гривистые урочища, сформировавшиеся на основе морских островов. Они достаточно хорошо диагностируются по желтовато-зеленоватым и желтовато-серым пескам и супесям, лежащим в их основании (рис. 5).

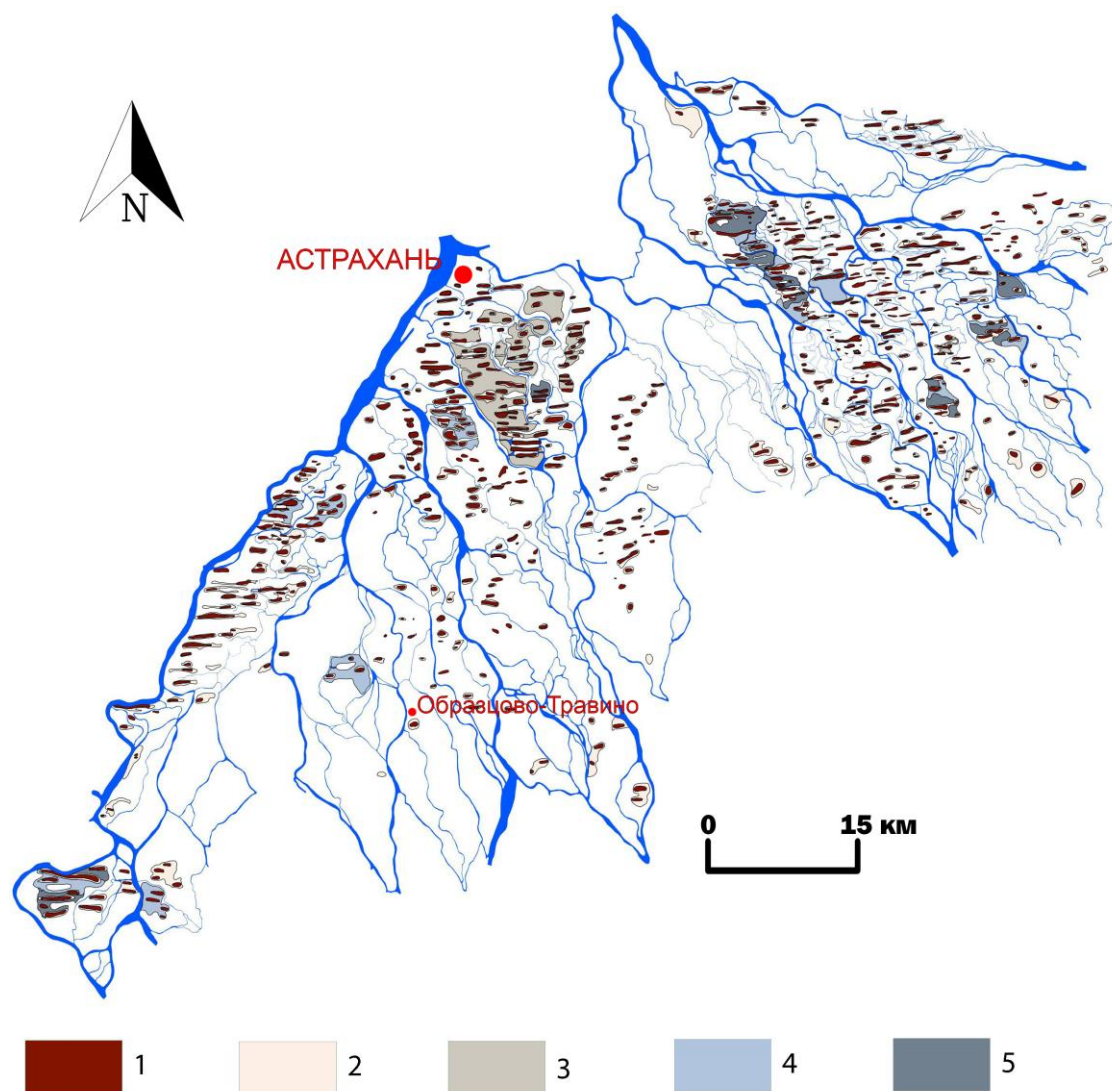


Рис. 4. Картограмма пространственного размещения группы бугровых урочищ в пределах центральной части ландшафта дельты р. Волги. Условные обозначения:

- 1 – бугры; 2 – шлейфы; 3 – межбугровые урочища, пологонаклонные равнинные, высокого уровня; 4 – межбугровые урочища, пологонаклонные равнинные, среднего уровня; 5 – межбугровые урочища, пологовогнутые равнинные, низкого уровня

Fig. 4. Sectional plane of the spatial distribution of hillock nature territorial complexes within the central part of the Volga Delta landscape. Legend: 1 – Bauer hills; 2 – hill plumes; 3 – high-level-lowland inter-hillock nature territorial complexes; 4 – medium-level-lowland inter-hillock nature territorial complexes; 5 – low-level-lowland inter-hillock nature territorial complexes

В рельефе эти урочища проявляются в виде положительных форм неправильной, реже округлой или овальной конфигурации с относительной высотой до 2–2,5 м. Для рассматриваемых комплексов также, как и для основной части ПТК центральной дельты, характерна уровенная дифференциация.

Однако в данном случае она обусловлена, на наш взгляд, не положением урочищ относительно меженного уровня воды в водотоках, а их морфометрическими особенностями. В виду литологических особенностей растительность данных урочищ представлена видами ксерофитной ориентации. Урочища низкого уровня, сложенные серо-желтыми легкими суглинками, представлены свинойно-пырейными сухими лугами и солодково-тамариковыми группировками на слабо солонцеватых почвах. ПТК среднего и высокого уровня, сформировавшиеся на основе желтовато-серых супесей и глинистых песков, покрыты остепненными свинойно-пырейными и прибрежно-разнотравными лугами

на слабо засоленных почвах. Как показывают выполненные исследования, площадь гривистых урочищ, сформировавшихся на основе морских островов, составляет чуть более 1 % от всей центральной дельты. Основная их часть сосредоточена в западной половине исследуемого региона и имеет достаточно четкую локализацию. Урочища низкого уровня располагаются к северу-северо-востоку от с. Чулпан, среднего уровня – к северу и востоку от с. Образцово-Травино, ПТК высокого уровня выделены в окрестностях с. Самосделка.



Рис. 5. Желтовато-серые пески в основании гривистых урочищ, сформировавшихся на месте морских островов (2 км к северу от с. Образцово-Травино)

Fig. 5. Yellowish-gray sands at the base of the meander-scar nature territorial complexes formed on the sea islands (2 km north of Obratsovo-Travino village)

Заключение

Региональные ландшафтные исследования не потеряли своей актуальности до настоящего времени. Использование как традиционных, так и современных методов и подходов проведения физико-географических исследований дают возможность раскрыть морфологические особенности различных ландшафтов.

Выполненный анализ морфологической структуры центральной части ландшафта дельты р. Волги позволяет сделать вывод о преобладании в ней русловых и култуноравнинных урочищ, занимающих примерно одинаковые площади. Это свидетельствует о том, что ее образование происходило в ходе сложного взаимодействия как морских, так и русловых процессов, что нашло отражение в морфологических особенностях и характере пространственного размещения сформировавшихся природных территориальных комплексов. Группа бугровых урочищ, несмотря на огромную роль бэровских бугров в формировании внешнего облика данной части дельты Волги, занимает вторичное положение. Для большинства выделенных ПТК характерна уровенная дифференциация, получившая четкое отражение в особенностях почвенно-растительного покрова. Исключение составляют бугры Бэра и окружающие их делювиальные шлейфы. Полученные результаты позволяют провести дальнейшее исследование антропогенной трансформации центральной части ландшафта дельты реки Волги и наметить пути оптимизации сложившейся здесь геоэкологической обстановки.

Список литературы

1. Атлас дельты Волги: геоморфология, русловая и береговая морфодинамика. 2015. М., АПР, 128 с.
2. Бадюкова Е.Н. 2005. Новые данные о морфологии и строении бэровских бугров. Геоморфология, 4: 25–38.
3. Большев Н.Н. 1962. Почвы. В кн.: Природа и сельское хозяйство Волго-Ахтубинской поймы и дельты Волги. М., Изд-во МГУ: 57–117.
4. Занозин В.В., Бармин А.Н. 2017. Ретроспективный анализ структурно-функциональных особенностей естественных природно-территориальных комплексов дельты Волги. Геология, география и глобальная энергия, 2 (65):104–110.
5. Занозин В.В., Бармин А.Н., Занозин В.В. 2017. Использование ГИС-технологий в ландшафтном картировании дельты Волги. Геология, география и глобальная энергия, 4 (67): 96–101.
6. Занозин В.В., Бармин А.Н. 2018. Особенности районирования дельтовых ландшафтов. Геология, география и глобальная энергия, 3 (70): 134–142.
7. Занозин В.В., Бармин А.Н. 2019. Кулочноравнинные урочища центральной части ландшафта дельты р. Волги: генезис, морфология и пространственное размещение. Астраханский вестник экологического образования, 3 (51): 62–71.
8. Краснова Н.Г. 1951. Образование отложений дельты Волги. В кн.: Геология дельты Волги. Ленинград, Гидрометиздат, 18 (30): 80–148.
9. Рычагов Г.И. 1958. Бэровские бугры. В кн.: Труды Прикаспийской экспедиции. М., Изд-во Моск. ун-та: 190–223.
10. Рычагов Г.И. 2009. Новые данные о генезисе и возрасте бэровских бугров. Вестник Московского университета. Серия 5: География, 5: 59–68.
11. Русаков Г.В. 1990. Геоморфологическое районирование дельты Волги. Геоморфология, 3: 99–106.
12. Свиточ А.А., Клювиткина Т.С. 2006. Бэровские бугры Нижнего Поволжья. М., Россельхозакадемия, 159 с.
13. Цаценкин И.А. 1962. Растительность и естественные кормовые ресурсы Волго-Ахтубинской поймы и дельты Волги. В кн.: Природа и сельское хозяйство Волго-Ахтубинской поймы и дельты Волги. М., Изд-во МГУ: 118–192.
14. Черепанов С.К. 1995. Сосудистые растения России и сопредельных государств (в пределах бывшего СССР). СПб., Мир и семья, 992 с.
15. Bolikhovskaya N.S., Makshaev R.R. 2019. The early Khvalynian stage in the Caspian sea evolution: pollen records, palynofloras and reconstructions of paleoenvironments. Quaternary International.
16. Kroonenberg S.B., Badyukova E.N., Storms J.E.A., Ignatov E.I., Kasimov N.S. 2000. A full sea-level cycle in 65 years: barrier dynamics along Caspian shores. Sedimentary Geology, 134: 257–274.
17. Kroonenberg S.B., Rusakov G.V., Andsvitoch A.A. 1997. The wandering of the Volga Delta: a response to rapid Caspian sea-level change. Sedimentary Geology, 107: 189–209.
18. Li C. X., Ivanov V., Fan D.D., Korotaev V., Yang S.Y., Chalov R., Liu S.G. 2004. Development of the Volga delta in response to Caspian sea-level fluctuation during last 100 years. Journal of Coastal Research, 20 (2): 401–414.
19. Olariu C., Bhattacharya J. 2006. Terminal Distributary Channels and Delta Front Architecture of River-Dominated Delta Systems. Journal of Sedimentary Research, 76: 212–233.
20. Richards K., Bolikhovskaya N.S., Hoogendoorn R.M., Kroonenberg S.B., Leroy S.A., Athersuch J. 2014. Reconstructions of deltaic environments from holocene palynological records in the Volga delta, northern Caspian sea. Holocene, 24 (10): 1226–1252.

References

1. Atlas of the Volga Delta: geomorphology, channel and coastal morphodynamics. 2015. Moscow, APR, 128 p. (in Russian)
2. Badiukova E.N. 2005. New data of morphology and structure of the Baer hills. Geomorphology, 4: 25–38. (in Russian)
3. Bolyshhev N.N. 1962. Pochvy [Soils]. V kn.: Priroda i sel'skoe khozyaystvo Volgo-Akhtubinskoy poymy i del'ty Volgi [Nature and agriculture of the Volga-Akhtuba floodplain and the Volga Delta]. Moscow, Moscow State University Publishing House: 57–117.



4. Zanozin V.V., Barmin A.N. 2017. Retrospective analysis of structural and functional features of natural territorial complexes in the Volga Delta. *Geology, Geography and Global Energy*, 2 (65): 104–110. (in Russian)
5. Zanozin V.V., Barmin A.N., Zanozin V.V. 2017. GIS-technologies in landscape mapping of the Volga Delta. *Geology, Geography and Global Energy*, 4 (67): 96–101. (in Russian)
6. Zanozin V.V., Barmin A.N. 2018. Features of zoning of delta landscapes. *Geology, Geography and Global Energy*, 3 (70): 134–142. (in Russian)
7. Zanozin V.V., Barmin A.N. 2019. Lacustrine-terrain (kultuck) natural territorial complexes of the central part of the Volga river delta landscape: genesis, morphology and location. *Astrakhan Bulletin of Environmental Education*, 3 (51): 62–71. (in Russian)
8. Krasnova N.G. 1951. *Образование отложений дельты Волги* [Formation of aggradations in the Volga Delta]. V kn.: *Геология дельты Волги* [Geology of the Volga Delta]. Leningrad, Gidrometizdat, 18 (30): 80–148.
9. Rychagov G.I. 1958. *Беровские бугры* [Bauer hills]. V kn.: *Trudy Prikaspiyskoy ekspeditsii* [Proceedings of the Caspian Expedition]. Moscow, Moscow State University Publishing House: 190–223.
10. Rychagov G.I. 2009. New Data on Genesis and Age of the Bauer hills. *Bulletin of Moscow University. Series 5: Geography*, 5: 59–68. (in Russian)
11. Rusakov G.V. 1990. *Геоморфологическое районирование дельты Волги* [Geomorphological zoning of the Volga Delta]. *Geomorphology*, 3: 99–106.
12. Svitoch A.A., Klyuvitkina T.S. 2006. *Bauer hills of the Lower Volga region*. Moscow, Ros-selkhozakademia, 159 p. (in Russian)
13. Tsatsenkin I.A. 1962. *Растительность и естественные кормовые ресурсы Волго-Ахтубинской поймы и дельты Волги* [Vegetation and natural forage resources of the Volga-Akhtuba floodplain and the Volga Delta]. V kn.: *Природа и сельское хозяйство Волго-Ахтубинской поймы и дельты Волги* [Nature and agriculture of the Volga-Akhtuba floodplain and the Volga delta]. Moscow, Moscow State University Publishing House: 118–192.
14. Cherepanov S.K. 1995. *Сосудистые растения России и сопредельных государств (в пределах бывшего СССР)* [Vascular plants of Russia and neighboring states (within the former USSR)]. St. Petersburg, World and Family: 992 p.
15. Bolikhovskaya N.S., Makshaev R.R. 2019. The early Khvalynian stage in the Caspian sea evolution: pollen records, palynofloras and reconstructions of paleoenvironments. *Quaternary International*.
16. Kroonenberg S.B., Badyukova E.N., Storms J.E.A., Ignatov E.I., Kasimov N.S. 2000. A full sea-level cycle in 65 years: barrier dynamics along Caspian shores. *Sedimentary Geology*, 134: 257–274.
17. Kroonenberg S.B., Rusakov G.V., Andsvitoch A.A. 1997. The wandering of the Volga Delta: a response to rapid Caspian sea-level change. *Sedimentary Geology*, 107: 189–209.
18. Li C. X., Ivanov V., Fan D.D., Korotaev V., Yang S.Y., Chalov R., Liu S.G. 2004. Development of the Volga delta in response to Caspian sea-level fluctuation during last 100 years. *Journal of Coastal Research*, 20 (2): 401–414.
19. Olariu C., Bhattacharya J. 2006. Terminal Distributary Channels and Delta Front Architecture of River-Dominated Delta Systems. *Journal of Sedimentary Research*, 76: 212–233.
20. Richards K., Bolikhovskaya N.S., Hoogendoorn R.M., Kroonenberg S.B., Leroy S.A., Athersuch J. 2014. Reconstructions of deltaic environments from holocene palynological records in the Volga delta, northern Caspian sea. *Holocene*, 24 (10): 1226–1252.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

Занозин В.В., аспирант кафедры экологии, природопользования, землеустройства и безопасности жизнедеятельности Астраханского государственного университета, г. Астрахань, Россия

Бармин А.Н., профессор, доктор географических наук, декан геолого-географического факультета Астраханского государственного университета, г. Астрахань, Россия

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Viktor V. Zanozin, post-graduate student of the Department of ecology, nature management, land management and life safety of Astrakhan state University, Astrakhan, Russia

Aleksandr N. Barmin, Professor, doctor of geographical Sciences, Dean of the faculty of Geology and geography of Astrakhan state University, Astrakhan, Russia

УДК 911.52 (470.32)

DOI

Региональные особенности литоландшафтогенеза Центрального Черноземья

В.Б. Михно, О.П. Быковская, А.С. Горбунов

Воронежский государственный университет
Россия, 394018, г. Воронеж, Университетская пл., 1
E-mail: gorbunov.ol@mail.ru

Аннотация. Литоландшафтогенез играет важную роль в формировании, трансформации и дифференциации ландшафтов. Несмотря на свою ландшафтообразующую значимость, этот процесс изучен недостаточно, что предопределило необходимость рассмотрения ландшафтообразующей роли литогенной основы Центрального Черноземья. В связи с этим авторами обосновано выделение карбонатного и силикатного типов литоландшафтогенеза, показана их специфика и пространственная дифференциация. Проведено картографирование основных морфологических типов литогенных ландшафтов. Установлены их площадные соотношения. Рассмотрена структурно-генетическая организация литогенной основы, выполнена классификация ее структурных элементов. Показаны некоторые особенности формирования региональных и типологических ландшафтных комплексов при различных физико-механических и химических свойствах горных пород. Подчеркнута ведущая роль литогенной основы в формировании ландшафтного разнообразия и поддержании оптимального ландшафтно-экологического состояния, что важно учитывать при решении задач, связанных с природопользованием в Центральном Черноземье.

Ключевые слова: ландшафтогенез, литоландшафтогенез, литогенная основа, литогенные ландшафты, классификация, дифференциация ландшафтов, Центральное Черноземье.

Благодарности: исследование проведено при финансовой поддержке РФФИ (проект 19-45-360005 p_a)

Для цитирования: Михно В.Б., Быковская О.П., Горбунов А.С. 2020. Региональные особенности литоландшафтогенеза Центрального Черноземья. Региональные геосистемы. 44(1): 29–40. DOI:

Regional features of lithological genesis of landscapes of the Central Chernozems region

Vladimir B. Mihno, Ol'ga P. Bykovskaya, Anatoliy S. Gorbunov

Voronezh State University
1 Universitetskaya pl., Voronezh, 394018, Russia
E-mail: gorbunov.ol@mail.ru

Abstract

The lithological genesis of landscapes plays an important role in the formation, transformation and differentiation of landscapes. The purpose of the study is to analyze the role of the lithogenic basis in formation of landscapes of the Central Chernozemic Region. The major factor in formation of the lithogenic basis is a process of lithogenesis. It's associated with marine transgressions, cover glaciations, river activity and physical and chemical weathering. The carbonate and silicate types of lithological genesis of landscapes is substantiated. Its specificity and spatial differentiation are shown. The main morphological types of landscapes with different lithogenic basis are mapped. The area of landscapes with clay-loamy, sandy, chalky, limestone and sandstone have been established. The dominant influence of the silicate type of lithological genesis of landscapes in the formation of the region's geosystems is



shown (the proportion of landscapes with clay-loamy and sandy lithogenic base is 93.3 %). The structural genetic organization of the lithogenic basis of landscapes is considered, and the classification of its structural elements is created. The division, classes, types, orders, variants and species of lithogenic basis of landscapes are identified. Some features of the formation of regional and typological landscapes with various physical, mechanical and chemical properties of rocks are shown. The attention is focused on the major role of the lithogenic base in the formation of landscape diversity and the maintenance of the optimal landscape-ecological condition. This is important in solving problems to nature management in the Central Chernozemic Region.

Keywords: landscape genesis, lithological genesis of landscapes, lithogenic basis, lithogenic landscapes, classification, landscape differentiation, Central Chernozems Region.

Acknowledgements: the research was conducted with the financial support of the RFBR (project 19-45-360005 r_a).

For citation: Mihno V.B., Bykovskaya O.P., Gorbunov A.S. 2020. Regional features of lithological genesis of landscapes of the Central Chernozems Region. *Regional Geosystems*, 44(1): 29–40. DOI:

Введение

Происхождение, развитие, структурно-динамическая организация и устойчивость ландшафтов Центрального Черноземья во многом зависят от литогенной основы, которую обычно понимают как комплекс геолого-геоморфологических особенностей территории, включая стратиграфию и литологию горных пород, древнюю и новейшую тектонику, современные тектонические движения, рельеф поверхности.

Ландшафтообразующая роль литогенной основы региона в зависимости от ее горных пород, положения в рельефе и соотношения с интеграциями основных источников развития современных ландшафтов изменяется в широких пределах – от ведущей до подчиненной. В том случае, когда литогенный фактор предопределяет происхождение и развитие ландшафтных комплексов, формируются своеобразные литогенные (петрогенные) ландшафты [Мильков, 1977].

Основным звеном этого процесса выступает литоландшафтогенез, созидательная роль которого тесно зависит от геолого-геоморфологических условий территории, литологических особенностей, физико-механических и химических свойств горных пород, образующих литогенную основу ландшафтов.

Анализ строения литогенной основы свидетельствует о ее достаточно сложной структурно-генетической организации. Свойственный ей карбонатный и силикатный литоландшафтогенез выступает важнейшим фактором формирования, дифференциации и разнообразия ландшафтных комплексов, оказывает мощное воздействие на ландшафтно-экологическую обстановку. Учет этого приобретает особую значимость в связи с необходимостью совершенствования системы природопользования, осуществления территориального планирования и оптимизации ландшафтов.

Установление структурно-генетической организации литогенной основы и ее ландшафтообразующей роли может представлять интерес с точки зрения физико-географического районирования и ландшафтного картографирования, прогнозирования и управления развитием природной среды Центрального Черноземья.

Литоландшафтогенез играет важную роль в формировании, трансформации и дифференциации ландшафтов Центрального Черноземья. Несмотря на свою ландшафтообразующую значимость, этот процесс изучен недостаточно. В результате затруднено решение ряда задач, связанных прежде всего с совершенствованием системы природопользования и оптимизации ландшафтно-экологической обстановки региона. В связи с этим авторами поставлена цель проанализировать особенности литоландшафтогенеза в Центральном Черноземье.

Объекты и методы исследования

При осуществлении исследований литоландшафтогенез рассматривался как процесс, предопределяющий происхождение и развитие ландшафтных комплексов под воздействием литогенных факторов [Михно, 1999]. Вместе с тем учитывались наиболее устойчивые взгляды на ландшафтообразующую роль литогенной основы [Милюков, 1986; Солнцев, 2001], а также принимались во внимание данные, полученные в результате анализа литоландшафтогенеза ледниковых отложений и мело-мергельных горных пород [Быковская и др., 2015; Михно, Горбунов, 2019].

Получение необходимой информации о литологических особенностях, физико-механических и химических свойствах горных пород, образующих литогенную основу ландшафтов, осуществлялись на основе полевых исследований с применением крупномасштабного ландшафтного картографирования, использования материалов геолого-геоморфологических изысканий и ландшафтно-индикационных исследований.

В качестве базовой методологической основы был избран геосистемный подход со свойственными ему методами исследований – картографическим, системным, балансовым, моделирования и др. Особое значение придавалось установлению взаимодействия литогенного фактора на физико-географические процессы и компоненты ландшафтных комплексов, выявлению структурно-генетических элементов литогенной основы, определению их роли в формировании ландшафтов Центрального Черноземья.

Результаты и их обсуждение

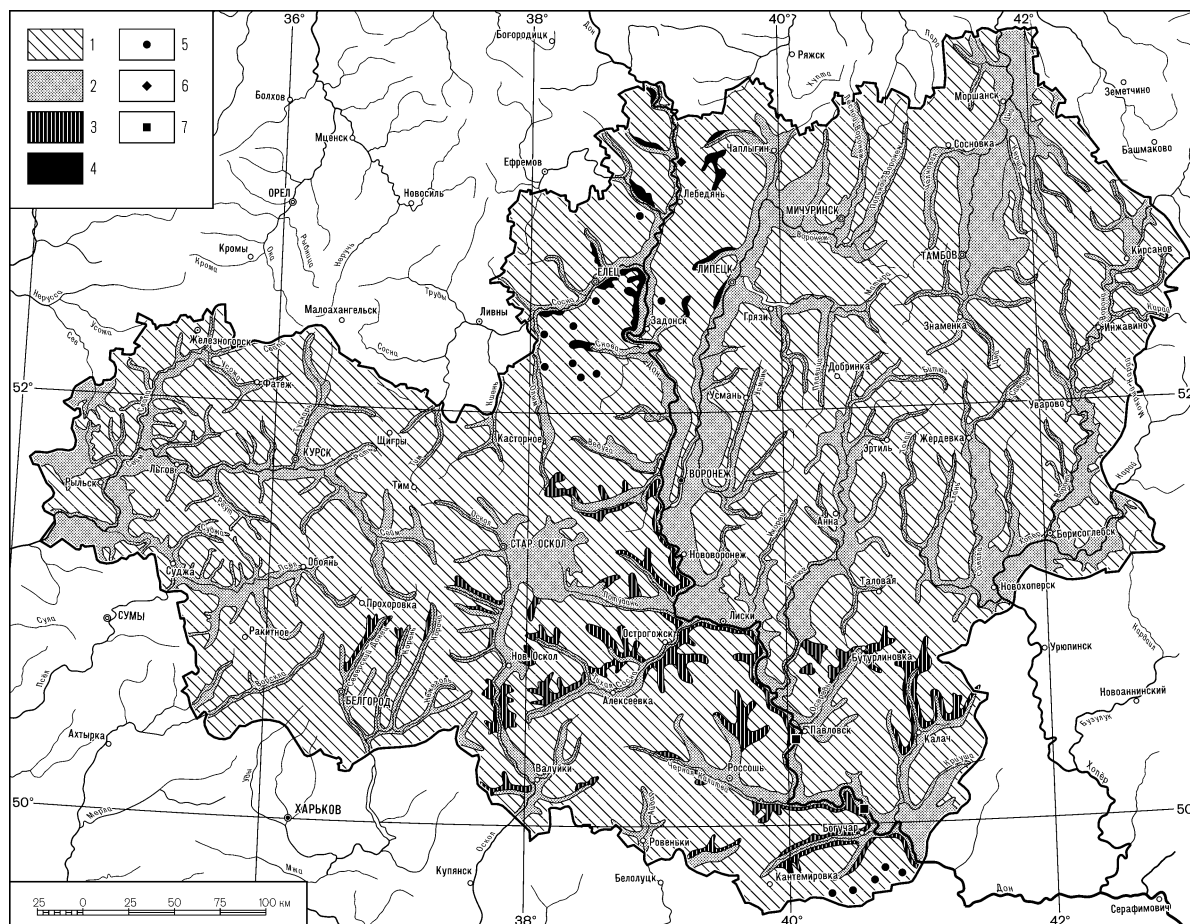
Строение и ландшафтообразующая роль литогенной основы. Литогенная основа ландшафтов Центрального Черноземья включает верхнюю толщу горных пород – современную кору выветривания. Мощность ее варьирует в широких пределах: от нескольких сантиметров в местах обнажающихся плотных горных пород до 30–40 м на территории, перекрытой рыхлыми преимущественно песчано-глинистыми отложениями. Условно нижнюю границу современной коры выветривания (литогенной основы) совмещают с водоупорным горизонтом грунтовых вод. По существу литогенная основа – это зона наиболее активного гипергенеза. В условиях наземного варианта ландшафтной сферы она включает биопедогенный (биокошный), литогенный и литогидрогенный геогоризонты [Николаев, 2006].

Современная кора выветривания Центрального Черноземья неоднородна в литологическом отношении. Своим происхождением она обязана преимущественно литогенезу – совокупности природных процессов образования и последующих изменений осадочных горных пород. Связь литогенеза с физико-географической обстановкой на широком региональном фоне детально раскрыта в специальной литературе [Страхов, 1960]. Распространение осадочных горных пород, принимающих участие в строении и развитии ландшафтов Центрального Черноземья, связано с морскими трансгрессиями, покровными оледенениями, деятельностью рек, физическим и химическим выветриванием.

В строении фундамента ландшафтных комплексов региона принимают участие две основные группы осадочных горных пород: карбонатные и силикатные. Первые из них включают известняк, доломит, мел, мергель; вторые представлены глинами, суглинками, песками, песчаником и гранитом. Карбонатные и силикатные породы предопределили особенности строения и ландшафтообразующей роли литогенной основы, обусловили формирование и дифференциацию ландшафтов (рис., табл. 1.).

Ландшафтогенез карбонатной литогенной основы. Ландшафтогенез Центрального Черноземья тесно связан с широким распространением карбонатных горных пород, образующих литогенную основу значительной части данного региона. По своему литологическому составу карбонатные породы неоднородны. Доминируют известняки и мело-мергельные породы.

Известняки в пределах Центрального Черноземья обнажаются или близко залегают от поверхности на территории Среднерусской возвышенности севернее линии Курска и Воронежа. Своим происхождением они обязаны существовавшему здесь в палеозое морскому режиму, отмиранию морских растений и животных. Обнажающиеся отложения верхнедевонского возраста представлены франским и фаменским ярусами, в структуре которых принимают участие слои известняков, отличающихся литологическим составом, характером структуры и текстуры. Общая мощность их возрастает от нескольких метров на юге до 80–100 м на севере региона. Химический состав пород близок к теоретическому составу кальцита (56 % CaO и 44 % CO₂).



Литогенная основа ландшафтов Центрального Черноземья: 1 – водораздельные и склоновые ландшафты с глинисто-суглинистой литогенной основой; 2 – водораздельные, пойменные и надпойменно-террасовые ландшафты с песчаной и песчано-суглинистой литогенной основой; 3 – склоновые ландшафты с мело-мергельной литогенной основой; 4 – склоновые ландшафты с известняковой литогенной основой; 5 – водораздельные и склоновые ландшафты с песчаниковой литогенной основой; 6 – склоновые ландшафты с доломитовой литогенной основой; 7 – пойменные ландшафты с гранитной литогенной основой

Lithogenic basis of landscapes of the Central Chernozems Region: 1 – interfluvial and slope landscapes with clay-loamy lithogenic basis; 2 – interfluvial, floodplain and terrace landscapes with sandy and sandy-loamy lithogenic basis; 3 – slope landscapes with a cretaceous lithogenic basis; 4 – slope landscapes with limestone lithogenic basis; 5 – interfluvial and slope landscapes with sandstone lithogenic basis; 6 – slope landscapes with dolomite lithogenic basis; 7 – floodplain landscapes with granite lithogenic basis.

Таблица 1
Table 1Площади ландшафтов с различной литогенной основой
Landscapes areas with different lithogenic basis

№	Ландшафты	Площадь, км ²	Доля от площади региона, %
1	Водораздельные глинисто-суглинистые	83 328,49	49,8
2	Надпойменно-террасовые песчаные	17 700,74	10,6
3	Водораздельные и склоновые суглинисто-песчаниковые	316,54	0,2
4	Водораздельные песчаные	4 239,32	2,5
5	Склоновые меловые и суглинисто-меловые	10 580,35	6,3
6	Склоновые суглинисто-известняковые	702,51	0,4
7	Склоновые песчаные и песчано-суглинистые	2 594,75	1,6
8	Склоновые глинисто-суглинистые	17 827,97	10,7
9	Пойменные и постпойменные песчано-суглинистые	29 988,85	17,9
	Итого	167 279,52	100

Мело-мергельные породы распространены в южной части Среднерусской возвышенности и на Калачской возвышенности – к югу от линии Курск – Воронеж – Лиски – Таловая. Обнажения мело-мергельных пород особенно часты по крутым побережьям Дона, Тихой Сосны, Потудани, Оскола, Сейма, Псёла, Северского Донца и других рек. Многочисленные меловые обнажения также приурочены к балкам, оврагам и карьерам. Общая площадь обнажающихся мело-мергельных пород в пределах Среднерусской и Калачской возвышенностях составляет около 1,5 млн га.

Происхождение мело-мергельных пород региона тесно связано с верхнемеловой трансгрессией. Карбонатные породы верхнемелового возраста приурочены к туронскому, коньякскому, сантонскому, кампанскому и маастрихскому ярусам Воронежской антеклизы, образуя самостоятельный структурный этаж, мощность которого возрастает от нескольких метров у северной границы распространения мело-мергельных пород до 200–250 м на юге Центрального Черноземья. Литология, стратиграфия, тектоника и особенности формирования меловых отложений региона нашли отражение в ряде работ [Савко и др., 2001; Дмитриев и др., 2004; Иванова, Савко, 2011].

Ландшафтообразующая роль карбонатной литогенной основы на территории рассматриваемого региона проявляется неодинаково и зависит прежде всего от физико-механических и химических свойств ее горных пород, обуславливающих своеобразие энерго- и массообмена, лежащих в основе ландшафтогенеза. Карбонатные породы здесь обладают достаточно высокой интенсивностью ландшафтообразования. Об этом свидетельствует сильная подверженность их физической и химической денудации (эрозия, карст), изменяющей рельеф местности и трансформирующей ландшафты, а также усиливающей контрастность сред и процессы переноса вещества, в том числе типоморфного элемента кальция в виде CaCO_3 .

Интенсивная миграция и значительная аккумуляция кальция свойственна всем ландшафтным комплексам региона, имеющим карбонатную литогенную основу. Это позволяет отнести их к классу кальциевых ландшафтов [Перельман, 1975].



По соотношению химической и механической денудации, разнообразию и контрастности, устойчивости ландшафты, сформировавшиеся на известняках и меломергельных породах, отличаются, образуя два типа ландшафтов: известняково-карстовые и карстово-меловые [Известняковый..., 1978; Михно, 1990]. В целом кальцефитным ландшафтам Центрального Черноземья присущи ослабленное проявление зональных признаков, морфолого-генетическое разнообразие, повышенная динамичность, подверженность карстовой денудации.

Ландшафтогенез силикатной литогенной основы. В строении литогенной основы ландшафтов большей части территории Центрального Черноземья принимают силикатные горные породы со свойственным им комплексным кремне-кислородным радикалом. Силикаты выступают здесь важнейшими пороодообразующими минералами глин, песков, суглинков, супесей, песчаников, гранитов.

Широкое распространение силикатных горных пород, участвующих в строении литогенной основы ландшафтов рассматриваемого региона, связано с морскими и континентальными отложениями, среди которых доминируют лессовидные маломощные безвалунные суглинки, перекрывающие на обширной территории различные элементы рельефа. В области Донского ледникового языка распространена морена – глины и суглинки, в разной степени обогащенные местными и эрратическими валунами [Грищенко, 1976].

Формирование чехла осадочных силикатных горных пород тесно связано с природными условиями литогенеза палеогена, неогена и четвертичного периода, в итоге предопределившими различия литогенной основы и дифференциации ландшафтов. Распространение, генезис, состав толщи осадочного чехла каждого геологического этапа их развития существенно отличаются.

Палеогеновые отложения перекрывают водоразделы Среднерусской и Калачской возвышенности. Мощность их возрастает от нескольких метров на севере до 150 м на юго-западе региона. Они включают терригенные, органогенные и хемогенные породы. Доминируют породы терригенного типа, состоящие преимущественно из кварцевых песков и разнообразных глин [Семенов, 1965].

Неогеновые отложения наиболее полно представлены на территории Окско-Донской низменности. Неогеном здесь выполнен ряд субмеридиональных эрозионных долин, включающих аллювиальные и лиманно-морские отложения [Семенов, 1965].

Четвертичные отложения представлены тремя формациями: аллювиальной, ледниковой и лессово-почвенной, или субаэральной, включающими аллювиальные и делювиальные отложения 3-й и 4-й надпойменных террас (пески, суглинки, глины), флювиогляциальные отложения (пески, глины), аллювиальные отложения пойм и 1-й и 2-й надпойменных террас (пески, суглинки, глины), гляциальные (морена, пески, суглинки, глины), перигляциальные отложения водоразделов, пролювиально-делювиальные отложения склонов во внеледниковой области (суглинки) [Холмовой, 2013].

На территории Центрального Черноземья силикатные горные породы образуют три основных типа литогенной основы ландшафтов: песчаный, суглинистый, глинистый. В зависимости от различий генезиса, состава и свойств в каждом типе литогенной основы обособились структурные элементы (подтипы). Песчаный тип включает аллювиальный и флювиогляциальный подтипы отложений; суглинистый – лессовидный и моренный; глинистый – осадочно-морской и ледниково-моренный.

Неоднородность субстрата предопределила разнообразие почвенно-растительного покрова и ландшафтов территории распределения силикатных горных пород, образующих литогенную основу региона. На суглинистом субстрате сформировались дубравные и разнотравно-злаковые комплексы, на песках – песчаные степи и сосновые леса, в местах при-

поверхностного залегания глинистых отложений развитие получили дубово-ивняково-осинниковые группировки.

Все это свидетельствует о достаточно широком спектре и значимом проявлении ландшафтообразующей роли литогенной основы исследуемой территории. Однако слабая изученность региональных особенностей литоландшафтогенеза затрудняет решение ряда задач, связанных преимущественно с рациональным природопользованием. Это предопределяет необходимость проведения специальных исследований с целью установления прежде всего структурно-генетической организации и ландшафтообразующей функции литогенной основы Центрального Черноземья.

Структурно-генетическая классификация литогенной основы ландшафтов.

Разнообразие литологических формаций Центрального Черноземья предопределяет различия литоландшафтогенеза и, как следствие, формирование различных по структуре и генезису ландшафтов. Установление строения, свойств, дифференциации и особенностей развития литогенной основы представляет как научный, так и практический интерес. В частности, получение информации о природной специфике литогенной основы позволяет расширить представления о региональных особенностях проявления литоландшафтогенеза, тенденциях развития ландшафтов, их устойчивости и потенциале. Внедрение этих знаний в практику, например, природопользования способствовало бы более обоснованному в научном отношении решению задач, связанных с рациональным использованием природных ресурсов, территориальным планированием, ландшафтно-экологическим проектированием, совершенствованием сети особо охраняемых территорий.

Однако разрозненность данных о составе, свойствах, структуре и генезисе литогенной основы, а также отсутствие систематизации ее элементов затрудняют реализацию этих задач. Принимая это во внимание, авторами предпринята попытка разработать структурно-генетическую классификацию элементов литогенной основы Центрального Черноземья.

Предлагаемая классификация выполнена на основе типологической группировки литологических формаций региона. По своей сути это типологическая группировка структурных элементов литогенной основы по сходству физико-механических и химических свойств, а также общности их литологического строения и генезиса.

Высшей таксономической единицей классификации принят отдел, в основу выделения которого положена общность механического состава горных пород литогенной основы. В регионе выделено два отдела литогенной основы: петрогенный и пелитовый. Учитывая химический состав доминирующих ландшафтообразующих горных пород, отделы подразделены на классы: карбонатный и силикатный, в рамках которых на основе различий литологического состава горных пород вычленены типы литогенной основы (известняковый, меловой, мергельный, суглинистый и др.). Генетические и геоморфологические особенности литогенной основы послужили критерием обоснования таксонов на уровне рода, варианта и вида (табл. 2.).

Литогенная основа как фактор дифференциации и разнообразия ландшафтов.

Геологическое строение и рельеф совместно формируют литогенную основу и придают ей индивидуальность, проявляющуюся в дифференциации и разнообразии ландшафтов Центрального Черноземья. Литогенная основа здесь играет очень большую роль в обособлении региональных и типологических ландшафтных комплексов. Особенно убедительно это показано в работах, посвященных физико-географическому районированию и ландшафтному картографированию региона [Физико-географическое..., 1961; Эколого-географические..., 1996].


 Таблица 2
 Table 2

Структурно-генетическая классификация литогенной основы ландшафтов
 Центрального Черноземья
 Structural and genetic classification of the lithogenic basis of landscapes
 of the Central Chernozems Region

Таксон	Основание деления	Литолого-геоморфологические особенности			
Отдел	Механический состав горных пород	Петрогенный, плотный, щебнисто-глыбовый		Пелитовый, рыхлый, мелкозернистый	
Класс	Химический состав горных пород	Карбонатный	Силикатный	Карбонатный	Силикатный
Тип	Литологический состав горных пород	Известняковый Меловой Мергельный Доломитовый	Песчаниковый Гранитный	Меловой Мергельный Доломитовый	Песчаный Суглинистый Глинистый
Род	Генезис горных пород	Осадочно-морской	Осадочно-морской Магматический	Денудационно-аккумулятивный	Континентально-осадочный
Вариант	Гипсометрические различия	Высотные уровни: Высокий Низкий			
Вид	Морфоскульптура литогенной основы	Эрозионная Оползневая Карстовая Суффозионная Мерзлотная Антропогенная	Эрозионная Антропогенная	Эрозионная Оползневая Карстовая Суффозионная Аккумулятивная Антропогенная	Эрозионная Оползневая Суффозионная Аккумулятивная Антропогенная

Все региональные ландшафтные комплексы (зональные области, провинции, районы) несут на себе воздействие литогенного фактора. Однако ландшафтообразующая роль его в рамках таксономических единиц проявляется неодинаково и зависит от соотношения с другими факторами – тектогенным, климатогенным, биогенным, антропогенным. С уменьшением таксономического ранга региональных комплексов наблюдается усиление ландшафтообразующей роли литогенной основы. На уровне самых низких таксономических единиц (физико-географических районов) литогенная основа нередко играет ведущую роль в их обособлении. Например, в генетическом отношении физико-географические районы Донского Белогорья (Придонской меловой, Калитвинский волнисто-балочный, Богучарский правобережный степной) относятся к литогенному (петрогенному) ряду ландшафтных комплексов [Донское..., 1976].

Ведущая роль литогенной основы в формировании и обособлении типологических ландшафтных комплексов – фаций, урочищ, типов местности – нашла широкое отражение в работах многих исследователей. Убедительно показана зависимость дифференциации ландшафтов от литогенного фактора. На основе учета местоположения в рельефе и литологии материнских пород выделены типы местности региона (плакорный, междуречный, недренированный, зандровый, останцово-водораздельный, склоновый, пойменный), внутреннее ландшафтное различие которых раскрыто на уровне литологических и высотно-геоморфологических вариантов типов местности, получивших наиболее детальное отражение на ландшафтной карте Воронежской области (1:200 000).

Для Центрального Черноземья все большую актуальность приобретает проблема сохранения и увеличения ландшафтного разнообразия – важнейшего фактора устойчивого и оптимального ландшафтно-экологического состояния региона. Решение ее возможно на основе четких представлений о региональных особенностях формирования ландшафтного разнообразия под воздействием литогенного фактора. Получение такого рода информации будет способствовать увеличению ландшафтного разнообразия путем создания оптимальной ландшафтно-экологической сети Центрального Черноземья на основе учета ландшафтообразующей роли литогенной основы.

Свидетельством в пользу эффективности оптимизации экологической обстановки путем управления ландшафтным разнообразием может служить результат эксперимента по борьбе с засухами на территории Каменной Степи при помощи создания фитомелиоративных и обводнительных мелиоративных систем. В результате опытных работ здесь существенно изменилась ландшафтно-экологическая обстановка, сформировался идеально оптимизированный южнолесостепной лесо-аграрный ландшафт.

Таким образом, ландшафтообразующая роль литогенной основы в пределах Центрального Черноземья проявляется достаточно своеобразно. В зависимости от состава свойств и местоположения горных пород в рельефе, а также соотношения с интеграциями современных источников развития ландшафтов, воздействия их на физико-географические процессы и компоненты проявляются неоднозначно. Это предопределяет особенности формирования и дифференциации ландшафтов. В этой связи учет специфики ландшафтообразующей роли литогенной основы важен при решении научных и практических задач, касающихся природопользования и оптимизации ландшафтно-экологической обстановки региона.

Заключение

Результаты проведенных исследований свидетельствуют о том, что генезис, формирование, дифференциация, развитие и структурная организация ландшафтов Центрального Черноземья в значительной мере зависят от литогенной основы (геологического строения и рельефа). Это предопределяет актуальность изучения и учета в практике региональных особенностей литоландшафтогенеза.

В процессе исследований установлено, что ландшафтообразующая роль литогенного фактора в пределах рассматриваемого региона проявляется повсеместно. Однако, в зависимости от соотношения литогенной основы с интеграциями современных источников ландшафтогенеза, она варьирует от ведущей до подчиненной. При ведущей роли, получившей наименование «литоландшафтогенеза», формируются природные комплексы особой категории – литогенные (петрогенные) ландшафты.

Дифференцированный характер литоландшафтогенеза тесно связан со строением и свойствами литогенной основы. В строении литогенной основы ландшафтов Центрального Черноземья принимают участие две основные группы осадочных горных пород: карбонатные и силикатные. Различия физико-механических и химических свойств пород проявляются в энерго- и массообмене вещества, участвующего в ландшафтогенезе. В результате создаются предпосылки для развития и дифференциации ландшафтов, формирования их разнообразия и устойчивости. Все это находит отражение в структурно-генетической организации ландшафтов Центрального Черноземья.

Анализ региональных особенностей проявления литоландшафтогенеза, а также картографирование и классификация структурных элементов литогенной основы ландшафтов Центрального Черноземья позволяют сделать вывод о высокой степени дифференциации ландшафтообразующей роли карбонатных и силикатных горных пород региона. Это предопределяет своеобразие развития, формирования разнообразия и устойчиво-



сти ландшафтов. Учет этих особенностей литоландшафтогенеза способствовал бы более глубокому обоснованию приемов природопользования и оптимизации ландшафтно-экологической обстановки Центрального Черноземья.

Список литературы

1. Быковская О.П., Михно В.Б., Горбунов А.С., Бевз В.Н. 2015. Ледовый литоландшафтогенез и его проявление в ландшафтной структуре Центрального Черноземья. Материалы всероссийской конференции «Марковские чтения 2015 года». Москва, Изд-во географического факультета Московского государственного университета: 46–48.
2. Грищенко М.Н. 1976. Плейстоцен и голоцен бассейна Верхнего Дона. М., Наука, 229 с.
3. Дмитриев Д.А., Савко А.Д., Жабин А.В. 2004. Сантонские отложения правобережья среднего течения реки Дон. Труды научно-исследовательского института геологии Воронежского государственного университета, 21: 1–104.
4. Донское Белогорье. 1976. Под. ред. Ф.Н. Милькова. Воронеж, Изд-во Воронежского государственного университета, 160 с.
5. Известняковый север Среднерусской возвышенности. 1978. Под. ред. Ф.Н. Милькова. Воронеж, Изд-во Воронежского государственного университета, 178 с.
6. Иванова Е.О., Савко А.Д. 2011. Верхнемеловые отложения юго-запада ЦЧЭР (Белгородская и Курская области). Труды научно-исследовательского института геологии Воронежского государственного университета, 64: 1–93.
7. Мильков Ф.Н. 1977. Генезис и генетические ряды ландшафтных комплексов. В кн.: Землеведение. Сборник Московского общества испытателей природы. Новая серия. Т. 12. М., Изд-во Московского университета: 5–11.
8. Мильков Ф.Н. 1986. Физическая география: учение о ландшафте и географическая зональность. Воронеж, Изд-во Воронежского государственного университета, 328 с.
9. Михно В.Б. 1990. Карстово-меловые геосистемы Русской равнины. Воронеж, Изд-во Воронежского государственного университета, 200 с.
10. Михно В.Б. 1999. Литоландшафтогенез, его сущность и специфика. Вестник Воронежского отдела Русского географического общества, 1 (1): 1–7.
11. Михно В.Б., Горбунов А.С. 2019. Ландшафтогенез карбонатных пород верхнемеловых отложений Воронежской антеклизы. Вестник Воронежского государственного университета. Сер. Геология, 2: 5–14.
12. Николаев В.А. 2006. Ландшафтоведение. М., Изд-во Географического факультета Московского государственного университета, 208 с.
13. Перельман А.И. 1975. Геохимия ландшафта. М., Высшая школа, 342 с.
14. Савко А.Д., Мануковский С.В., Мизин А.И., Бурыкин В.Н., Бартенев В.К., Бабкин В.Ф., Огороков В.А. 2001. Литология и фации донеогеновых отложений Воронежской антеклизы. Труды научно-исследовательского института геологии Воронежского государственного университета, 3: 201.
15. Семенов В.П. 1965. Палеоген Воронежской антеклизы. Воронеж, Изд-во Воронежского государственного университета, 280 с.
16. Солнцев Н.А. 2001. Учение о ландшафте (избранные труды). М., Изд-во Московского университета, 384 с.
17. Страхов Н.М. 1960. Основы теории литогенеза. Т. 1. Типы литогенеза и их размещение на поверхности Земли. М., Изд-во АН СССР, 212 с.
18. Физико-географическое районирование Центрально-Черноземных областей. 1961. Под. ред. Ф.Н. Милькова. Воронеж, Изд-во Воронежского государственного университета, 261 с.
19. Холмовой Г.В. 2013. Геологическая карта дочетвертичных отложений. В кн.: Эколого-географический Атлас-книга Воронежской области. Воронеж, Изд-во Воронежского государственного университета: 40–42.
20. Эколого-географические районы Воронежской области. 1996. Под. ред. Ф.Н. Милькова. Воронеж, Изд-во Воронежского государственного университета, 216 с.



References

1. Bykovskaya O.P., Mihno V.B., Gorbunov A.S., Bezv V.N. 2015. Ledovyj litolandshaftogenez i ego proyavlenie v landshaftnoj strukture Central'nogo Chernozem'ya. Materialy vserossijskoj konferencii «Markovskie chteniya 2015 goda». [Ice litholandscape genesis and its manifestation in the landscape structure of the Central Black Earth Region. Materials of the Russian Conference «Markov Readings of 2015»]. Moscow, Izd-vo Geograficheskogo fakul'teta Moskovskogo gosudarstvennogo universiteta: 46–48.
2. Grishchenko M.N. 1976. Plejstocen i golocen bassejna Verhnego Dona [Pleistocene and Holocene of the Upper Don Basin]. Moscow, Nauka, 229 p.
3. Dmitriev D.A., Savko A.D., Zhabin A.V. 2004. Santonian deposits of the right bank of the middle reaches of the Don River. Proceedings of the Research Institute of Geology of the Voronezh State University, 21: 1–104. (in Russian)
4. Donskoe Belogor'e [Don Belogorye]. 1976. Ed. Mil'kov F.N. Voronezh, Izd-vo Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta, 160 p.
5. Izvestnyakovyj sever Srednerusskoj vozvyshennosti [Limestone north of the Central Russian Upland]. 1978. Ed. Mil'kov F.N. Voronezh, Izd-vo Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta: 178 p. (in Russian)
6. Ivanova E.O., Savko A.D. 2011. Upper Cretaceous deposits of the south-west of the Central Chernozems Economic Region (Belgorod and Kursk Regions). Proceedings of the Research Institute of Geology of the Voronezh State University, 64: 1–93. (in Russian)
7. Mil'kov F.N. 1977. Genesis and genetic series of landscapes. Earth Research. In: Collected articles of the Moscow Society of Naturalist. New Series. Vol. 12. Moscow, Moscow University Press: 5–11. (in Russian)
8. Mil'kov F.N. 1986. Fizicheskaya geografiya: uchenie o landshafte i geograficheskaya zonal'nost' [Physical Geography: Study of landscape and geographical zonality]. Voronezh, Izd-vo Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta, 328 p.
9. Mihno V.B. 1990. Karstovo-melovye geosistemy Russkoj ravniny [Karst-Cretaceous geosystems of the Russian Plain]. Voronezh, Izd-vo Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta, 1990, 200 p.
10. Mihno V.B. 1999. Litolandshaftogenez, ego sushchnost' i specifika. [Lithological genesis of landscapes, its essence and specificity]. Vestnik Voronezhskogo otдела Russkogo geograficheskogo obshchestva, 1(1): 1–7.
11. Mihno V.B., Gorbunov A.S. 2019. Landscapes genesis of carbonate rocks of the upper cretaceous deposits of the Voronezh antecline. Proceedings of Voronezh State University. Series: Geology, 2: 5–14. (in Russian)
12. Nikolaev V.A. 2006. Landshaftovedenie. [Landscape science]. Moscow, Izd-vo Geograficheskogo fakul'teta Moskovskogo gosudarstvennogo universiteta, 208 p.
13. Perel'man A.I. 1975. Geohimiya landshafa [Landscape geochemistry]. Moscow, Vysshaya shkola, 342 p.
14. Savko A.D., Manukovskij S.V., Mizin A.I., Burykin V.N., Bartenev V.K., Babkin V.F., Okorokov V.A. 2001. Lithology and facies of pre-Neogene deposits of the Voronezh antecline. Proceedings of the Research Institute of Geology of the Voronezh State University, 3: 201. (in Russian)
15. Semenov V.P. 1965. Paleogen Voronezhskoj anteklizy [Paleogene of the Voronezh antecline]. Voronezh, Izd-vo Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta, 280 p.
16. Solncev N.A. 2001. Uchenie o landshafte (izbrannye trudy) [Study of landscape: (selected works)]. Moscow, Moscow University Press, 384 p.
17. Strahov N.M. 1960. Osnovy teorii litogeneza. T.1. Tipy litogeneza i ih razmeshchenie na poverhnosti Zemli. [Fundamentals of the theory of lithogenesis. Vol. 1. Types of lithogenesis and its location on the Earth surface]. Moscow, Izdatel'stvo AN SSSR, 212 p.
18. Fiziko-geograficheskoe rajonirovanie Central'no-Chernozemnyh oblastej [Physical-geographical zoning of the Central Chernozems Regions]. 1961. Ed. Mil'kov F.N. Voronezh, Izd-vo Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta, 261 p.



19. Holmvoj G.V. Geological map of pre-Quaternary sediments. In: Ecological and geographical Atlas-book of the Voronezh region. Voronezh, Izd-vo Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta: 40–42. (in Russian)

20. Ekologo-geograficheskie rajony Voronezhskoj oblasti [Ecological and geographical district of the Voronezh region]. 1996. Ed. Mil'kov F.N. Voronezh, Izd-vo Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta, 216 p.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

Михно В.Б., профессор, доктор географических наук, профессор кафедры физической географии и оптимизации ландшафта Воронежского государственного университета, г. Воронеж, Россия

Быковская О.П., доцент, кандидат географических наук, заведующий кафедрой физической географии и оптимизации ландшафта Воронежского государственного университета, г. Воронеж, Россия

Горбунов А.С., кандидат географических наук, доцент кафедры физической географии и оптимизации ландшафта Воронежского государственного университета, г. Воронеж, Россия

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Vladimir B. Mikhno, professor, doctor of geographical Sciences, Professor of the Department of physical geography and landscape optimization, Voronezh state University, Voronezh, Russia

Ol'ga P. Bykovskaya, associate Professor, candidate of geographical Sciences, head of the Department of physical geography and landscape optimization of Voronezh state University, Voronezh, Russia

Anatoliy S Gorbuno., candidate of geographical Sciences, associate Professor of the Department of physical geography and landscape optimization of Voronezh state University, Voronezh, Russia

УДК 911.9
DOI

Об изменении исчисления времени в регионе Европейской России (на примере Чувашской Республики)

Ю.Р. Архипов, И.В. Никонорова, Н.А. Казаков, Н.Г. Караганова

Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова,
Россия, Чувашская Республика, 428015, г. Чебоксары, Московский проспект, 15

E-mail: yurarkhipov@mail.ru, niko-inna@yandex.ru, kzkv75@mail.ru, amazonka1@rambler.ru

Аннотация. Рассмотрены предпосылки и последствия изменения часовой зоны с МСК на МСК+1 на примере Чувашской Республики – региона, расположенного на востоке Европейской территории России (ЕТР). Реформа часовых зон в стране в 2011–2014 гг. по сей день неоднозначно воспринимается в регионах. Авторы проводят анализ географических, физиологических факторов и современной социально-экономической ситуации в Чувашской Республике и соседних регионах, а также возможных изменений в аспекте влияния смены часовой зоны. Рассчитаны прогнозные потери и приращения светового дня в зимний и летний периоды, как следствие, потери или экономия энергии, в особенности для сферы образования. Дана попытка сопоставить динамику дорожно-транспортных происшествий и уличных преступлений в аспекте влияния смены часовой зоны и сравнить ее с показателями в соседних регионах ЕТР. Результаты исследования могут быть использованы органами государственной власти, а также иными лицами при принятии решений, связанных с управлением в регионе.

Ключевые слова: Чувашская Республика, оптимизация времяисчисления, часовая зона, истинный полдень, местное время, изменения периодов бодрствования, потери и экономия энергии.

Для цитирования: Архипов Ю.Р., Никонорова И.В., Казаков Н.А., Караганова Н.Г. 2020. Об изменении исчисления времени в регионе Европейской России (на примере Чувашской Республики). Региональные геосистемы, 44(1): 41–54. DOI:

On change of calculation of time in the region of European Russia (on the example of the Chuvash Republic)

Yury R. Arkhipov, Inna V. Nikonorova, Nikolay A. Kazakov, Natalia G. Karaganova

Chuvash State University,
15 Moskovsky Prospect, Cheboksary, 428015, Chuvash Republic, Russia

E-mail: yurarkhipov@mail.ru, niko-inna@yandex.ru, kzkv75@mail.ru, amazonka1@rambler.ru

Abstract. Reform of time zones in Russian Federation in 2011–2014 is ambiguously perceived in the regions to this day. The article discusses the prerequisites and consequences of changing the time zone from MSC to MSC + 1 using the example of the Chuvash Republic – a region located in the east of the European territory of Russia (ETR). The question of the transition of Chuvashia from second to the third time zone remains open. The authors analyze the geographical, physiological factors and the current socio-economic situation in the Chuvash Republic and neighboring regions, as well as possible changes in the aspect of the impact of changing the time zone. The article calculates the predicted losses and



increments of daylight hours in the winter and summer periods, as a result, losses or energy savings, especially for the education sector. An attempt is made to compare the dynamics of traffic accidents and street crimes in terms of the impact of changing the time zone and compare it with the results in the neighboring regions of the ETR. The results of this article can be used by state authorities, as well as by other persons in making decisions related to management in the region. The ETR regions, which have moved into the MSC + 1 zone, have received some positive advantages. However, for Chuvashia it is impossible to draw such unambiguous conclusions.

Keywords: Chuvash Republic, time calculation optimization, time zone, true noon, local time, changing of wakeful periods, loss and energy saving.

For citation: Arkhipov Yu.R., Nikonorova I.V., Kazakov N.A., Karaganova N.G. 2020. On change of calculation of time in the region of European Russia (on the example of the Chuvash Republic). Regional Geosystems, 44(1): 41–54. DOI:

Введение

С 7 августа 2011 года в Российской Федерации вступил в силу закон «Об исчислении времени». В нём было введено понятие часовая зона – «...часть территории Российской Федерации, на которой действует единое время, установленное Правительством Российской Федерации...» [Об исчислении времени, 2011]. «...Решение о переводе территории (части территории) субъекта Российской Федерации из одной часовой зоны в другую часовую зону принимается Правительством Российской Федерации на основании совместного предложения законодательного (представительного) органа государственной власти субъекта Российской Федерации и высшего должностного лица субъекта Российской Федерации (руководителя высшего исполнительного органа государственной власти субъекта Российской Федерации)...» [Об исчислении времени, 2011]. В след за законом последовало постановление Правительства Российской Федерации «О составе территорий, образующих каждую часовую зону, и порядке исчисления времени в часовых зонах ...» [2011]. Согласно данному постановлению московская часовая зона была определена в отношении всемирного координированного времени и национальной шкале времени Российской Федерации как UTC (SU) + 4 часа, сезонный перевод часов (на зимнее и летнее время) отменялся, а регионы европейской России были разделены между тремя часовыми зонами. В первой часовой зоне (московское время минус один час) оказалась Калининградская область, в третьей часовой зоне (московское время плюс 2 часа) – Республика Башкортостан, Пермский край, Оренбургская область, все остальные регионы образовали вторую часовую зону и стали (продолжили) жить по московскому времени. Всего было образовано 9 часовых зон [О составе территорий ..., 2011].

21.07.2014 была принята первая редакция Федерального Закона «Об исчислении времени». Московское время, являющееся основой для исчисления местного времени в часовых зонах, теперь стало соответствовать третьему часовому поясу в национальной шкале времени Российской Федерации UTC (SU) + 3, число часовых зон возросло до 11, Республика Башкортостан, Пермский край, Оренбургская область (МСК + 2) с Курганской, Свердловской, Тюменской, Челябинской областями, Ханты-Мансийским автономным округом – Югра и Ямало-Ненецким автономным округом составили 4 часовую зону, а Удмуртская Республика и Самарская область, в 2011–2014 гг. жившие по московскому времени, образовали третью часовую зону – плюс один час к московскому времени (МСК+1). В последующем в третью часовую зону (МСК+1) перешли Астраханская и Ульяновская области (редакция ФЗ «Об исчислении времени» от 09.03.2016), Саратовская область (от 22.11.2016), Волгоградская область (от 11.10.2018) [Об исчислении времени, 2011]. Был поднят вопрос о присоединении к третьей часовой зоне и в Чувашской Республике. Появились инициативные группы, отстаивающие в средствах массовой информации, особенно в сети Интернет, и властных кабинетах республики идею перевода стрелок на

час вперёд. Проводились интернет опросы граждан, но они не дали, да и не могли дать результат, который можно было бы считать репрезентативным. На организацию изучения особенностей использования времени в сутках населением Чувашии и проведение репрезентативного социологического опроса средств в бюджете республики не нашлось. Вопрос о переходе Чувашии в третью часовую зону остаётся открытым. Попытаемся взвесить аргументы «за» и «против» данного перехода.

Объекты исследования

Времяисчисление тесно связано с понятием «истинный (солнечный) полдень» – моментом верхней кульминации Солнца, когда для наблюдателя в данной точке планеты центр солнечного диска проходит через небесный меридиан, и достигается максимальное возвышение солнца относительно горизонта [Kotlyakov, Komarova, 2007]. По причине того, что Земля движется вокруг Солнца по эллиптической орбите, солнечные сутки между двумя солнечными полуднями, в течение года меняются. На этот эффект накладывается другой, связанный с наклоном оси вращения Земли (рис. 1).



Рис. 1. Схематичное расположение «столиц» (центров) регионов, живущих по времени МСК+1 и столицы Чувашской Республики относительно друг друга в географической системе координат
Fig. 1. Schematic arrangement of the “capitals” (centers) of the regions living by the time MSC + 1 and the capital of the Chuvash Republic relative to each other in a geographical coordinate system

Считается, что чем ближе «истинный полдень» к полдню по местному времени (12.00), тем условно «точнее» местное время. Если исходить из этого постулата, то почти все регионы, образовавшие третью часовую зону, пожертвовали «точностью» местного времени, особенно самые западные – Волгоградская и Саратовская области. Если до перехода в зону МСК+1 среднее квадратичное отклонение истинного полдня от полдня по местному времени в них составляло 0,148 и 0,164, то теперь достигает 1,035 и 0,936 соответственно. В случае перехода Чувашии в третью часовую зону её также ждёт существенное возрастание расхождения полдня по местному времени со временем наступления «истинного полдня», среднее квадратичное отклонение возрастёт с 0,216 до 0,917.

Исключение среди регионов зоны МСК+1 составляет Удмуртская Республика. Если бы в Удмуртии было принято решение о сохранении московского времени, то среднее квадратичное отклонение полдня по местному времени с временем наступления «истинного полдня» возросло с 0,468 до 0,574 (рис. 2).

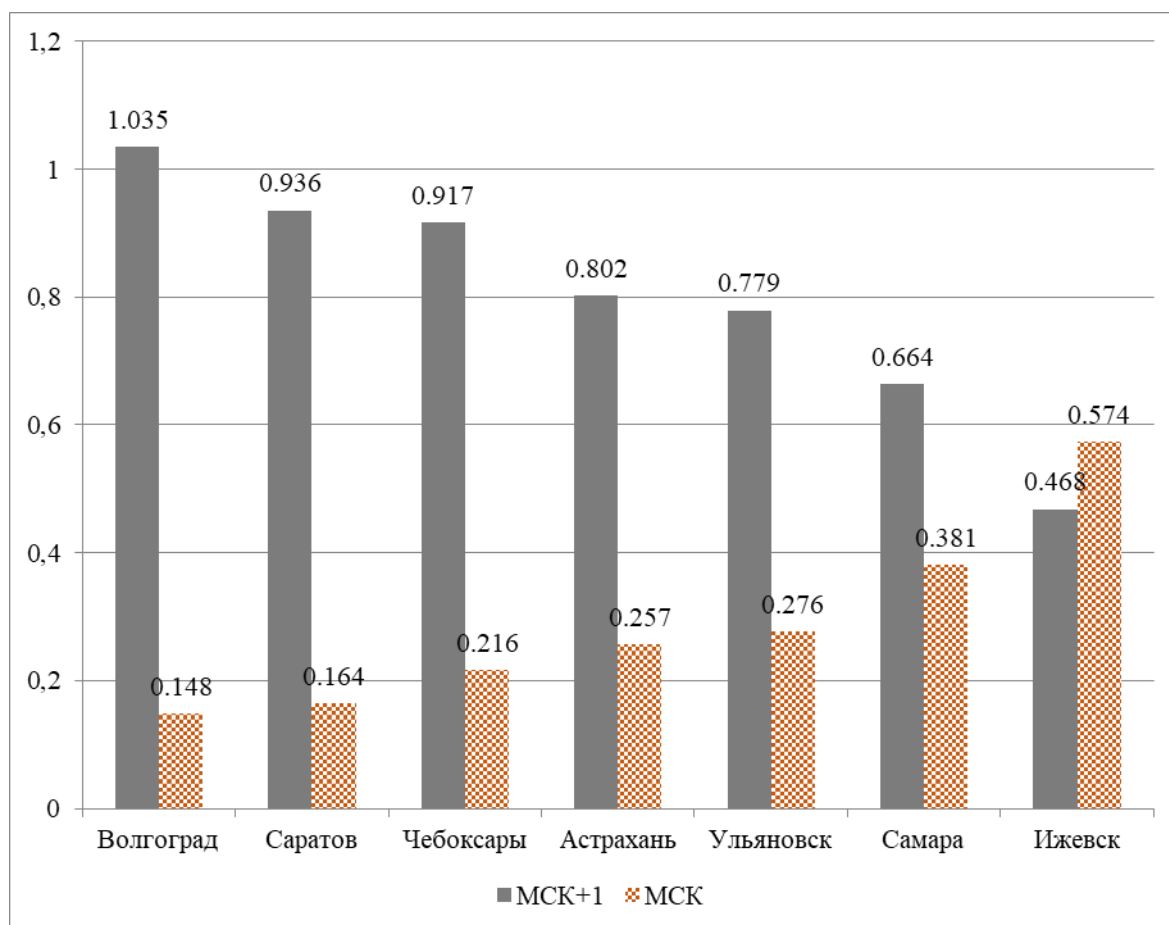


Рис. 2. Среднеквадратичное отклонение времени наступления истинного полдня от полдня по местному времени при МСК и МСК+1
 Fig. 2. The standard deviation of the time of occurrence of true noon from noon local time for MSC and MSC + 1

Казалось бы, исходя из соотношения полдня по местному времени и времени наступления «истинного полдня» единственным регионом в третьей часовой зоне должна быть Удмуртская Республика, но «точность» не всегда удобна и выгодна.

Перевод стрелок на час вперёд позволяет скорректировать границы светового дня с границами времени бодрствования людей (подъёмом, отходом ко сну). Для этого некогда и вводились «декретное», «летнее», «зимнее» время [Звоновский, 2010; Ермолаев, 2016]. Поэтому необходимо иметь представление о структуре населения по использованию им времени в сутках, особенно работающего и учащегося. К сожалению, в отношении населения Чувашии таких исследований не проводилось [Алексеев и др., 2012]. У работающего и учащегося населения время бодрствования в будни во многом определяется временем начала работы, учёбы. Поэтому, зная возрастную структуру населения, структуру населения по видам деятельности (в том числе экономической), группам занятости на основной работе, можно предположить, хотя и довольно приблизительно, в какое время большинство людей в регионе начинают свой трудовой день.

Результаты и обсуждение

Исходя из структуры населения Чувашии по видам деятельности (табл. 1), допустим вывод, что около 80 % работающего и учащегося населения республики, начинает свой трудовой день не позднее 8.00. А значит, и вставать они должны, с учётом времени на утренний туалет и дорогу до места работы, учёбы, не позднее 5–7 часов утра. В крупных локальных системах расселения (городских агломерациях) время на дорогу из дома

до работы нередко достигает и даже превышает значение в 1,5 часа. Соответственно время отхода ко сну при реализации программы относительно полноценного отдыха (не менее 7 часов на сон) должно быть не позднее 22–24 часов. То есть период бодрствования может быть определён в среднем как временной интервал с 6.00 до 23.00. Однако следует задать вопрос: в течение всего ли времени бодрствования человеку необходим солнечный свет? Считают, что для довольно большой группы людей солнечный свет является стимулом к пробуждению и одновременно мешает засыпанию (свет подавляет выработку мелатонина) [Цфасман и др., 2013; Звягина, Диогенова, 2018]. Если человек отходит ко сну около 23.00, то после 22.00 солнечный свет ему по сути уже не нужен, а вот пробуждаться желательно при солнечном свете. Таким образом, период бодрствования среднестатистического работающего или учащегося в течение суток – это временной промежуток с 6.00 до 22.00–23.00.

Таблица 1
Table 1

Состав и структура населения Чувашской Республики по видам деятельности (2018)¹
Composition and structure of the population of the Chuvash Republic by type of activity (2018)

Вид деятельности	тыс. человек	Доля от числа обучающихся и работающих, %
Всего обучающихся	199,457	25,32
Число обучающихся в общеобразовательных учебных заведениях в 2018 – 2019 учебном году	137,858	17,50
Число обучающихся в организациях СПО	24,820	3,15
Число обучающихся в организациях ВО	36,779	4,67
Всего занято в экономике	588,3	74,68
Руководители	55,2	7,01
Специалисты высшего уровня квалификации	101,4	12,87
Специалисты среднего уровня квалификации	57,0	7,24
Служащие, занятые подготовкой и оформлением документации, учетом и обслуживанием	11,6	1,47
Работники сферы обслуживания и торговли, охраны граждан и собственности	94,7	12,02
Квалифицированные работники сельского и лесного хозяйства, рыбоводства и рыболовства	22,5	2,86
Квалифицированные рабочие промышленности, строительства, транспорта и рабочие родственных занятий	116,1	14,74
Операторы производственных установок и машин, сборщики и водители	61,0	7,74
Неквалифицированные рабочие	68,8	8,73
Итого	787,757	100

¹ Занятое население Чувашской Республики в возрасте 15 лет и старше по полу и группам занятий на основной работе (2017–2018). Электронный ресурс. URL: http://chuvash.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_ts/chuvash/ru/statistics/employment/ (дата обращения: 19 августа 2019).

Регионы, отказавшиеся от московского времени и составившие к 2019 году зону МСК+1, получили в период суточного бодрствования людей дополнительно в год от 156,73 (Волгоградская область) до 195,43 часов (Удмуртская Республика) светового времени. Присоединение Чувашской Республики к зоне МСК+1 добавит её населению в период суточного бодрствования 174,62 часа светового времени в год (рис. 3).

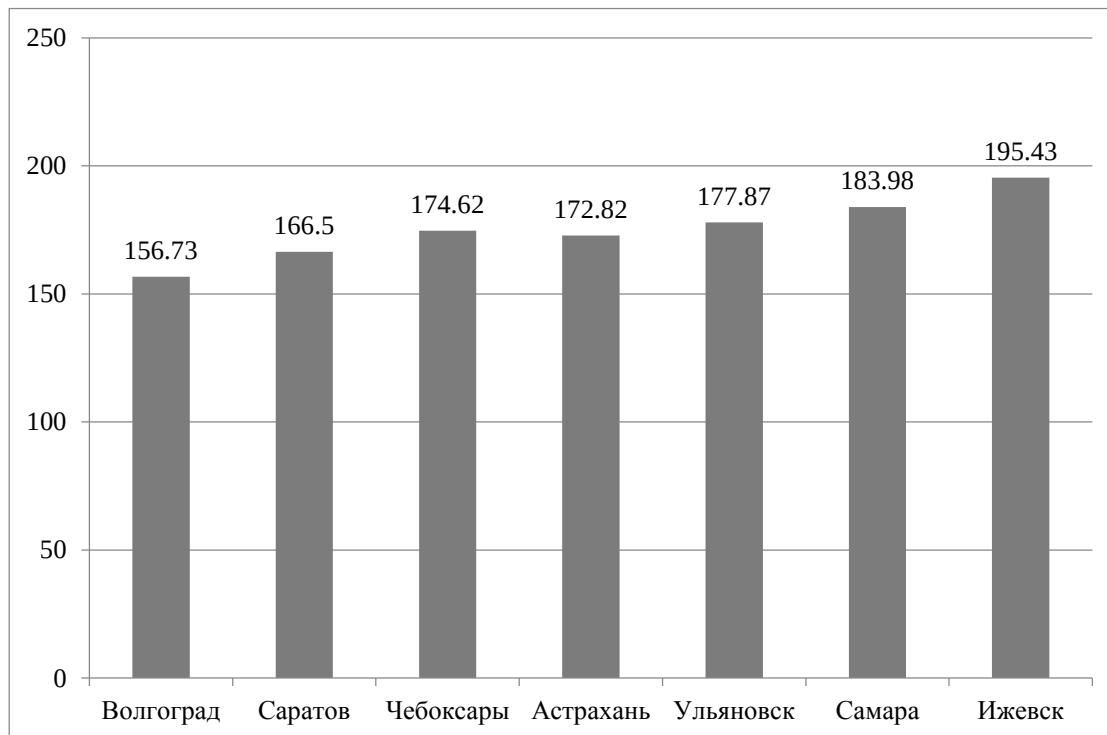


Рис. 3. Дополнительно часов светового дня при переходе с МСК на МСК+1 в 2019 году
Fig. 3. Additionally, daylight hours when switching from MSC to MSC + 1 in 2019

Прирост светового времени позволяет экономить электрическую энергию в первую очередь частным домохозяйствам, а также муниципалитетам на уличном освещении. Однако прирост светового времени и сопутствующая ему экономия электрической энергии будут приходиться только на позднюю весну и лето. В осенне-зимний период прирост на 1 час светового времени во второй половине дня будет скомпенсирован потерей часа светового времени с утра. В зимний период учреждения, работающие с 8.00 до 15.00, а это главным образом образовательные учреждения, теряют световое время. Самые незначительные потери у учреждений Астраханской области – всего 25,57 часа, а самые высокие – в Ульяновской области – 70,28 часа. Чувашская Республика находится северо-западнее Ульяновской области, и переход в зону МСК+1 обернётся для её образовательных учреждений ещё большими потерями светового времени – они достигнут значения 83,72 часа. (рис. 4) Кроме того, следует заметить, что, если скорректировать период бодрствования человека, сместив нижнюю границу с 6.00 до 5.00, то количество дополнительных световых часов в год заметно уменьшится, так в Чувашии их количество упадёт до 120,65 часов [Никонорова, Казаков, 2016а, б; Казаков, Никонорова, 2018; Карасева, Момзикова, 2019].

Задуматься о необходимости перехода Чувашской Республики в зону МСК+1 заставляет также тот факт, что в этом случае в период зимнего солнцестояния (нескольких дней, примыкающих к дню зимнего солнцестояния) время от 6.00 до начала утренних гражданских сумерек (утренней зари) окажется наибольшим во всей часовой зоне, больше чем даже в более западных регионах, Волгоградской, Саратовской областях (рис. 5).

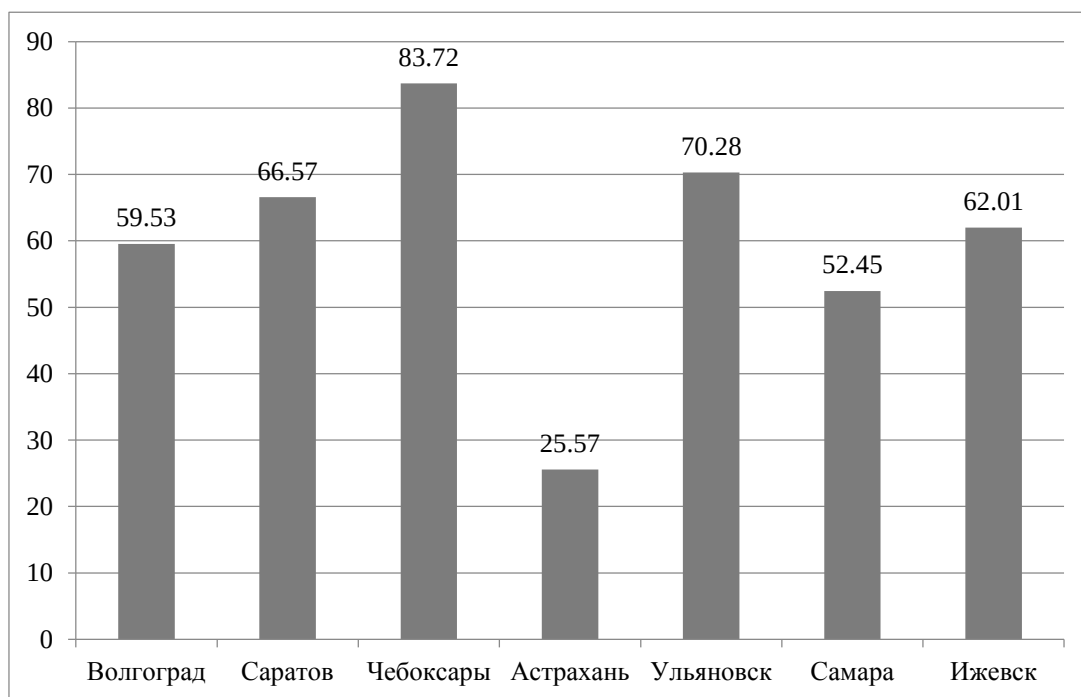


Рис. 4. Потери часов светового дня при переходе с МСК на МСК+1 в 2019 году образовательными учреждениями, работающими в первую смену с 8.00

Fig. 4. Loss of hours of daylight during the transition from MSC to MSC + 1 in 2019 by educational institutions working in the first shift from 8.00

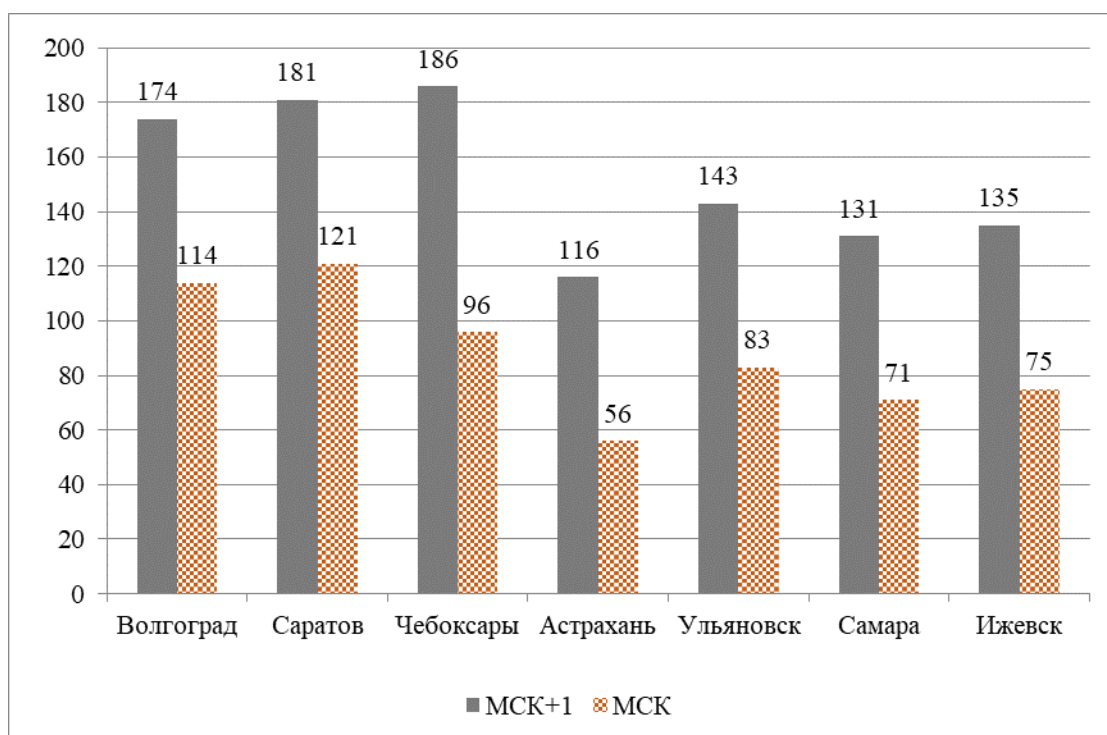


Рис. 5. Время от 6.00 до начала гражданских сумерек (утренней зари) в период зимнего солнцестояния 2019 года, минут

Fig. 5. Time from 6.00 to the beginning of civil twilight (morning dawn) in the winter solstice period of 2019, minutes.



Одновременно в период летнего солнцестояния (нескольких дней, примыкающих ко дню летнего солнцестояния) и сегодня в Чувашии (находящейся в зоне МСК) от момента окончания гражданских сумерек (вечерней зари) до 23.00 проходит меньше времени, чем в Астраханской области (находящейся в зоне МСК+1) (рис. 6).

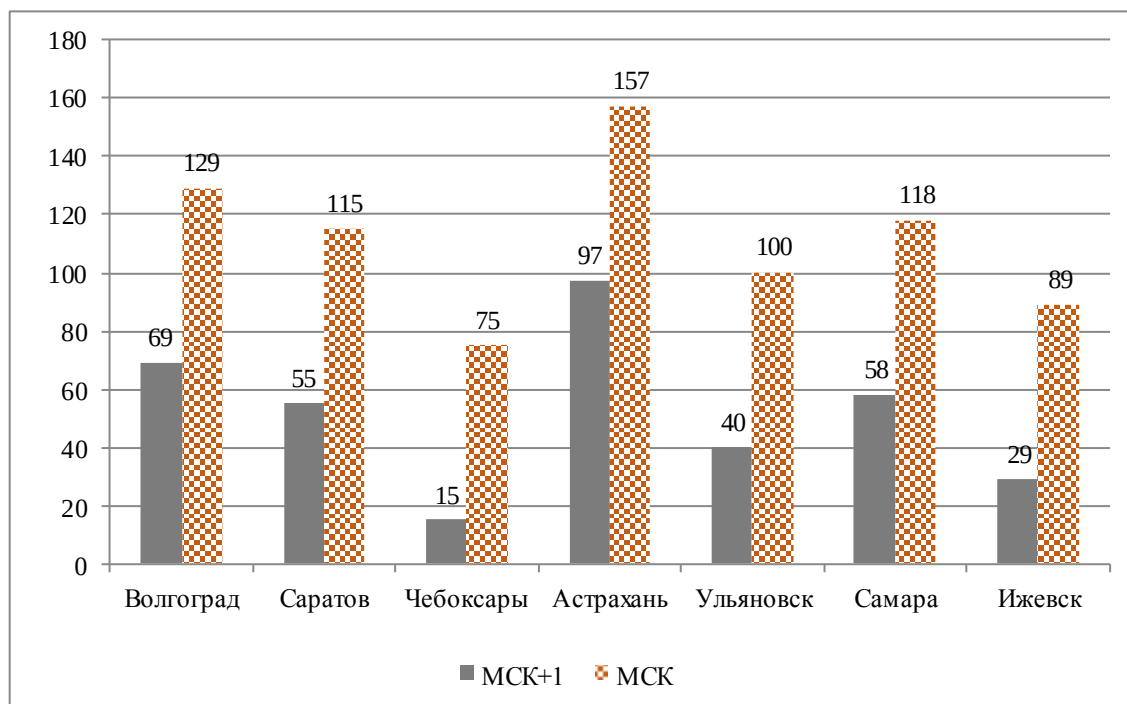


Рис. 6. Время от окончания гражданских сумерек (вечерней зари) до 23 часов в период летнего солнцестояния в 2019 году, минут

Fig. 6. The time from the end of civil twilight (evening dawn) to 23 hours in the period of the summer solstice in 2019, minutes.

Кроме экономии электрической энергии, увеличение светового времени в период суточного бодрствования людей, по утверждению сторонников перевода стрелок часов на час вперёд, должно привести к снижению уличной преступности и аварийности на дорогах. Обратим внимание на изменение количества некоторых видов преступлений – хулиганства, грабежей, разбойных нападений, изнасилований – в период с 2011 по 2018 год (табл. 2–5) [Количество преступлений, 2019]. В 2015 году в связи с переходом на постоянное «зимнее время» световое время в период суточного бодрствования людей в регионах, продолживших жить по московскому времени (Астраханской, Волгоградской, Саратовской Ульяновской областях и Чувашской Республике), сократилось. Одновременно в Волгоградской, Саратовской областях и Чувашской Республике количество разбойных нападений выросло по сравнению с 2014 годом, в Саратовской области и Чувашской Республике увеличилось количество грабежей, в Волгоградской области – хулиганских действий, в Астраханской и Саратовской областях – изнасилований.

Однако в этот же период, несмотря на потери в световом дне, снизилось количество грабежей и разбойных нападений в Астраханской и Ульяновской областях, изнасилований в Волгоградской, Ульяновской областях и Чувашской Республике, хулиганских действий во всех регионах. В последующем, при переходе в зону МСК+1 и росту используемого светового времени, например, в Саратовской области, снизилось число хулиганских действий, разбойных нападений, но увеличилось число грабежей и изнасилований. Не однозначной была динамика преступлений и в регионах, не испытывавших с 2011 года прироста или потери используемого светового времени (табл. 2–5).

Таблица 2
Table 2

Количество преступлений по ст. 213 УК РФ (хулиганство)
The number of crimes under Art. 213 of the Criminal Code (hooliganism)

Регион	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Астраханская область	48	42	46	13	12	13	13	20
Волгоградская область	108	119	124	122	117	107	129	79
Удмуртская Республика	118	149	136	131	106	107	70	70
Чувашская Республика	71	85	64	73	46	21	8	13
Самарская область	125	132	101	56	50	26	30	21
Саратовская область	43	35	45	27	18	15	11	10
Ульяновская область	41	43	32	24	12	8	7	7
				количество преступлений в периоды уменьшения и увеличения используемого светового времени в течение года				

Таблица 3
Table 3

Количество преступлений по ст. 162 УК РФ (разбой)
The number of crimes under Art. 162 of the Criminal Code (thuggery)

Регион	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Астраханская область	151	118	109	70	68	60	53	52
Волгоградская область	252	262	260	214	221	169	168	149
Удмуртская Республика	225	196	195	168	173	116	109	67
Чувашская Республика	119	105	73	50	67	49	33	18
Самарская область	669	481	345	282	266	244	208	154
Саратовская область	192	163	158	145	149	122	77	95
Ульяновская область	201	185	194	145	120	126	91	79
				количество преступлений в периоды уменьшения и увеличения используемого светового времени в течение года				

Таблица 4
Table 4

Количество преступлений по ст. 161 УК РФ (грабёж)
The number of crimes under Art. 161 of the Criminal Code (robbery)

Регион	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Астраханская область	952	770	592	475	440	402	328	334
Волгоградская область	2169	2097	1709	1463	1462	1228	1397	1340
Удмуртская Республика	2084	1635	1407	1219	1018	777	824	779
Чувашская Республика	865	756	536	423	441	294	338	234
Самарская область	4461	3692	2353	2035	1423	1251	1243	1102
Саратовская область	1721	1290	933	882	905	662	677	690
Ульяновская область	922	783	650	590	506	528	377	413
				количество преступлений в периоды уменьшения и увеличения используемого светового времени в течение года				



Таблица 5
Table 5

Количество преступлений по ст. 131 УК РФ (изнасилование)
The number of crimes under Art. 131 of the Criminal Code (rape)

Регион	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Астраханская область	45	65	67	22	32	24	32	39
Волгоградская область	87	82	73	94	73	75	52	32
Удмуртская Республика	86	80	52	72	48	52	45	37
Чувашская Республика	78	96	68	73	56	49	45	41
Самарская область	60	56	57	54	41	52	36	40
Саратовская область	53	46	36	64	81	58	70	85
Ульяновская область	55	42	36	40	29	53	28	13
количество преступлений в периоды уменьшения и увеличения используемого светового времени в течение года								

Поэтому говорить о значимом влиянии на криминогенную обстановку фактора увеличения светового времени в период суточного бодрствования людей не представляется возможным. Не привело уменьшение используемого светового времени и к росту числа дорожно-транспортных происшествий с пострадавшими в 2014–2015 гг. в рассматриваемых регионах, за исключением Саратовской области (табл. 6) [Количество ДТП, 2019].

Таблица 6
Table 6

Количество ДТП с пострадавшими
The number of accidents with victims

Регион	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Астраханская область	1704	1763	1806	1845	1551	1305	1238	1196
Волгоградская область	2965	3052	2860	2665	2515	2686	2581	2561
Удмуртская Республика	1618	1524	1520	1398	1379	1992	1993	2003
Чувашская Республика	1799	2061	2048	1932	1613	1434	1371	1250
Самарская область	4210	4600	4757	4373	3883	3853	3724	4021
Саратовская область	2525	2605	2846	3101	3401	3188	3141	3213
Ульяновская область	1603	2199	2027	1857	1670	1468	1461	1330
количество ДТП в периоды уменьшения и увеличения используемого светового времени в течение года								

На примере Чувашской Республики сопоставим распределённые по времени суток, накопленные за месяц дорожно-транспортные происшествия с высотой стояния Солнца над горизонтом (рис. 7–9). Для октября 2018 года значение корреляционной связи накопленного за месяц количества ДТП [Официальный сайт ГИБДД ..., 2019] и высотой стояния Солнца над горизонтом за время с 0.00 до 24.00 часов составит 0,37, с 6.00 до 23.00 – 0,04, от начала утренней зари до полудня – 0,46, с полудня до окончания гражданских сушек – 0,72. Лишь последнее значение может быть интерпретировано как существенная обратная зависимость количества ДТП от высоты стояния Солнца над горизонтом, то есть чем ниже Солнце, тем больше количество ДТП.

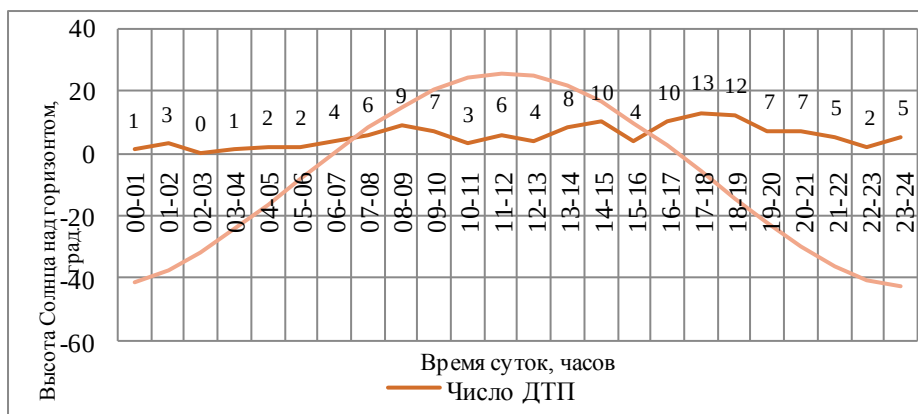


Рис. 7. Накопленное количество ДТП за месяц и высота Солнца над горизонтом в октябре 2018 года в Чувашии

Fig. 7. The accumulated quantity of accidents per month and the height of the Sun above the horizon in October 2018 in Chuvashia



Рис. 8. Накопленное количество ДТП за месяц и высота Солнца над горизонтом в июле 2018 года в Чувашии

Fig. 8. The accumulated quantity of accidents per month and the height of the Sun above the horizon in July 2018 in Chuvashia



Рис. 9. Накопленное количество ДТП за месяц и высота Солнца над горизонтом в январе 2019 года в Чувашии

Fig. 9. The accumulated quantity of accidents per month and the height of the Sun above the horizon in January 2019 in Chuvashia



Но полностью принять данный вывод мешает наблюдающаяся в первой половине светового дня прямая зависимость количества ДТП от высоты стояния Солнца над горизонтом, то есть чем выше Солнце, тем больше ДТП. Прямая зависимость количества ДТП от высоты Солнца над горизонтом в первой половине дня наблюдалась также в июле (значение корреляционной связи 0,38) и особенно она сильна была в январе 2018 года (0,84). В июле 2018 года значение корреляционной связи в период от полудня до окончания гражданских сумерек составило 0,2 (по сути, связь отсутствовала), а в январе – 0,43 (связь была прямой?). Скорее всего, количество ДТП не столько связано с движением Солнца по небосводу, сколько с суточным изменением интенсивности потока автотранспортных средств на дорогах республики.

Выводы

Таким образом, отказ рассмотренных регионов от жизни по московскому времени после 2014 года привёл к увеличению среднеквадратичного отклонения времени наступления истинного полдня от полдня по местному времени, за исключением Удмуртской Республики, однако положительно скорректировал границы светового дня в весенне-летний период со средними границами времени бодрствования людей, что должно было привести к некоторой экономии электрической энергии. Существенного влияния на криминогенную обстановку и аварийность на дорогах перевод стрелок на час вперёд не оказал.

В случае перехода в часовую зону МСК+1 Чувашской Республики она также приобретёт дополнительные часы светового дня в весенне-летний период, но из-за крайнего северо-западного положения в зоне её образовательные учреждения, работающие в первую смену, понесут наибольшие потери в часах светового дня в осенне-зимний период.

Заставляет сомневаться в необходимости перехода Чувашской Республики в зону МСК+1 и то, что в окружающих её регионах, исключая Ульяновскую область, непосредственно граничащую с республикой лишь на крайнем юго-западе, сохраняется московское время. Возникнет дополнительный преодолимый, но не нужный временной барьер в социально-экономическом взаимодействии Чувашии (движении информационных, людских, материальных, финансовых потоков) с сопредельными регионами и Москвой.

Так, при движении транзитных транспортных потоков, особенно автомобильных по трассам М-7, Р-176 «Вятка» и даже А-151 перевозчикам придётся брать в расчёт колебания местного времени при пересечении границ Чувашской Республики. Учитывать эти колебания придётся и организаторам речных туристских круизов по Волге. Потребуется постоянная корреляция режима работы органов власти Чувашской Республики с временем работы администрации полномочного представителя Президента России в ПФО, Правительством Российской Федерации, а также федеральными министерствами и ведомствами.

Испытают неудобство жители Чувашии, регулярно посещающие Татарстан, Марий Эл, Мордовию, Нижегородскую область или другие регионы часовой зоны МСК. Разница во времени скажется даже при общении в социальных сетях с жителями данных регионов. Поэтому ставить вопрос о переходе Чувашии в часовую зону МСК+1 при не столь выраженных преимуществах в сравнении с другими рассмотренными нами регионами следует лишь после того, когда хотя бы крупный восточный сосед Чувашии – Республика Татарстан сделает подобный шаг.

Список использованных источников

1. Количество дорожно-транспортных происшествий с пострадавшими. Электронный ресурс. URL: <https://fedstat.ru/indicator/36234> (дата обращения: 19 августа 2019).
2. Количество преступлений зарегистрированных в отчётном периоде. Электронный ресурс. URL: <https://fedstat.ru/indicator/36225> (дата обращения: 19 августа 2019).

3. Официальный сайт ГИБДД МВД России. Сведения о показателях состояния безопасности дорожного движения. Электронный ресурс. URL: <http://stat.gibdd.ru> (Дата обращения 30 апреля 2019).

4. О составе территорий, образующих каждую часовую зону, и порядке исчисления времени в часовых зонах, а также о признании утратившими силу отдельных Постановлений Правительства Российской Федерации: Постановление Правительства РФ от 31.08.2011 № 725 // СПС Консультант Плюс. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_118896/ (дата обращения: 19 августа 2019).

5. Об исчислении времени: Федеральный закон от 03.06.2011 № 107-ФЗ // СПС Консультант Плюс. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_114656/ (дата обращения: 19 августа 2019).

Список литературы

1. Алексеев В.Б., Лебедева-Несевря Н.А., Барг А.О., Гасников В.К. 2012. Медико-социальные риски десинхронизации административного и астрономического времени в оценках населения регионов России. Социальные аспекты здоровья населения, 5 (27): 1–10.

2. Ермолаев А.И. 2016. Государственное регулирование суточного времени в России в XX в. Российская история, 5: 161–163.

3. Звоновский В.Б. 2010. Московское время и российские пространства. Социологическое обозрение, 9 (3): 51–56.

4. Звягина Е.В., Диогенова К.С. 2018. Влияние факторов режима дня на здоровье студентов, занимающихся спортом. Здоровье человека, теория и методика физической культуры и спорта, 4 (11): 37–48.

5. Казаков Н.А., Никонорова И.В. 2018. Возвращаясь к вопросу о времени ... Материалы докладов региональной научно-практической конференции. Чебоксары, рекламно-полиграфическое бюро «Плакат»: 46–47.

6. Карасева А.И., Момзикова М.П. 2019. Часовые пояса и синхронные телекоммуникации: незаметная работа по темпоральной координации у горожан Дальнего Востока. Этнографическое обозрение, 3: 42–61.

7. Никонорова И.В., Казаков Н.А. 2016а. К вопросу об изменении исчисления времени в Чувашии. Материалы Всероссийской молодежной школы-конференции. Чебоксары, ЦНС «Интер-актив-плюс»: 279–285.

8. Никонорова И.В., Казаков Н.А. 2016б. И вновь о времени... Материалы докладов региональной научно-практической конференции. Чебоксары, рекламно-полиграфическое бюро «Плакат»: 95–101.

9. Цфасман А.З., Горохов В.Д., Алпаев Д.В. 2013. Суточный ритм мелатонина при депривации ночного сна. Проблемы эндокринологии, 59 (2): 40–44.

10. Kotlyakov V.M., Komarova A.I. 2007. Elsevier's dictionary of geography: In English, Russian, French, Spanish and German. Moscow, Elsevier, 1073 p.

References

1. Alekseev V.B., Lebedeva-Neshevrya N.A., Barg A.O., Gasnikov V.K. 2012. Medical and social risks of desynchronization of administrative and astronomical time in estimates of the population of Russian regions. Social aspects of public health, 5 (27): 1–10. (in Russian)

2. Ermolaev A.I. 2016. State regulation of daily time in Russia in the XX century. Russian history, 5: 161–163. (in Russian)

3. Zvonovsky V.B. 2010. Moscow time and Russian space. Sociological review, 9 (3): 51–56. (in Russian)

4. Zvyagina E.V., Diogenova K.S. 2018. The influence of daily regime factors on the health of students involved in sports. Human Health, Theory and Methods of Physical Culture and Sports, 4 (11): 37–48. (in Russian)



5. Kazakov N.A., Nikonorova I.V. 2018. Returning to the question of time ... Materials of reports of a regional scientific-practical conference. Cheboksary, advertising and printing bureau "Poster": 46–47. (in Russian)
6. Karaseva A.I., Momzikova M.P. 2019. Time zones and synchronous telecommunications: inconspicuous work on temporal coordination among the citizens of the Far East. *Ethnographic Review*, 3: 42–61. (in Russian)
7. Nikonorova I.V., Kazakov N.A. 2016a. To the question of changing the calculation of time in Chuvashia. Materials of All-Russian youth school conference. Cheboksary, Central nervous system Interactive Plus: 279–285. (in Russian)
8. Nikonorova I.V., Kazakov N.A. 2016b. And again about the time ... Materials of reports of the regional scientific-practical conference. Cheboksary, advertising and printing bureau "Poster": 95–101. (in Russian)
9. Tsfasman A.Z., Gorokhov V.D., Alpaev D.V. 2013. The daily rhythm of melatonin in the deprivation of night sleep. *Problems of endocrinology*, 59 (2): 40–44. (in Russian)
10. Kotlyakov V.M., Komarova A.I. 2007. Elsevier's dictionary of geography: In English, Russian, French, Spanish and German. Moscow, Elsevier, 1073 p.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Архипов Ю.Р., профессор, доктор географических наук, заведующий кафедрой экономической и социальной географии Чувашского государственного университета имени И.Н. Ульянова, г. Чебоксары, Россия

Никонорова И.В., доцент, кандидат географических наук, заведующая кафедрой физической географии и геоморфологии Чувашского государственного университета имени И.Н. Ульянова, г. Чебоксары, Россия

Казakov Н.А., кандидат географических наук, доцент, заместитель заведующего кафедрой экономической и социальной географии, заместитель декана историко-географического факультета Чувашского государственного университета имени И.Н. Ульянова, г. Чебоксары, Россия

Караганова Н.Г., старший преподаватель кафедры природопользования и геоэкологии Чувашского государственного университета имени И.Н. Ульянова, г. Чебоксары, Россия

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Yury R. Arkhipov, professor, doctor of geographical Sciences, head of the Department of economic and social geography of Chu-Vash state University named after I.N. Ulyanov, Cheboksary, Russia

Inna V. Nikonorova, associate Professor, candidate of geographical Sciences, head of the Department of physical geography and geomorphology of the I. N. Ulyanov Chuvash state University named after I. N. Ulyanov,, Cheboksary, Russia

Nikolay A. Kazakov, candidate of geographical Sciences, associate Professor, Deputy head of the Department of economic and social geography, Deputy Dean of the faculty of history and geography of the Chuvash state University named after I. N. Ulyanov, Cheboksary, Russia

Natalia G. Karaganova, senior lecturer at the Department of environmental management and Geocology of the I. N. Ulyanov Chuvash state University, Cheboksary, Russia

УДК 681.518+332.6

DOI

Применение геоинформационных систем при проведении кадастровой оценки объектов недвижимости в Российской Федерации

А.В. Осенняя, И.С. Грибкова, Б.А. Хахук, Т.А. Бацких, К.В. Воронова

Кубанский государственный технологический университет,

Россия, 350072, г. Краснодар, ул. Московская, 2

E-mail: avosen2910@yandex.ru, i.s.gribkova@mail.ru

Аннотация. Преимущества использования геоинформационных технологий в кадастровой оценке, от результата осуществления которой зависят отношения между налогоплательщиком – собственником объекта недвижимости и налогополучателем – муниципальным образованием, неоспоримы. Однако роль и значение автоматизации процессов осуществления анализа и вопросов реализации этапов кадастровой оценки во всей системе кадастрово-оценочных работ и налогообложения объектов недвижимости не в полной мере раскрыты в научной литературе. В связи с этим авторами проведены исследования возможностей применения ГИС при определении значений ценообразующих факторов, осуществления оценочного зонирования территории и другие; осуществлен анализ отчётов и проектов отчётов об итогах государственной кадастровой оценки земельных участков и объектов капитального строительства в составе земель населенных пунктов; выявлены основные направления применения ГИС в субъектах страны в рамках определения кадастровой стоимости объектов оценки; определены регионы, использующие для оценки недвижимости цифровые тематические карты, а также регионы, применяющие функциональные возможности геоинформационных систем.

Ключевые слова: кадастровая оценка, недвижимость, объект оценки, ГИС, MapInfo, QGIS.

Благодарности: исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и Администрации Краснодарского края в рамках научного проекта № 19-410-230062.

Для цитирования: Осенняя А.В., Грибкова И.С., Хахук Б.А., Бацких Т.А., Воронова К.В. 2020. Применение ГИС при проведении кадастровой оценки объектов недвижимости в Российской Федерации. Региональные геосистемы, 44(1): 55–63. DOI

Application of geoinformation systems when carrying out the cadastral assessment of real estate objects in the Russian Federation

Anna V. Osennyaya, Irina S. Gribkova, Bela A. Khakhuk,

Tatyana A. Batskikh, Kseniya V. Voronova

Kuban State Technological University,

2 Moskovskaya St, Krasnodar, 350072, Russia

E-mail: avosen2910@yandex.ru, i.s.gribkova@mail.ru

Abstract. Geographic information technology has now established itself in various fields of application. The advantages of their use, especially in the cadastral valuation, on the outcome of which the relationship between the taxpayer – the owner of the property and the tax receiver – the municipality depends, are undeniable. However, the role and importance of automating the processes of analysis and



questions of the implementation of the stages of cadastral valuation in the entire system of cadastral valuation and taxation of real estate are not fully disclosed in the scientific literature. For many types of spatial operations used at different stages of the cadastral valuation, the end result is the presentation of data in the form of thematic maps and plans, supplemented, if necessary, by reporting documents, three-dimensional images, graphs, charts and tables, photographs and other means. In this regard, the possibilities of using GIS during cadastral valuation were considered, among which were calculations of the values of pricing factors, estimated zoning of the territory, and others. The analysis of reports and draft reports on the results of the state cadastral valuation of land plots and capital construction objects in the land of settlements was carried out. The main directions of the use of GIS in the regions in the framework of determining the cadastral value of valuation objects are identified. At the initial stage of the cadastral assessment should be used GIS. GIS is a multifunctional information system designed to collect, store, analyze and graphically visualize spatial data and related information about the necessary objects, which allows you to combine, organize and display on the map relevant and reliable data from various information systems. The most used are MapInfo and QGIS. The most important GIS functionalities in the field of assessment are identification of objects of assessment, determination and calculation of pricing factors, estimated zoning of the territory, georeferencing of objects of cadastral assessment, transformation of coordinate systems. The article substantiates the possibility of using GIS in carrying out cadastral valuation, including the calculation of the values of pricing factors, estimated zoning of the territory, and others. The regions using digital thematic maps for real estate assessment, as well as regions using the functionality of geographic information systems were identified.

Key words: cadastral valuation, real estate, valuation object, GIS, MapInfo, QGIS.

Acknowledgements: The reported study was funded by RFBR and the Administration of the Krasnodar Territory, project number 19-410-230062.

For citation: Osennyaya A.V., Gribkova I.S., Khakhuk B.A., Batskikh T.A., Voronova K.V. 2020. GIS application when carrying out the cadastral assessment of real estate objects in the Russian Federation. *Regional Geosystems*, 44(1): 41–54. DOI:

Введение

Современная концепция идеологов кадастровой оценки заключается в достижении максимального сближения показателей кадастровой и рыночной стоимостей ввиду того, что рыночная стоимость, рассчитываемая методами индивидуальной оценки, является более объективным показателем, чем кадастровая стоимость, базирующаяся на методах массовой оценки. Однако при расчете данных видов стоимостей обязательным условием является наличие обновляющейся информационной системы, содержащей актуальные показатели, – ценообразующие факторы с определением их количественных характеристик, влияющих на стоимость объектов на рынке недвижимости, что может быть реализовано исключительно на основе геоинформационных технологий в связи с необходимостью обязательного проведения анализа по картографическим и тематическим базам данных.

Анализ и перспективы применения потенциальных возможностей ГИС в кадастровой оценке, неоспоримы. [Головина, 2018; Козырев, Шумаева, 2019]. На сегодняшний день результаты кадастровой оценки определяют размеры налоговых и арендных платежей [Грибовский, 2017; Суровцов и др., 2017]. При этом процедура определения стоимости имеет массу недостатков уже на этапе сбора сведений об объектах недвижимости, так как информация, содержащаяся в базе данных Единого государственного реестра недвижимости, зачастую не только неактуальна, но и противоречит действительности [Гридина, Гридин, 2016; Лаврова, Ефанова, 2016; Малюк, 2017]. В связи с этим Тем не менее, исследователи, применяя различные аналитические методы, не всегда задумываются о роли автоматизации процессов проведения анализа и реализации этапов кадастровой оценки и актуализации сведений во всей системе кадастрово-оценочных работ и налогообложения объектов не-

движимости. В связи с этим авторами поставлена цель – исследовать возможности применения гис-технологий в кадастровой оценке для проведения более тщательного анализа рынка недвижимости, наполнения информационной базы ЕГРН, адекватного определения стоимости объектов недвижимости, а также возможностей осуществления их постоянного мониторинга.

Объекты и методы

В целях исследования потенциальных возможностей ГИС в кадастровой оценке был проведён анализ отчётов и проектов отчётов об итогах государственной кадастровой оценки земельных участков и объектов капитального строительства в составе земель населенных пунктов в 24 регионах страны, информация о которых представлена на официальном сайте Росреестра.

Оценка применения ГИС в субъектах показала, что наиболее используемыми ГИС в процедуре реализации оценки недвижимости являются *MapInfo* и *QGIS*. Специализированное программное обеспечение (СПО) *MapInfo* легко интегрируется в любую информационную систему и поддерживает все распространенные форматы данных. Также возможно использование изображений практически любых форматов (аэроснимков, спутниковых многозональных снимков, сканированных бумажных карт и др.). Помимо этого, *MapInfo* имеет доступ к гибридным картам. Функциональные возможности программы позволяют изменять как графические, так и семантические данные. Имеется возможность отображения на карте символами или цветом рассчитанных величин и значений при условии использования статистических и математических функций. В качестве примера в оценке недвижимости разной ценовой категории на определенной территории объекты могут быть воспроизведены соответствующими цветами [MapInfo, 2019].

QGIS – это ГИС с открытым кодом, даёт возможность пользователям, работающим на различных операционных системах, визуализировать, управлять, анализировать и редактировать данные, а также подготавливать печатные карты. ГИС поддерживает всевозможные векторные и растровые форматы, базы данных. Имеет широкий набор встроенных инструментов, таких как опознавание и выборка объектов, редактирование, просмотр, поиск атрибутивной информации, изменение символики слоёв, компоновка карт и др. В области оценки данная программа, наравне с *MapInfo*, позволяет группировать объекты недвижимости, выделять их по ценовым категориям и иным признакам [QGIS, 2019].

Результаты и их обсуждение

На основании полученных результатов было выявлено, что одна группа анализируемых регионов проводит кадастровую оценку объектов недвижимости посредством формирования цифровых тематических карт (ЦТК) без использования функциональных возможностей ГИС. Другая группа при определении кадастровой стоимости объектов оценки полноценно использует возможности ГИС.

На рис. 1 представлен анализ использования в процессе кадастровой оценки недвижимого имущества ГИС и ЦТК по регионам (по данным, представленным на официальном сайте Росреестра). Анализ был проведён на основании отчётов об итогах государственной кадастровой оценки.

Анализ данных, представленных на рис. 1, позволяет сделать выводы о том, что в целях проведения кадастровой оценки объектов недвижимости СПО *MapInfo* применяли Краснодарский край, Московская область, Москва, Санкт-Петербург и ряд других регионов. ГИС с открытым кодом *QGIS* была использована в Вологодской области [QGIS, 2019]. С помощью ЦТК кадастровую оценку проводили Тамбовская область, Калужская область, Саратовская область, Республика Карелия, Саха (Якутия). Наибольшее количе-

ство анализируемых субъектов в стране (75 %) применяет СПО *MapInfo*, ЦТК без использования функциональных возможностей ГИС – 21 %. Практически не используется (4 %) при определении кадастровой стоимости *QGIS*.

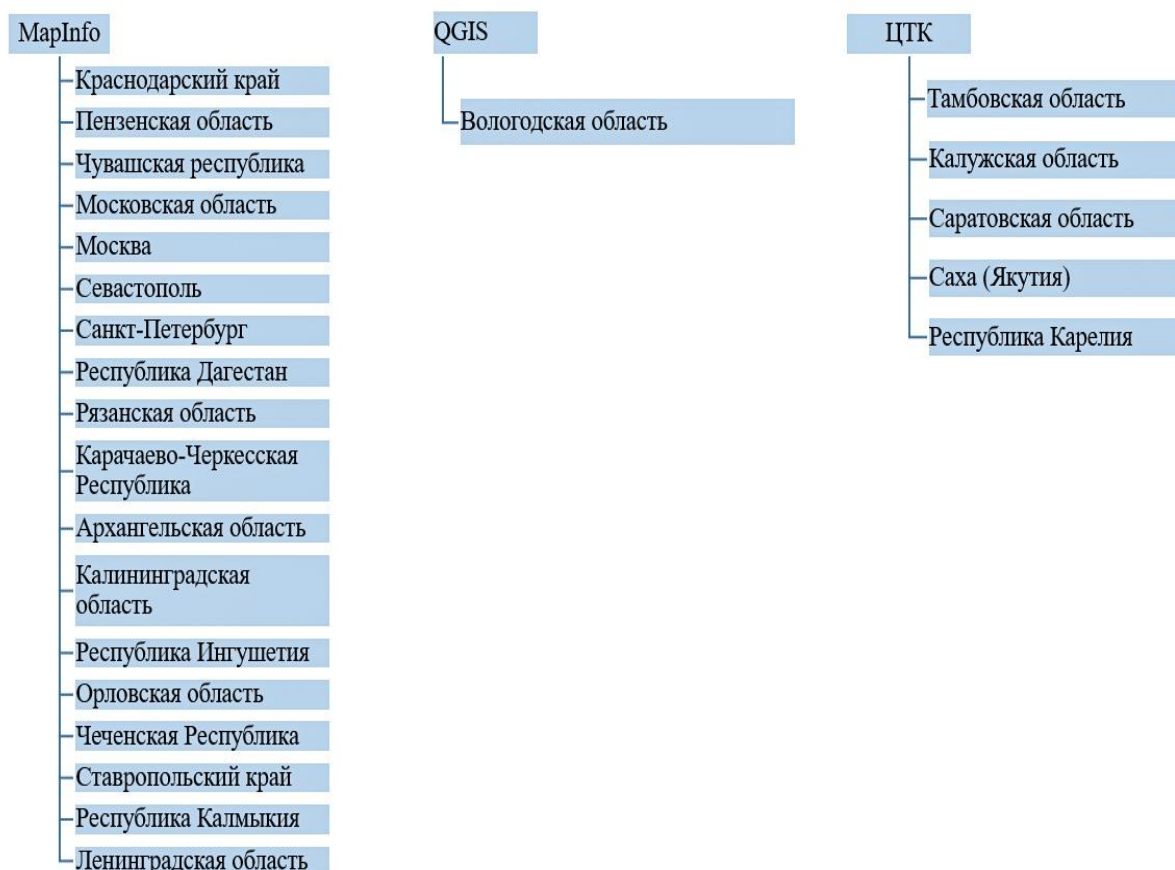


Рис. 1. Регионы, использующие в процессе кадастровой оценки ГИС, ЦТК

Fig. 1. Regions using of GIS, DTM in the process of cadastral assessment

Также следует сказать о применении регионами в процессе проведения государственной кадастровой оценки, помимо вышеуказанных ГИС, СПО «Автоматизированная оценка недвижимости» и программного комплекса (ПК) «Массовая оценка», которые работают со слоями СПО *MapInfo*. Основная роль СПО «Автоматизированная оценка недвижимости» и ПК «Массовая оценка» – автоматизация выполнения задач государственной кадастровой оценки объектов недвижимости и использование её результатов для целей, установленных законодательством Российской Федерации [Салин, 2017].

К функциональным возможностям СПО «Автоматизированная оценка недвижимости» относятся:

- импорт перечня объектов оценки в формате *XML*-файлов, отображение объектов оценки, расчет количества объектов оценки;
- учёт и кодировка всех потенциально влияющих ценообразующих факторов;
- разбивка и распределение объектов оценки на оценочные группы, основываясь на сочетании значений основных параметров группировки и уточнения перечня объектов оценки;
- экспорт или импорт картографических слоев, которые необходимы для расчета графических факторов стоимости в формате *MID/MIF* или *MapInfo*;

– автоматическая привязка объектов оценки и объектов аналогов к графическим данным, формирование слоев объектов оценки и объектов аналогов в формате *MID/MIF* или *MapInfo*;

– расчёт значений ценообразующих факторов объектов оценки и объектов аналогов в формате *MS Excel* и *MID/MIF* или *MapInfo*;

– экспорт отчета с результатами группировки, определения ценообразующих факторов, построения моделей оценки, расчёта кадастровой стоимости объектов оценки в форматы файлов *MS Excel*, *MID/MIF* или *MapInfo*, *MS Word* [Росреестр, 2019].

Функциональные возможности ПК «Массовая оценка»:

– импорт или экспорт данных в различные форматы;

– анализ перечня объектов недвижимости;

– статистическая обработка данных;

– управление пространственными данными формата ГИС *MapInfo*;

– корреляционный и регрессионный анализ данных;

– формирование математических моделей оценки;

– определение кадастровой стоимости объектов недвижимости;

– анализ результатов расчёта кадастровой стоимости [Массовая оценка, 2019].

Также некоторые регионы использовали автоматизированную информационную систему (АИС) «Мониторинг рынка недвижимости», размещенную на официальном сайте Росреестра в электронном виде. Применение данной АИС позволяет получить доступ к ценам сделок в процессе систематического или непрерывного сбора информации, в следствие чего достигается принцип достаточности и репрезентативности рыночной информации.

АИС «Мониторинг рынка недвижимости» в рамках кадастровой оценки обеспечивает получение следующих сервисов:

– предоставление сведений в электронном виде об объектах и правах из Единого государственного реестра недвижимости широкому кругу лиц по запросу;

– фильтрация сведений по заданным критериям отбора, в том числе сохранение создаваемых фильтров и загрузка уже имеющихся фильтров;

– просмотр сведений об объектах на Публичной кадастровой карте;

– визуализация сведений о сделках и объектах при помощи различных типов диаграмм;

– предоставление пользователю различных видов электронных отчетов по интересующим его параметрам;

– предоставление пользователю возможности построения сводных таблиц;

– выгрузка отчетов, графиков, а также сведений о сделках и объектах на компьютер пользователя в различных форматах [Грибкова, Пастухов, 2017; Пастухов, 2018].

Использование ГИС регионами в процессе производства процедуры кадастровой оценки позволило автоматизировать некоторые аспекты определения стоимости объектов недвижимости. Направления применения ГИС в регионах при определении кадастровой стоимости обобщены в табл. 1.

Сведения, представленные в табл. 1, являются сводными и наглядно отражают направления применения ГИС при определении кадастровой стоимости объектов недвижимости в субъектах страны, а именно расчёт значений ценообразующих факторов и оценочное зонирование территории. Реже ГИС используются для преобразования систем координат, вычисления среднего, минимального и максимального значений рыночных данных, формирования базы геоданных, геопривязки объектов кадастровой оценки, а также выявления граничащих или смежных земельных участков и смежных кадастровых кварталов в пределах территориальной единицы объекта оценки.



Таблица 1
Table 1

Направления применения ГИС в регионах в рамках этапов проведения кадастровой оценки
Directions of GIS application in the regions as part of the stages of the cadastral assessment

Направление применения ГИС	Регион, год
Расчет значений ценообразующих факторов	Севастополь, 2018
	Севастополь, 2019
	Республика Ингушетия, 2018
	Республика Дагестан, 2019
	Чеченская Республика, 2019
Идентификация объекта оценки и определения ценообразующих факторов	Орловская область, 2019
Выявление граничащих или смежных земельных участков в пределах территориальной единицы объекта оценки, установление и описание границ ценовых зон	Рязанская область, 2018
Расчет значений ценообразующих факторов, формирование базы геоданных, геопривязка объектов кадастровой оценки, оценочное зонирование территории	Москва, 2018
	Ставропольский край, 2019
Определение ценообразующих факторов, оценочное зонирование территории	Московская область, 2018
Расчет значения ценообразующего фактора с признаком «расстояние»	Пензенская область, 2018
Создание карты для СПО «Автоматизированная система оценки недвижимости»	Чувашская республика, 2019
Оценочное зонирование территории городов, установлены удельные показатели средних рыночных цен в расчете на единицу площади	Краснодарский край, 2018
Вычисление среднего, минимального и максимального значения рыночных данных, оценочное зонирование территории	Санкт Петербург, 2018
Оценочное зонирование территории	Карачаево-Черкесская республика, 2019
Расчет значения ценообразующего фактора с признаком «расстояние», определение наличия преграды от земельного участка до центра населенного пункта (мост, ж/д пути)	Архангельская область, 2019
Обработка информации, преобразование систем координат	Астраханская область, 2019
Установление и описание границ ценовых зон	Вологодская область, 2019
Формирование полигонов векторных областей вокруг тех объектов недвижимости, где имеются сведения, определение кадастровой стоимости земельных участков	Калининградская область, 2019
Оценочное зонирование территории, выявление граничащих или смежных кадастровых кварталов в пределах территориальной единицы объекта оценки	Республика Калмыкия, 2019
Использование интерполяционного метода взвешенных обратных расстояний для визуализации результатов оценочного зонирования, преобразование систем координат	Ленинградская область, 2019

Заключение

Создание и дальнейшее использование в системе кадастровой оценки ГИС в регионах страны позволит обеспечить эффективность и качество проведения кадастрово-оценочных работ, а именно, в первую очередь, сформировать и поддерживать в актуальном состоянии единое хранилище графических и семантических данных кадастровой оценки, которое можно в дальнейшем использовать для целей актуализации сведений об объектах недвижимости в последующих турах оценки. Реализация данного мероприятия приведет к сокращению времени и трудозатрат на сбор актуальной и достоверной информации об объектах оценки. Разработка регионами собственной ГИС будет способствовать повышению достоверности и полноты исходных данных об объектах, частичной автоматизации процесса проведения кадастрово-оценочных работ, минимизации количества технических и методологических ошибок, повышению контроля обработки информации, расчета кадастровой стоимости, формирования отчетных материалов, а также значительно снизит временные и трудовые затраты.

Использование региональной ГИС позволит решить ряд проблем, затрудняющих проведение государственной кадастровой оценки, таких как отсутствие доступа к информации о сделках, которые регистрируются в Росреестре; отсутствие полноценного информационного взаимодействия исполнительных органов государственной власти с бюджетными организациями, выполняющими кадастровую оценку; неорганизованность, недостаточная полнота и достоверность сведений об объектах недвижимости, предоставленных различными исполнительными органами государственной власти. Тем самым применение ГИС в процедуре кадастровой оценки в регионах страны будет способствовать обеспечению высокой результативности выполнения оценочных работ, а, следовательно, и получению адекватной стоимости объектов оценки в целях реализации социально-адаптированной и экономически обоснованной системы налогообложения недвижимого имущества.

Проведенные исследования дали возможность проследить взаимосвязь использования ГИС-технологий в кадастровой оценке с возможностями управления визуализацией и структурированностью информации, а следовательно, повышения эффективности ее обработки и анализа. Подобная информационная система позволит оценщику эффективно проводить анализ рынка недвижимости любой требуемой глубины и мониторинг его состояния для различных целей оценки.

Список источников

1. Грибовский С.В. 2017. Оценка стоимости недвижимости: Учебное пособие. 2-е изд., испр. и доп. М., ООО «Про-Аппрайзер» Онлайн, 472 с.
2. Массовая оценка. Электронный ресурс. URL: <http://pkmo.ru/pkmo/> (дата обращения: 14 ноября 2019).
3. QGIS. Электронный ресурс. URL: <https://qgis.org/ru/site/> (дата обращения: 14 ноября 2019).
4. MapInfo. Электронный ресурс. URL: <http://mapinfo.ru/> (дата обращения: 14 ноября 2019).
5. Федеральная служба государственной регистрации, кадастра и картографии (Росреестр). Электронный ресурс. URL: <https://rosreestr.ru/site/> (дата обращения: 13 ноября 2019).

Список литературы

1. Грибкова И.С., Пастухов М.А. 2017. Применение возможностей ГИС для целей оценки недвижимости. Сборник материалов II международной научно-практической конференции. Санкт-Петербург, Издательство "Политехника": 431–437.
2. Гридина Е.А., Гридин А.В. 2016. Некоторые проблемы налогообложения имущества физических лиц. Международная научно-практическая конференция. Уфа: 46–48.
3. Головина О.А. 2018. Критерии оценки качества информационной базы государственной кадастровой оценки земельных участков. Молодой учёный, 50 (236): 229–231.



4. Журавель В.В., Осипов П.А., Осипова Я.С., Димухаметов М.О., Осипова Д.А. 2017. WEB-технологии и ГИС на примере геоportалов и WEB-ГИС-серверов. Международная научно-практическая конференция. Пенза: 115–117.
5. Козырев А.А., Шумаева К.В. 2019. Автоматизация подготовительного этапа проведения кадастровой оценки земель методом сегментирования объектов в QUANTUM GIS. Всероссийская научно-практическая конференция. Краснодар, Эпомен: 412–420.
6. Лаврова М.И., Ефанова Д.А. 2016. Государственная кадастровая оценка: обзор проблем и причины неправильной оценки объектов недвижимости. Международная научно-практическая конференция. Уфа: 193–195.
7. Малюк К.Ю. 2017. Налогообложение земельных участков. Студенческая научно-практическая конференция. Ставрополь: 122–123.
8. Осенняя А.В., Будагов И.В., Хахук Б.А. 2017. Кадастровая оценка объектов недвижимости в современных условиях. Международная научно-практическая конференция. Белгород: 85–89.
9. Пастухов М.А. 2018. Применение ГИС с целью определения дифференциальной ренты I. Материалы V Международной научно-практической конференции. Пенза: 138–141.
10. Петров В.И. 2018. Оценка стоимости земельных участков. М., Кнорус, 286 с.
11. Салин В.Н. 2017. Методология статистического мониторинга кадастровой стоимости недвижимости: монография. М., Кнорус, 280 с.
12. Суровцов М.М., Губадеева Н.М., Клесова А.Ю. 2017. Земельный налог: проблемы исчисления по кадастровой стоимости земельного участка. Корпоративная экономика, 2 (10): 66–72.
13. Ширина Н.В., Затолокина Н.М., Зенина Д.С. 2016. Исследование результатов государственной кадастровой оценки земель населенных пунктов и оценка эффективности налогообложения. Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова, 3: 228–231.
14. Osennyaya A.V., Khakhuk B.A., Gura D.A., Khusht N.I., Kuadze A.Ch., Kushu A.A. 2019a. Analysis of the results of cadastral valuation of buildings, premises, construction in progress and parking spaces for 2018 in the Krasnodar territory. Religación. Revista de Ciencias Sociales y Humanidades, 4 (18): 293–297.
15. Osennyaya A.V., Hahuk B.A., Gura D.A., Khusht N.I., Kuadze E. Ch., Shishkina V.A. 2019b. Modern system of taxation of real estate objects. Religación. Revista De Ciencias Sociales Y Humanidades, 4 (18): 298–302.

References

1. Gribkova I.S., Pastukhov M.A. Primenenie vozmozhnostey GIS dlya tseyey otsenki nedvizhimosti [Application of GIS capabilities for real estate valuation]. Sbornik materialov II mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Sankt-Peterburg, Izdatelstvo "Politekhnik" - Collection of materials of the II international scientific and practical conference. St. Petersburg, Polytechnic Publishing House: 431–437.
2. Gridina E.A., Gridin A.V. 2016. Nekotorye problemy nalogooblozheniya imushchestva fizicheskikh lits [Some problems of taxation of property of individuals]. Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya. Ufa – International Scientific and Practical Conference. Ufa: 46–48.
3. Golovina O.A. 2018. Kriterii otsenki kachestva informatsionnoy bazy gosudarstvennoy kadastrovoy otsenki zemel'nykh uchastkov [Criteria for assessing the quality of the information base of the state cadastral valuation of land]. Molodoy uchenyy - Young scientist, 50 (236): 229–231.
4. Zhuravel' V.V., Osipov P.A., Osipova Ya.S., Dimukhametov M.O., Osipova D.A. 2017. WEB-tekhnologii i GIS na primere geoportalov i WEB-GIS-serverov [WEB-technologies and GIS by the example of geoportals and WEB-GIS-servers]. Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya. Penza – International Scientific and Practical Conference. Penza: 115–117.
5. Kozyrev A.A., Shumaeva K.V. 2019. Avtomatizatsiya podgotovitel'nogo etapa provedeniya kadastrovoy otsenki zemel' metodom segmentirovaniya ob"ektov v QUANTUM GIS [Automation of the preparatory phase of the cadastral valuation of land by segmenting objects in QUANTUM GIS]. Vse-rossiyskaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya. Krasnodar, Epomen – All-Russian Scientific and Practical Conference. Krasnodar, Epomen: 412–420.
6. Lavrova M.I., Efanova D.A. 2016. Gosudarstvennaya kadastrovaya otsenka: obzor problem i prichiny nepravil'noy otsenki ob"ektov nedvizhimosti [State cadastral valuation: a review of the prob-



lems and the reasons for the incorrect valuation of real estate]. Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya. Ufa – International Scientific and Practical Conference. Ufa: 193–195.

7. Malyuk K.Yu. 2017. Nalogooblazhenie zemel'nykh uchastkov [Taxation of land]. Studencheskaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya. Stavropol' – Student scientific and practical conference. Stavropol': 122–123.

8. Osennaya A.V., Budagov I.V., Khakhuk B.A. 2017. Kadastravaya otsenka ob'ektov nedvizhimosti v sovremennykh usloviyakh [Cadastral valuation of real estate in modern conditions]. Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya. Belgorod – International Scientific and Practical Conference. Belgorod: 85–89.

9. Pastukhov M.A. 2018. Primenenie GIS s tsel'yu opredeleniya differentsial'noy renty I [The use of GIS to determine differential rent I]. Materialy V Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii – Materials of the V International Scientific and Practical Conference. Penza: 138–141.

10. Petrov V.I. 2018. Otsenka stoimosti zemel'nykh uchastkov [Assessment of the cost of land]. M., Knorus – Moscow, Knorus, 286 p.

11. Salin V.N. 2017. Metodologiya statisticheskogo monitoringa kadastrvoy stoimosti nedvizhimosti: monografiya [Methodology of statistical monitoring of the cadastral value of real estate: monograph]. M., Knorus – Moscow, Knorus, 280 p.

12. Surovtsov M.M., Gubadeeva N.M., Klesova A.Yu. 2017. Zemel'nyy nalog: problemy ischisleniya po kadastrvoy stoimosti zemel'nogo uchastka [Land tax: problems of calculating the cadastral value of a land plot]. Korporativnaya ekonomika – Corporate economics, 2 (10): 66–72.

13. Shirina N.V., Zatolokina N.M., Zenina D.S. 2016. Issledovanie rezul'tatov gosudarstvennoy kadastrvoy otsenki zemel' naselennykh punktov i otsenka effektivnosti nalogooblozheniya [Study of the results of the state cadastral valuation of land in settlements and assessment of the effectiveness of taxation]. Vestnik Belgorodskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta im. V.G. Shukhova – Bulletin of the Belgorod State Technological University. V.G. Shukhov, 3: 228–231.

14. Osennaya A.V., Khakhuk B.A., Gura D.A., Khusht N.I., Kuadze A.Ch., Kushu A.A. 2019a. Analysis of the results of cadastral valuation of buildings, premises, construction in progress and parking spaces for 2018 in the Krasnodar territory. Religación. Revista de Ciencias Sociales y Humanidades, 4 (18): 293–297.

15. Osennaya A.V., Nahuk B.A., Gura D.A., Khusht N.I., Kuadze E. Ch., Shishkina V.A. 2019b. Modern system of taxation of real estate objects. Religación. Revista De Ciencias Sociales Y Humanidades, 4 (18): 298–302.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

Осенняя А.В., доцент, кандидат технических наук, заведующий кафедрой кадастра и геоинженерии Кубанского государственного технологического университета, г. Краснодар, Россия

Грибкова И.С., старший преподаватель кафедры кадастра и геоинженерии Кубанского государственного технологического университета, г. Краснодар, Россия

Хахук Б.А., кандидат экономических наук, доцент кафедры кадастра и геоинженерии Кубанского государственного технологического университета, г. Краснодар, Россия

Бацких Т.А., студент кафедры кадастра и геоинженерии Кубанского государственного технологического университета, г. Краснодар, Россия

Воронова К.В., студент кафедры кадастра и геоинженерии Кубанского государственного технологического университета, г. Краснодар, Россия

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Anna V. Osennaya, associate Professor, candidate of technical Sciences, head of the Department of cadastre and geoengineering of Kuban state technological University, Krasnodar, Russia

Irina S. Gribkova, senior lecturer, Department of cadastre and geoengineering, Kuban state technological University, Krasnodar, Russia

Bela A. Khakhuk, candidate of economic Sciences, associate Professor of the Department of cadastre and geoengineering of Kuban state technological University, Krasnodar, Russia

Tatyana A. Batskikh, student of the Department of cadastre and geoengineering of Kuban state technological University, Krasnodar, Russia

Kseniya V. Voronova, student of the Department of cadastre and geoengineering of Kuban state technological University, Krasnodar, Russia



УДК 712.24
DOI

Совершенствование методики крупномасштабного агроландшафтного картографирования на основе применения беспилотных летательных аппаратов

Г.З. Мажитова¹, С.В. Пашков¹, С.В. Крыцкий²

¹Северо-Казахстанский государственный университет им. М.Козыбаева
Республика Казахстан, 150000, г. Петропавловск, ул. Пушкина, 86

²ТОО "GEOSCAN-Kazakhstan"

Республика Казахстан, 150000, г. Петропавловск, ул. Я. Гашека, 30
E-mail: mazhitova_gulnur@mail.ru, sergp2001@mail.ru, geoscan-kz@mail.ru

Аннотация. Рассмотрены возможности применения беспилотных авиационных средств в земледелии – ведущей отрасли сельского хозяйства Северо-Казахстанской области (СКО) Республики Казахстан. В свете интенсификации отрасли беспилотные летательные аппараты (БПЛА) все чаще находят применение для получения данных дистанционного зондирования земли по мониторингу состояния сельскохозяйственных угодий и, прежде всего, оперативному управлению посевами. В связи с этим авторами разработана методика геоинформационного картографирования агроландшафтов на примере модельного участка СКО с использованием ГИС-технологий и материалов аэрофотосъемки с БПЛА. Методика предполагает выполнение подготовительных работ, детальный анализ исходных материалов, предварительных полевых ландшафтно-географических исследований на изучаемой территории, проведение аэрофотосъемки с БПЛА по разработанному маршруту в заданном режиме, обработку материалов съемки. Рассмотрены преимущества использования БПЛА в агроландшафтных исследованиях и картографировании агроландшафтов. Определены области применения БПЛА, материалов и данных съемки в сельскохозяйственном производстве, конструировании и управлении агроландшафтами.

Ключевые слова: агроландшафт, картографирование, карта, геоинформационные системы, БПЛА, Северо-Казахстанская область.

Для цитирования: Мажитова Г.З., Пашков С.В., Крыцкий С.В. 2020. Совершенствование методики крупномасштабного агроландшафтного картографирования на основе применения БПЛА. Региональные геосистемы, 44(1): 64–74. DOI:

Improvement of the methodology of large-scale agrarian landscape mapping based on uav application

Gul'nur Z. Mazhitova¹, Sergey V. Pashkov¹, Sergey V. Krytskij²

¹North Kazakhstan State University named after M. Kozybayev
86 Pushkin St., Petropavlovsk, 150000, Republic of Kazakhstan

²LTD "GEOSCAN-Kazakhstan"

30 Ya. Gashek St., Petropavlovsk, 150000, Republic of Kazakhstan
E-mail: mazhitova_gulnur@mail.ru, sergp2001@mail.ru, geoscan-kz@mail.ru

Abstract. The article is devoted to possibility using of unmanned aerial vehicles in planting, the leading branch of agriculture in North Kazakhstan region (NKR). In the light of planting intensification unmanned aerial vehicles (UAVs) use in agricultural purposes for getting information about monitoring conditions of agricultural lands and operative direction by seeds more and more frequently. In connection to this authors present the methodology of geoinformation mapping of agrarian landscapes on example of model site of North Kazakhstan region using GIS technologies and aerial photography materials from unmanned aerial vehicles (UAVs). The methodology involves preparatory works, detailed analysis of

initial materials, preliminary field landscape and geographical surveys in the studied territory, aerial photography from the UAV along the developed route in the specified mode, processing of survey materials. Authors define the advantages of using UAVs in agrarian and landscape research and mapping of agrarian and landscape are considered. Areas of application of UAVs, materials and data of aerial photographs in agricultural production, construction and agrarian landscapes managing are defined.

Keywords: agrarian landscape, mapping, map, geographic information systems, UAVs North Kazakhstan region.

For citation: Mazhitova G.Z., Pashkov S.V., Krytskij S.V. 2020. Improvement of the methodology of large-scale agrarian landscape mapping based on UAV application. *Regional Geosystems*. 44(1): 64–74. DOI:

Введение

Сельское хозяйство, как по числу занятых, так и по вкладу в ВВП, является одной из важнейших отраслей экономики Республики Казахстан. В Северо-Казахстанской области (СКО), ведущем агропроизводителе страны, где сельскохозяйственное землепользование исторически выступает фоновым видом природопользования, доля агросектора в ВРП неуклонно возрастает и на протяжении последних лет превышает 50 % [Пашков, Носонов, 2019]. В связи с этим повышение эффективности сельскохозяйственного производства, обеспечение устойчивого функционирования и продуктивности сельскохозяйственных угодий выступает важнейшей задачей государственной политики. Особую актуальность в свете данного приоритета приобретает комплексное изучение агроландшафтов, их картографирование, проектирование и создание агроландшафтных карт, формирование специализированных баз данных.

В настоящее время значительная роль в картографировании, разработке и создании карт и других видов картографических произведений принадлежит новейшим технологиям. К их числу относятся геоинформационные (технологии географических информационных систем, ГИС), дистанционные (основанные на использовании дистанционных методов исследования, материалов аэрофото- и космической съемки, систем глобального позиционирования), специализированное программное обеспечение. Данные технологии и связанные с ними программные средства используются не только для проектирования и создания различных карт и моделей, но и одновременно применяются для получения, обработки и анализа пространственной информации об изучаемых объектах, явлениях и процессах, их свойствах и структурных компонентах, позволяя оптимизировать и повысить качество выполняемых исследований [Берлянт, 1997].

Однако в агроландшафтных исследованиях названные технологии не получили должного распространения. В основном они используются в единичных случаях при изучении агроландшафтов отдельных территорий и нуждаются в разработке новых подходов к их применению. В связи с этим необходимо решение вопросов, связанных с разработкой и совершенствованием методических аспектов геоинформационного агроландшафтного картографирования и моделирования, подготовки отраслевых агроландшафтных карт, оперативного формирования специализированных баз и банков данных, содержащих комплексную информацию об агроландшафтах и их структурных компонентах и др. [Каторгин, 2004; Трапезникова, 2004; Перфильев, 2008; Дорохина, 2009; Ольшевский, 2009; Тесленок, Манухов, 2011].

Кроме того, необходимо учитывать, что современный этап развития сельского хозяйства нуждается в решении проблем оптимизации структуры землепользования, исторически сложившейся в процессе хозяйственного освоения, создания и сохранения оптимального ландшафтно-экологического баланса, при максимальном учете и сохранении естественных ресурсов [Stinner et al., 1989; Dumanski, Pieri, 2000; Wesel et al., 2009; Dore et al., 2011]. Реализация этих задач требует обоснованных и своевременных управленческих решений, основанных на результатах региональных агроландшафтных исследований. Разви-



тие этого направления предполагает создание обширной тематической информационной базы, обработку и анализ огромного количества информации об особенностях агроландшафтных систем. И здесь также могут найти применение информационные компьютерные технологии, и в первую очередь – ГИС-технологии, которые служат исходной базой принятия оперативных управленческих решений [Тесленок, 2014; Тесленок и др., 2019].

Большое значение в агроландшафтных исследованиях имеет крупномасштабное картографирование агрогенных ландшафтов, создание детальных агроландшафтных карт отдельных хозяйств для решения конкретных задач. Одним из способов получения детальной, высокоточной информации в полевых географических исследованиях для изучения и мониторинга небольших площадей является аэрофотосъемка с использованием беспилотных летательных аппаратов (БПЛА). БПЛА – это летательный аппарат без экипажа на борту, обладающий разной степенью автономности, конструкцией и назначением, способный осуществлять съемку в заданном режиме. В настоящее время метод дистанционного картографирования с помощью БПЛА становится особенно перспективным способом получения геодезической основы для создания цифровых карт крупных масштабов [Зубарев и др., 2009].

Актуальность предпринятого исследования определяется необходимостью разработки подходов автоматизированного создания агроландшафтных карт путем использования методов геоинформационного картографирования и моделирования на основе ГИС и материалов съемки с БПЛА.

Целью исследования являлось проведение пространственного анализа и картографирование агроландшафтов СКО на местном (локальном) уровне с применением дистанционных методов и геоинформационных технологий.

Геоинформационное картографирование агроландшафтов и построение агроландшафтной карты СКО в ГИС-среде на региональном уровне выполнялось авторами ранее [Мажитова, 2018]. Представленная работа посвящена агроландшафтному картографированию с применением дистанционных методов исследования и геоинформационных технологий.

Материалы и методы исследования

Объектом исследования являлись агроландшафты СКО. Для изучения и геоинформационного картографирования агроландшафтов региона определен опорный участок. Исследуемый участок располагается на территории Кызылжарского района (Вагулинский сельский округ, в 1 км к северо-западу от с. Соколовка, вблизи оз. Лебяжье), в пределах староосвоенного района с 270-летней историей континуального земледелия южной лесостепи Западно-Сибирской равнины. Космический снимок района исследования представлен на рис. 1.

Данный опорный участок являлся рабочей основой для геоинформационного картографирования элементарных агроландшафтов низшего иерархического уровня, пространственного анализа и оценки их современного состояния, разработки крупномасштабной агроландшафтной карты и специального содержания к ней, создания базы геоданных.

Теоретико-методологической основой исследования послужили труды в области картографии и геоинформатики: К.А. Салищева, А.М. Берлянта, В.С. Тикунова и др. Кроме того, изучен и учтен опыт и результаты прикладных геоинформационно-картографических исследований: В.А. Николаева, И.Ю. Каторгина, С.А. Тесленка, А.В. Ольшевского, С.Е. Перфильева и др.

При выполнении исследований опирались на общие теоретические представления об агроландшафтах, как о сложных природно-антропогенных системах, изложенные в работах В.А. Николаева, В.И. Кирюшина, А.А. Юртаева, М.И. Лопырева, В.М. Яцухно, А.С. Помелова, К.В. Зворыкина, В.И. Булатова и др.

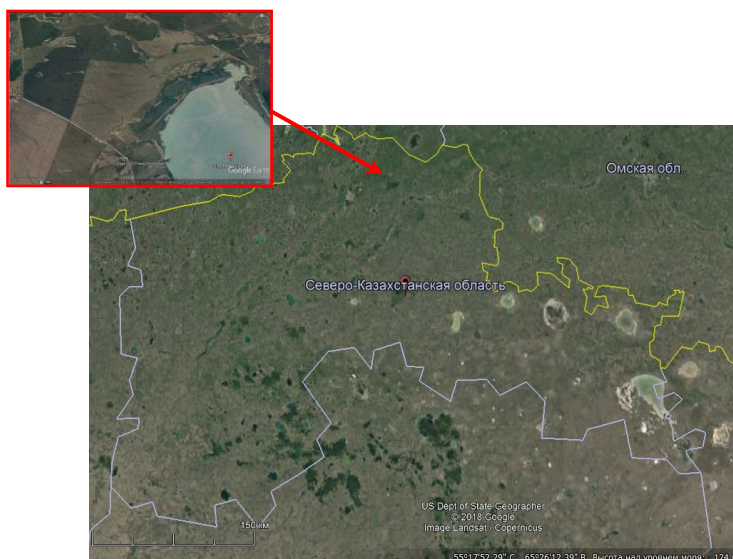


Рис. 1. Космический снимок исследуемого участка
Fig. 1. Space snapshot of the site under investigation

В качестве исходных материалов исследования привлечены литературные и картографические источники, в т.ч. топографические карты, карты землеустройства региона, фондовые материалы, а также данные и результаты полевых работ авторов. Для выполнения исследования и картографирования агроландшафтов на локальном уровне и детального изучения их структурных компонентов использованы материалы аэрофотосъемки с БПЛА.

На предварительном этапе исследования проведен анализ исходных материалов, изучены природно-ландшафтные, агрохозяйственные особенности рассматриваемой территории. Определено положение исследуемого участка в системе ландшафтной иерархии региона. На месте съемки проведены полевые ландшафтно-географические исследования, составлена физико-географическая характеристика района работ, дано комплексное описание природных компонентов, определено точное местоположение, высота местности.

Важным этапом подготовительных работ являлось определение и расчет параметров аэрофотосъемки, пространственного разрешения цифровых снимков, высоты фотографирования, а также планирование маршрута съемки с использованием программных средств и системы автоматического управления БПЛА.

Съемка участка осуществлялась ТОО «GEOSCAN-Kazakhstan» аэрофотосъемочным комплексом «Геоскан-201М» Агро/Геодезия. Высота съемки – 280 м. Видимый диапазон 5 см/пиксель, мультиспектральный 13 см/пиксель. Камеры SonyRX-1 (видимый диапазон), MicasenseRedEdgeM (мультиспектральная 5-канальная).

Достоверность координатной привязки полевых исследований и фотоснимков БПЛА обеспечивалась использованием GPS-приемника, электронной топографической основы. Кроме того, в процессе съемки проводилась геометрическая коррекция геоизображений.

Результаты исследования

По результатам съемки получена серия аэрофотоснимков исследуемого района с привязкой к географическим координатам. Полученные снимки характеризуются высокой точностью и детальностью изображения. Благодаря высокому уровню разрешения, обеспечивается достаточно высокая точность идентификации изображенных объектов местности и определения их свойств, метрических характеристик. На основе полученных снимков вы-

полнен анализ устройства поверхности рассматриваемого участка. Особое внимание уделено микрорельефу, который служит основой для изучения и выделения границ первичных структурных элементов агроландшафтов. Материалы съемки позволили выявить в пределах изучаемого участка небольшие понижения, потяжины, микроложбины, бугры, следы временных водотоков, направления обработки почвы сельскохозяйственной техникой.

На рис. 2 представлены аэрофотоснимки исследуемого участка, полученные в ходе съемки с БПЛА «Геоскан-201М».



Рис. 2. Серия аэрофотоснимков изучаемого участка, полученная с БПЛА «Геоскан-201М»

Fig. 2. Series of aerial photographs of the site under study, received from "Geoskan-201M" UAV

Материалы съемки после предварительной обработки переводились в обменный формат, совместимый с геоинформационной системой, и импортировались в нее для дальнейшей работы. На этапе импорта цифровых аэрофотоснимков исключались снимки низкого качества. Обработка материалов съемки выполнялась средствами ГИС ArcGIS 10.1 (ESRI Inc.) с использованием современного программного обеспечения Agisoft Photo Scan Professional Edition. Программное обеспечение, функционал и набор инструментов ArcGIS 10.1 (ESRI Inc.) позволяют выполнить векторизацию (оцифровку) материалов аэрофотосъемки, получить ортофотоплан необходимого масштаба, матрицы высот местности, разработать и составить специализированные карты и цифровые картографические модели (цифровую модель рельефа – ЦМР, цифровую модель поверхности – ЦМП, карту пластики рельефа, 3D-модель и др.) участка исследуемой территории.

В процессе работы осуществлена векторизация объектов местности, выделены границы поля опорного участка, проведен морфометрический анализ рельефа, определены высоты поверхности, уклоны, экспозиции склонов, сформированы специализированные атрибутивные данные (рис. 3).

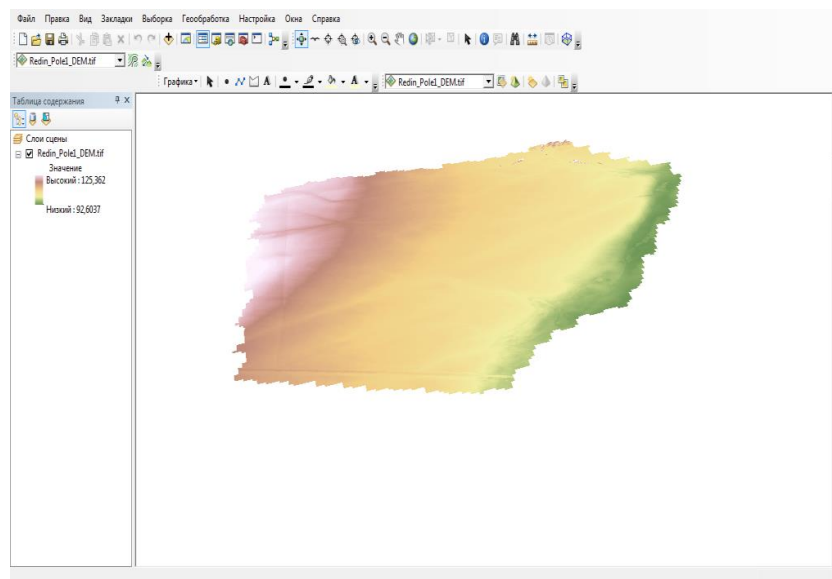


Рис. 3. Изображение опорного участка в спектре высот поверхности
Fig. 3. Image of the reference area in the surface height spectrum

Созданная в ГИС электронная карта изучаемого участка и сформированные атрибутивные данные служат исходной основой для разработки и создания различных тематических карт и картографических моделей, необходимых для осуществления дальнейших агроландшафтных исследований (рис. 4).

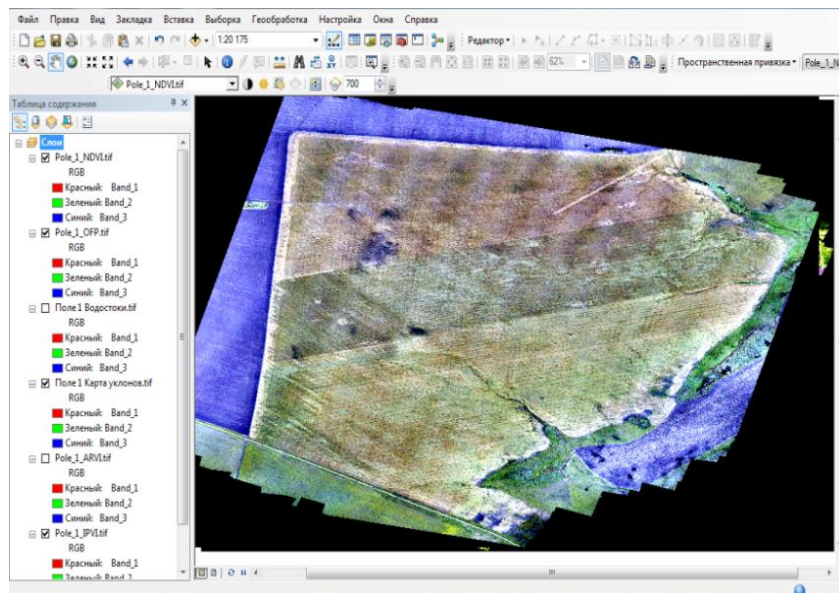


Рис. 4. Опорный участок в рабочем окне ArcGis 10.1 (ESRI Inc.)
Fig. 4. ArcGis 10.1 Work Window Reference Area (ESRI Inc.)

Геоинформационная система позволяет представить в виде отдельных слоев основные структурные компоненты агроландшафтов (рельеф, почвообразующие породы, почвы, сельскохозяйственные культуры и др.), а в соответствующих атрибутивных таблицах – их количественные и качественные характеристики. В ГИС-среде могут быть созданы и сохранены различные дополнительные слои и атрибутивные данные по ним: резуль-

таты агрохимического анализа почв, их кислотность, механический состав, удельное сопротивление, предшествующие культуры в системе севооборотов и др. ГИС, совмещая анализ агрометеорологических сведений, данных механического и химического состава почвы, позволяет создать точную карту агроэкологических условий территории рассматриваемого района. К числу возможностей ГИС-технологий относится осуществление электронной записи и хранения истории полевых работ, урожайности и других характеристик и показателей по сельскохозяйственным угодьям, отдельным полям. Тем самым, данные технологии позволяют обоснованно управлять производственным процессом.

На основе материалов съемки БПЛА возможно осуществлять расчеты специальных индексов ((Normalized Difference Vegetation Index, NDVI и др.) и производить оценочные работы. Так вегетационный индекс (NDVI) позволяет оценивать состояние возделываемых сельскохозяйственных культур и прогнозировать финансовые затраты и риски (рис. 5). С помощью данного индекса появляется возможность выявлять проблемные места на поле и причины плохой всхожести. По индексу вегетации (NDVI) и температуры подстилающей поверхности можно определить и провести оценку фотосинтетически активной радиации, разработать карты с областями и ареалами созревания культур.

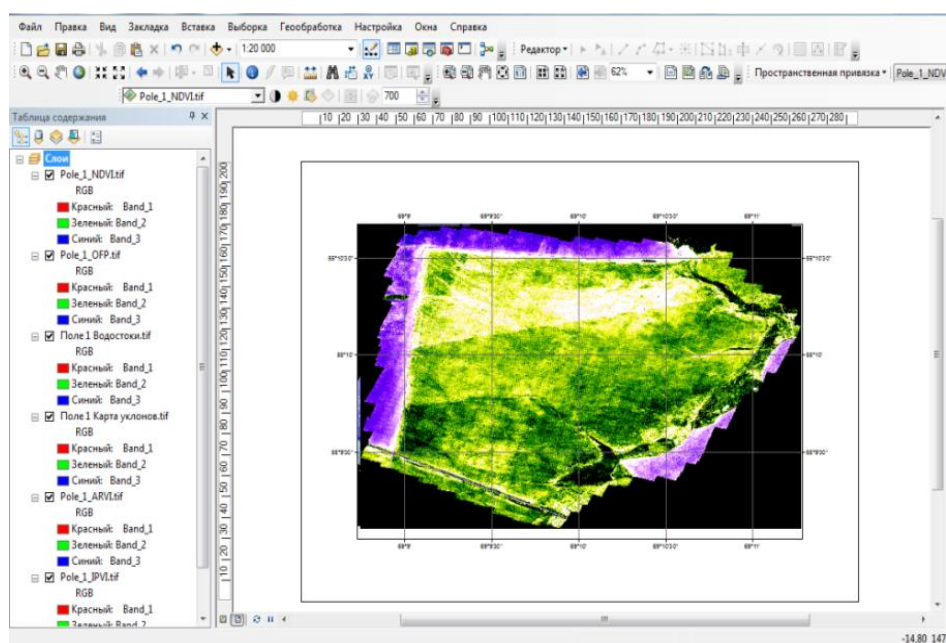


Рис. 5. Расчет индекса NDVI в ГИС
Fig. 5. Calculation of NDVI index in GIS

Материалы съемки с БПЛА могут быть использованы для эффективной организации структуры сельскохозяйственного землеустройства, планирования размещения посевов определенных видов и сортов возделываемых культур, расчета норм внесения удобрений и средств защиты растений, а также более точного предсказания урожайности и финансового планирования. Наряду с этим, съемка с применением БПЛА позволяет определить состав возделываемых сельскохозяйственных культур, состояние их посевов, установить локальные причины болезней культур и их зараженности вредителями, локальных уплотнений почвы, снижения урожайности на отдельных полях и их участках и др.

Аэрофотоматериалы БПЛА служат ценным источником пространственной информации при изучении динамики сельскохозяйственного освоения территории, моделирования и прогнозирования агрогенной трансформации природных ландшафтов. Позволяют

изучить морфологические элементы агроландшафтов, систематизировать агроландшафты местного (локального) уровня [Перфильев, 2007; Пензева, Петрищев, 2008].

Следует отметить, что аэрофотосъемка с БПЛА может получить широкое применение в развитии точного (координатного или прецизионного) земледелия, внедрения приемов адаптивно-ландшафтного землепользования. При этом подходе решаются вопросы развития экологоприемлемого сельскохозяйственного производства и обеспечения устойчивого состояния агроландшафтов, снижения рисков в сельскохозяйственном производстве, обусловленных природными факторами и условиями. В основе научной концепции точного земледелия лежат представления о существовании неоднородностей в пределах одного поля. Иными словами, природные условия – климатические показатели, погодные явления (термический режим, увлажнение, распределение солнечной радиации, освещенность и др.), характеристики и свойства почвы (гранулометрический состав, мощность гумусового слоя, обеспеченность основными элементами питания растений и др.), а также засоренность и заселенность болезнями и патогенами внутри одного поля подобны, но неодинаковы. На каждом отдельном участке посевной площади они носят локальные различия. Точное земледелие основано на учете дифференцированности среды обитания посевов сельскохозяйственных культур в пределах отдельного поля.

Показатели, получаемые с метеостанций и агропостов, данных агрохимических служб и других источников, экспертная оценка агрономов, дают, главным образом, информацию о базовых, общих агроэкологических условиях и не позволяют учесть локальные особенности. Именно спутниковая съемка и аэрофотосъемка с БПЛА в совокупности с новейшими технологиями позволяет изучить и оценить на каждом отдельном поле или его участке все неоднородности природных условий, на основе их анализа и учета определить потребности всходов в увлажнении, необходимость дополнительного полива, внесения удобрений и др. Тем самым, данные технологии позволяют обоснованно управлять культурами на уровне поля и помочь сельхозпроизводителям избежать серьезных потерь, повысить урожайность возделываемых культур [Зубарев и др., 2009].

Обязательным условием проектирования адаптивно-ландшафтных систем земледелия является формирование геоинформационных систем (ГИС). Организация такой системы земледелия предполагает обязательный учет структуры природного ландшафта и условий его функционирования. Важным этапом построения адаптивно-ландшафтных систем земледелия является агроэкологическая оценка и агроэкологическое картирование земель, разработка проектов землеустройства, создание и внедрение банка данных, максимально характеризующих природные факторы и параметры произрастания сельскохозяйственных культур. В этом ключе применение аэрофотосъемки с БПЛА для получения точных данных и информации о морфометрии рельефа, гидрологических и других условиях существенно облегчит процесс разработки адаптивно-ландшафтных систем земледелия [Трифорова и др., 2002].

Заключение

В результате проведенных исследований разработана технология и алгоритм агроландшафтного картографирования с использованием ГИС-технологий и материалов аэрофотосъемки БПЛА, схема сбора и обработки материалов съемки и создания базы данных. Съемка с БПЛА позволила получить детальные высокоточные изображения и разработать на их основе в ГИС-среде картографическую модель агроландшафта. Данная методика апробирована на территории СКО на примере модельного участка.

Разработанная электронная карта и база данных может быть использована для дальнейших комплексных агроландшафтных исследований региона.



Анализ состояния вопроса применения БПЛА для аэрофотосъемки сельскохозяйственных территорий показал, что данное направление имеет широкие перспективы применения для оперативного решения различных задач в области агроландшафтных исследований, картографирования и разработки агроландшафтных карт и моделей.

Проведенные исследования наглядно демонстрируют, что материалы съемки БПЛА являются надежным источником получения объективной информации. Аэрофотосъемка с БПЛА обеспечивает оперативное получение точной цифровой модели поверхности, которая может служить исходной основой в геоинформационных системах для разработки и создания серии различных оценочных и производных тематических карт и геоинформационно-картографических моделей ряда важнейших морфометрических показателей рельефа, имеющих самое непосредственное отношение к сельскому хозяйству. Среди них крутизна склонов, их экспозиция и форма (плановая и профильная кривизна поверхности), горизонтальное и вертикальное расчленение, основные структурные линии, гипсометрические уровни, фрактальная размерность, количество поступающей солнечной энергии и др. Значительное число моделей может быть представлено морфометрической группой графоаналитических приемов с расчетом показателей, характеризующих форму и структуру объектов. Результатами гидрологического анализа ЦМР могут стать модели поверхностного стока, оконтуривания сети тальвегов и водосборных бассейнов, индекса сходимости (конвергенции), различные показатели миграции вещества и энергии в твердом и жидком состоянии – комплексные индексы, оценивающие перераспределение твердого и жидкого стока, потенциал площадной и линейной эрозии и др.

Создание карт в ГИС-среде на основе материалов съемки с БПЛА рекомендуется использовать для решения широкого спектра прикладных задач не только в области сельского хозяйства, но и землеустройства, кадастров и бонитировки, экологии, разработки программ и планов перспективного развития территорий и др. Использование данных технологий позволит значительно сократить расходы финансовых средств, повысить оперативность и эффективность принятия решений.

Однако следует отметить существование ряда факторов, сдерживающих развитие и использование указанных технологий. К их числу, в первую очередь, относится отсутствие нормативно-правовой базы, обеспечивающей выполнение топографо-геодезических работ для интеграции БПЛА в единое воздушное пространство. Кроме того, законодательно не урегулированы вопросы, связанные с сертификацией, регистрацией, техническими требованиями и условиями эксплуатации БПЛА.

Список литературы

1. Берлянт А.М. 1997. Геоинформационное картографирование. М., МГУ, 64 с.
2. Дорохина З.П. 2009. Оценка и картографирование агроландшафтов Волгоградской области для защитного лесоразведения. Автореф. дис. ... канд. сел. хоз. наук. Волгоград, 22 с.
3. Зубарев Ю.Н., Фомин Д.С., Чашин А.Н., Заболотнова М.В. 2009. Использование беспилотных летательных аппаратов в сельском хозяйстве. Вестник Пермского федерального исследовательского центра, 2: 47–51.
4. Каторгин И.Ю. 2004. Анализ и оценка агроландшафтов Ставропольского края с использованием геоинформационных технологий. Автореф. дис. ... канд. геогр. наук. Ставрополь, 24 с.
5. Мажитова Г.З. 2018. Геоинформационное картографирование агроландшафтов Северо-Казахстанской области. Материалы XII Международной научной конференции молодых ученых «Инновационное развитие и востребованность науки в современном Казахстане». Алматы: 11–16.
6. Ольшевский А.В. 2009. Геоинформационное картографирование агроландшафтов Белорусского полесья. Вестник Белорусского государственного университета. Химия. Биология. География, 2: 71–75.

7. Пашков С.В., Носонов А.М. 2019. Экономическая устойчивость сельскохозяйственного землепользования в Северо-Казахстанской области. Геополитика и экогеодинамика регионов, 5 (4): 148–157.
8. Перфильев С.Е. 2007. Пространственная организация агроландшафтов юга Центральной Сибири (Красноярский край). Аграрная Россия, 1: 2–6.
9. Перфильев С.Е. 2008. Технологии геосистемного и экологического картографирования агроландшафтов Центральной Сибири (Красноярский край). География и природные ресурсы, 3: 127–133.
10. Пензева С.В., Петрищев В.П. 2008. Морфологическая типизация агроландшафтов Оренбургского Подуралья. Поволжский экологический журнал, 4: 325–333.
11. Тесленок С.А., Манухов В.Ф., Тесленок К.С. 2019. Цифровое моделирование рельефа Республики Мордовия. Геодезия и картография, 80 (7): 30–38.
12. Тесленок С.А. 2014. Агроландшафтогенез в районах интенсивного хозяйственного освоения: Исследование с использованием ГИС-технологий. Saarbrücken: LAP LAMBERT Academic Publishing, 189 с.
13. Тесленок С.А., Манухов В.Ф. 2011. Информационные технологии в изучении агроландшафтогенеза. Педагогическая информатика, 1: 88–92.
14. Трапезникова О.Н. 2004. Пространственно-временной анализ организации агроландшафтов на основе дистанционных методов и ГИС-технологий (на примере южнотаежной подзоны Западного Прикамья). Автореф. дис. ... канд. геогр. наук. Москва, 24 с.
15. Трифонова Т.А., Прокошев В.Г., Рощин С.В., Краснощеков А.Н. 2002. ГИС-технологии в адаптивно-ландшафтном земледелии. ГИС и природные ресурсы, 1 (20). https://www.esri-cis.ru/news/arcreview/detail.php?ID=2527&SECTION_ID=63 (дата обращения: 13.11.2019)
16. Dore T., Makowski D., Malezieux E., Munier-Jolain N., Tchamitchian M., Tittone P. 2011. Facing up to the paradigm of ecological intensification in agronomy: revisiting methods, concepts and knowledge. European Journal of Agronomy, 34: 197–210.
17. Dumanski J., Pieri C. 2000. Land quality indicators: research plan. Agriculture, Ecosystems and Environment, 81: 93–102.
18. Stinner B.R., Lorenzoni G.G., Paoletti M.G. 1989. Agricultural ecology and the environment. Amsterdam, Elsevier Science Publishers, 636 p.
19. Wesel A., Bellon S., Dort T., Francis C., Vallon D., David C. 2009. Agroecology as a science, a movement and a practice. A review. Agronomy for sustainable development, 29 (4): 503–515.

References

1. Berlyat A.M. 1997. Geoinformatsionnoye kartografirovaniye [Geographic information mapping]. M, MGU, 64 p.
2. Dorohina Z.P. 2009. Otsenka i kartografirovaniye agrolandshaftov Volgogradskoy oblasti dlya zashchitnogo lesorazvedeniya [Assessment and mapping of agrarian landscapes of the Volgograd region for protective forest exploration]. Abstract. dis. ... cand. agric. sciences. Volgograd, 22 p.
3. Zubarev Yu.N., Fomin D.S., Chashchin A.N., Kolovotnova M.V. 2009. Use of unmanned aerial vehicles in agriculture. Perm Federal Research Centre Journal, 2:47–51. (in Russian)
4. Katorgin I.U. 2004. Analiz i otsenka agrolandshaftov Stavropolskogo kraya s ispolzovaniyem geoinformatsionnykh tekhnologiy [Analysis and evaluation of agrarian landscapes of Stavropol Region using geoinformation technologies]. Abstract. dis. ... cand. geogr. sciences. Stavropolye, 24 p.
5. Majitova G.Z. 2018. Geoinformation mapping of agrarian landscapes of North Kazakhstan region. Materials of the XII International Scientific Conference of Young Scientists "Innovative Development and Demand for Science in Modern Kazakhstan." Almaty: 11–16. (in Russian)
6. Olshevsky A.V. 2009. Geoinformation mapping of agrarian landscapes of the Belarusian field. Journal of the Belarusian State University. Chemistry. Biology. Geography, 2: 71–75. (in Russian)
7. Pashkov S.V., Nosonov A.M. 2019. Economical sustainability of agricultural land use in North Kazakhstan region. Geopolitics and Ecogeodynamics of regions, 5 (4): 148–157. (in Russian)
8. Perfilov S.E. 2007. Spatial organization of agrarian landscapes of southern Central Siberia (Krasnoyarsk Region). Agrarian Russian, 1: 2–6. (in Russian)



9. Perfilov S.E. 2008. Technologies of geosystem and ecological mapping of agrarian landscapes of Central Siberia (Krasnoyarsky region). *Geography and natural resources*, 3: 127–133. (in Russian)
10. Penzeva S.V., Petrishev V.P. 2008. Morphological typing of agrarian landscapes of Orenburg Underural. *Volga Ecological Journal*, 4: 325–333. (in Russian)
11. Teslenok S.A., Manukhov V.F., Teslenok K.S. 2019. Digital modeling of the relief of the Republic of Mordovia. *Geodesy and cartography*, 80 (7): 30–38. (in Russian)
12. Teslenok S.A. 2014. Agrarian landscapes genesis in areas of intensive economic development: Research using GIS technologies. Saarbrücken: LAP LAMBERT Academic Publishing, 189 p. (in Russian)
13. Teslenok S.A., Manukhov V.F. 2011. Information technology in the study of agrarian landscapes genesis. *Pedagogical informatics*, 1: 88–92. (in Russian)
14. Trapeznikova O.N. 2004. Prostranstvenno-vremennoy analiz organizatsii agrolandshaftov na osnove distantsionnykh metodov i GIS-tekhnologiy (na primere yuzhnotayezhnoy podzony Zapadnogo Prikamya) [Space and time analysis of organization of agrarian landscapes based on remote methods and GIS-technologies (on the example of southern sub-zone of Western Prikamye)]. Abstract. dis. ... cand. geog. sciences. Moscow, 24 p.
15. Trifonov T.A., Prokoshev V.G., Roschin S.V., Krasnoshchekov A.N. 2002. GIS technologies in adaptive-landscape farming. *GIS and natural resources*, 1 (20). https://www.esri-cis.ru/news/arcview/detail.php?ID=2527&SECTION_ID=63 (date of appeal: 13.11.2019) (in Russian)
16. Dore T., Makowski D., Malezieux E., Munier-Jolain N., Tchamitchian M., Tittone P. 2011. Facing up to the paradigm of ecological intensification in agronomy: revisiting methods, concepts and knowledge. *European Journal of Agronomy*, 34: 197–210.
17. Dumanski J., Pieri C. 2000. Land quality indicators: research plan. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 81: 93–102.
18. Stinner B.R., Lorenzoni G.G., Paoletti M.G. 1989. *Agricultural ecology and the environment*. Amsterdam, Elsevier Science Publishers, 636 p.
19. Wesel A., Bellon S., Dort T., Francis C., Vallon D., David C. 2009. Agroecology as a science, a movement and a practice. A review. *Agronomy for sustainable development*, 29 (4): 503–515.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

Мажитова Г.З., старший преподаватель кафедры географии и экологии Северо-Казахстанского государственного университета им. М.Козыбаева, г. Петропавловск, Казахстан

Пашков С.В., доцент, кандидат географических наук, декан факультета математики и естественных наук Северо-Казахстанского государственного университета им. М. Козыбаева, г. Петропавловск, Казахстан

Крыцкий С.В., директор TOO GEOSCAN-Kazakhstan, г. Петропавловск, Казахстан

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Gul'nur Z. Mazhitova, senior lecturer of the Department of geography and ecology of the North Kazakhstan State University named after M. Kozybayev, Petropavlovsk, Kazakhstan

Sergey V. Pashkov, associate Professor, candidate of geographical Sciences, Dean of the faculty of mathematics and natural Sciences of the North Kazakhstan State University named after M. Kozybayev, Petropavlovsk, Kazakhstan

Sergey V. Krytsky, director of LTD GEOSCAN-Kazakhstan, Petropavlovsk, Kazakhstan

УДК 911.2 (571.5)

DOI

Функционирование долинно-речных ландшафтов в бассейне озера Байкал при интенсивной антропогенной нагрузке

Ж.В. Атутова

Институт географии им. В.Б. Сочавы СО РАН,
Россия, 664033, г. Иркутск, ул. Улан-Баторская, 1
E-mail: atutova@mail.ru

Аннотация. Возрастающая антропогенная нагрузка на ландшафты актуализировала значимость рассмотрения процесса природопользования как основного критерия формирования природной среды. Представлено исследование особенностей современного функционирования долинных ландшафтов прибрежных байкальских территорий. С целью определения их ландшафтно-экологического состояния проведен анализ антропогенной трансформации долинных комплексов рек, впадающих в озеро Байкал (на примере бассейна р. Голоустной). Выявлены три основных этапа природопользования, отличающиеся видами производственных мероприятий и интенсивностью, оказываемой ими нагрузки на среду. В результате ландшафтного картографирования ключевого участка обозначены доминирующие природные комплексы – светлховинные и подгорные степные, которые в современных условиях наиболее подвержены рекреационному и сельскохозяйственному видам природопользования. Их осуществление привело к снижению естественного видового биоразнообразия, организации несанкционированных свалок бытового мусора, загрязнению среды отходами животноводческой деятельности при отсутствии системы отвода и очистки поверхностного стока, риску возникновения пожаров. В сложившейся ситуации полученные материалы применимы при проведении мероприятий по повышению устойчивости ландшафтов речных долин к антропогенным воздействиям.

Ключевые слова: озеро Байкал, речной бассейн, долинные комплексы, история природопользования, антропогенное преобразование, экологические условия.

Благодарности: работа выполнена при поддержке РФФИ в рамках научных проектов № 17-29-05064-офи_м, № 20-55-53030 ГФЕН_а.

Для цитирования: Атутова Ж.В. 2020. Функционирование долинно-речных ландшафтов в бассейне озера Байкал при интенсивной антропогенной нагрузке. Региональные геосистемы, 44(1): 75–84. DOI:

The functioning of long-river landscapes in the basin of lake Baikal at intensive anthropogenic load

Zhanna V. Atutova

V.B. Sochava Institute of Geography SB RAS,
1 Ulan-Batorskaya St, Irkutsk, 664033, Russia
E-mail: atutova@mail.ru

Abstract. Nature management is main criterion for the formation of the natural environment under the conditions of an increasing anthropogenic pressure on landscapes. The features of the modern functioning of the valley landscapes of the Baikal coastal territories are considered. The identification of the landscape-ecological state of the valley complexes of the rivers flowing into the lake Baikal is the main goal of the work. The analysis of anthropogenic transformation of the landscapes of the Goloustnaya river basin is carried out. Based on a retrospective analysis of the economic development of the territory, three



main stages of nature management are identified. It differs in the types of production activities and the intensity of the pressure on the landscape. Modern subtaiga light coniferous and piedmont steppe landscape complexes of the lower reaches of the river, adjacent to the water area of Lake Baikal, are most susceptible to recreational and agricultural activities. The implementation of this activity has led to adverse environmental conditions. The reasons are a decrease in natural species biodiversity (up to the threat of the complete destruction of unique nature objects), the organization of unauthorized landfills, complicated by the lack of measures for the treatment of solid household waste, environmental pollution by livestock waste, the lack of a system for the removal and treatment of surface runoff, and careless handling fire at risk of fires. In this situation, it is necessary to carry out measures to increase the stability of the landscape of river valleys to anthropogenic impacts.

Keywords: Baikal lake, river basin, valley complexes, history of nature management, anthropogenic transformation, environmental conditions

Acknowledgements: the work was funded by RFBR according to the research projects № 17-29-05064-ofi_m, №20-55-53030 NSFC_a.

For citation: Atutova Zh.V. 2020. The functioning of long-river landscapes in the basin of lake Baikal at intensive anthropogenic load. Regional Geosystems, 44(1): 75–84. DOI:

Введение

Несмотря на включение озера Байкал в перечень объектов всемирного природного наследия ЮНЕСКО и принятый Федеральный закон «Об охране озера Байкал» [1999], антропогенный прессинг на природные комплексы, граничащие с акваторией озера, не снижает своих масштабов. Сложная экологическая ситуация, сложившаяся в последние десятилетия в результате интенсивного освоения эстетически и экологически привлекательных ресурсов побережья, актуализировала проведение исследований ландшафтного пространства для нахождения путей решения проблем сбалансированного территориального развития и сохранения целостности окружающей природной среды. Обширный материал в рамках данного направления [Экологически ориентированное..., 1997; Кузьмин, 1998; Рябцев, Турута, 2003; Воробьева, Власова. 2018; Гагаринова и др., 2018 и др.] посвящен изучению обусловленных антропогенным влиянием процессов, возникающим в долинах рек, питающих озеро, что связано, в первую очередь, с угрозой загрязнения поллютантами, транспортируемыми водотоками к устьям, что в итоге приводит к ухудшению экологической ситуации всей акватории.

Современная природно-хозяйственная ситуация зачастую осложнена проблемами, связанными с несовершенством процессов размещения объектов, методов и способов ведения хозяйствования при отсутствии должного внимания к осуществлению средозащитных мероприятий. Принимая во внимание, что острота подобных вопросов характерна для многих регионов [Krul, Holyavchuk, 2014; Rojas-Caldelas et al., 2014; Кравцова, Михайлов, 2017; Sender, Maslanko, 2018; Aktasa et al., 2019], целью настоящей работы является выявление ландшафтно-экологического состояния долинных комплексов бассейнов рек, впадающих в оз. Байкал, что достигается путем решения двух основных задач: оценкой последствий антропогенного преобразования долинных ландшафтов в различные периоды природопользования и анализом современных экологических проблем района исследований.

Объект и методы исследования

Исследования охватывают территорию бассейна р. Голоустной, впадающей в озеро Байкал в южной его части. Специфика современной ландшафтной дифференциации наряду с физико-географическими особенностями местности обусловлена длительным периодом хозяйственного освоения, в результате которого к настоящему времени значительные площади бассейна представлены производными комплексами, снижающими степень биоразнообразия и устойчивости геосистем к внешним воздействиям. Учитывая необходимость решения фундаментальной проблемы

минимизации степени проявления негативных последствий антропогенного преобразования, авторы выбрали предметом исследований трансформированные долинные комплексы, историю их формирования и влияние на современное ландшафтно-экологическое состояние бассейна р. Голоустной.

Исследование основных этапов заселения и освоения долинных комплексов базировалось на историко-географическом подходе с применением ретроспективного анализа, статистического и сравнительно-исторического методов. Основными информационными источниками наряду с современными публикациями историко-географического характера послужили архивные краеведческие материалы.

При картографировании геосистем использовались разновременные топокарты масштаба 1:100 000, материалы полевых работ 2003, 2004, 2015 гг., а также данные дистанционного зондирования Земли. Проведено визуальное дешифрирование используемых сервисом *Google Maps* высокодетальных снимков *DigitalGlobe*. В нижней части бассейна р. Голоустной в разные сезоны 2017–2018 гг. выполнены около 25 запусков беспилотного летательного аппарата *DJI Phantom 3 Advanced*. В результате получены снимки поверхности под разными углами съемки и с различных высот, с помощью которых удалось уточнить границы растительного покрова.

Результаты и обсуждение

Результаты проведенных исследований представлены для участка нижнего течения р. Голоустной, впадающей в оз. Байкал в южной его части. Климат прибрежной части бассейна реки сравнительно теплый (средняя температура воздуха в январе и июле составляет $-18,2$ и $14,1$ °С соответственно), сухой (264 мм осадков в год) [Абалаков и др., 1990; Научно-прикладной справочник..., 1991].

Рельеф представлен юго-западной оконечностью Приморского хребта, характеризующийся уплощенными вершинами водоразделов высотой 850–1100 м (рис. 1 а, б). Взаимовлияние факторов рельефо- и климатообразования определяет пространственную дифференциацию биотических компонентов геосистем.

Сосновые леса на крутых склонах, обращенных к котловине оз. Байкал, часто остепнены. Ниже, у подножия хорошо прогреваемых световых склонов, распространены остепнённые редкостойные сосняки. Остепнение хорошо проявляется в пределах подгорных наклонных равнин у подножия Приморского хребта. Здесь, на пологих склонах наклонных шлейфов, развиты луговые степи, используемые как естественные пастбищные угодья. Остепнённые разнотравные луга распространены на конусе выноса р. Семенихи. В дельте р. Голоустной развиты мелкодерновинные разнотравно-злаковые степи; на более увлажненной части, ближе к водной поверхности оз. Байкал, они сменяются лугово-болотной травяно-осоковой растительностью.

Наряду с природными факторами специфика современных условий функционирования долинных комплексов р. Голоустной обусловлена длительным периодом освоения, интенсификация которого была положена во второй половине XVII в. вследствие заселения территории русскими поселенцами. Формирование структуры землепользования в начальный период мало определялось ландшафтной структурой. Главными факторами были выгодное географическое положение, а также морфология рельефа, позволившая осуществлять перевозку грузов по долине р. Голоустной из г. Иркутска через оз. Байкал в Забайкалье и в обратном направлении [Семенов и др., 1895; Большое Голоустное..., 2018]. Поэтому первыми русскими поселениями в устье реки были таможенная застава и пункты, обслуживающие грузоперевозки. Население их соседствовало с бурятским и тунгусским народами, которые занимались охотой, рыболовством и собирательством. Возросшая численность населения, занятого на транзитных пунктах, потребовала создания собственной продовольственной базы, в результате чего на боковых наклонных шлейфах предгорной наклонной равнины начали появляться пашенные угодья.

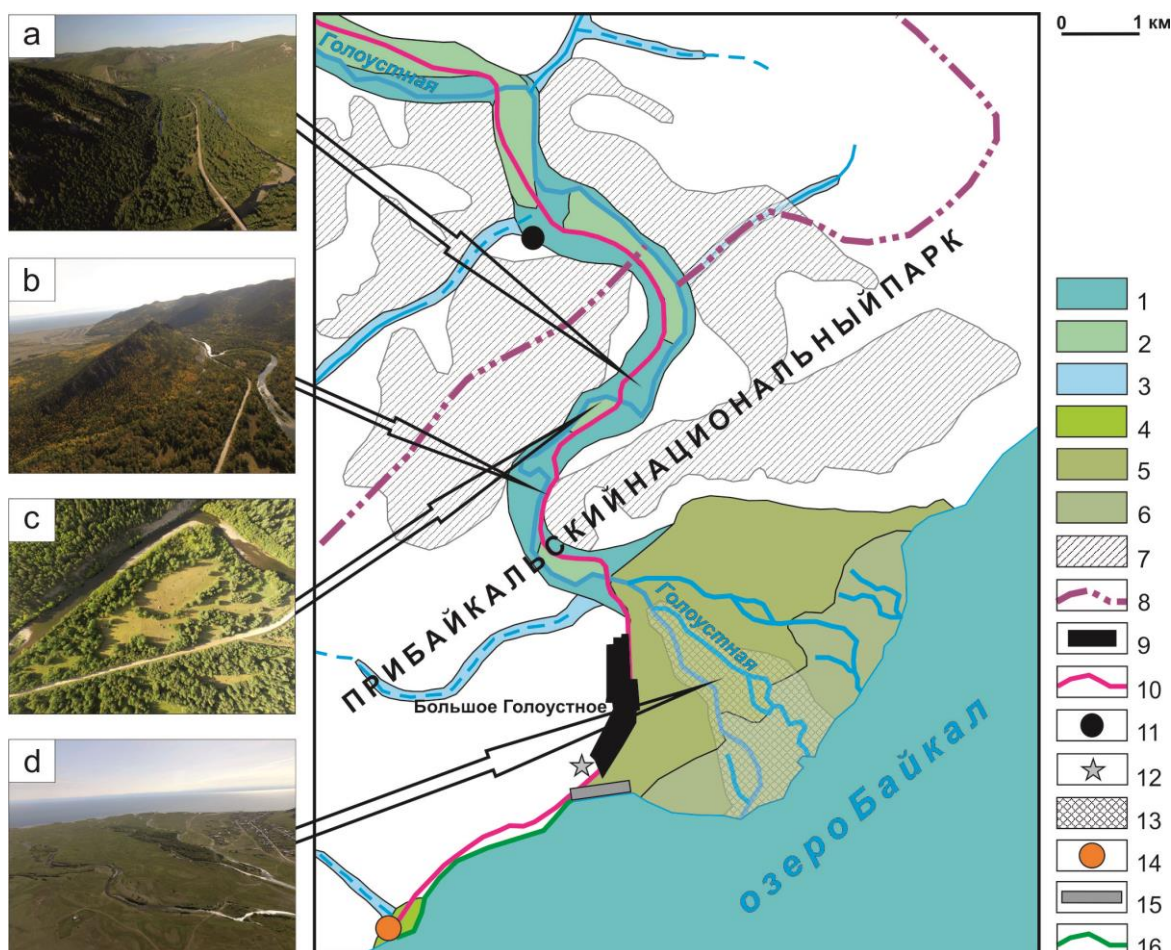


Рис. 1. Долинные ландшафтные комплексы бассейна р. Голоустной: а, б – долина реки и окружающие ее склоны Приморского хребта; с – сенокосные угодья в долине реки; д – дельта р. Голоустной с находящейся вдоль одной из проток тополевой рощей (фото С.А. Макарова); 1–16 (см. легенду)

Fig. 1. Valley landscape complexes of the Goloustnaya river basin: а, б – the valley of river and the surrounding slopes of the Primorsky ridge; с – grasslands in the valley; д – the Goloustnaya river delta with poplar grove located along one of the channels (photo by S.A. Makarov); 1–16 (see legend)

Долинные ландшафты бассейна р. Голоустной

Подгорных наклонных равнин Приморского хребта сосновые остепнённые:

1 – пойменные сосново-лиственнично-березовые с ивой крупнотравные на аллювиальных и луговых почвах;

2 – пойменные и надпойменных террас луговые разнотравные на луговых, аллювиальных и дерновых лесных почвах, используемые под сенокосение;

3 – глубоко врезаемых долин лиственнично-сосново-березовые разнотравные на аллювиальных почвах.

Конусов выноса подгорных равнин Приморского хребта степные

4 – конуса выноса остепнённые разнотравные луга на каштановых почвах;

5 – дельтовой равнины степные разнотравно-злаковые на луговых почвах, подверженные выпасу скота;

6 – дельтовой равнины лугово-болотные травяно-осоковые на луговых почвах.

Современная природно-хозяйственная ситуация

7 – территории, подвергнутые лесным пожарам в мае 2019 г.;

8 – граница Прибайкальского национального парка;

9 – населенные пункты;

10 – автомобильная дорога;

11 – свалка;

12 – кладбище.

Планируемые к размещению объекты хозяйственно-бытовой инфраструктуры:

13 – ландшафтный парк;

14 – Байкальский международный научно-образовательный центр инновационного развития человека;

15 – причальный комплекс;

16 – эко-набережная.

Разнотравно-злаковые степи дельты служили естественными пастбищами. Аборигенным населением в долине р. Голоустной и ее притокам были обустроены летние стойбища и промышленные балаганы [Патканов, 1906, 1912; Семенов и др., 1895].

На склонах долин осуществлялась вырубка лесов для удовлетворения населения в дровяных и строительных материалах; образовались сенокосные угодья. Расширение сети гужевых дорог, связавших поселения с промысловыми угодьями, также усилило нагрузку на долинные комплексы, вдоль которых те были проложены.

Обслуживание грузоперевозок и ведение натурального хозяйства оставались основными занятиями населения вплоть до 30-х гг. XX в. После развития в этот период коллективных форм хозяйствования здесь были созданы промыслово-охотоведческая и промыслово-рыболовная артели, объединенные позднее в колхоз, на полях которого выращивали зерновые [Село Большое Голоустное..., 2018]. Позднее, в связи с развитием лесной промышленности после перебазирования сюда в 1949 г. крупного лесозаготовительного предприятия, колхоз был упразднен. Занятость населения была обеспечена осуществлением лесосплавной деятельности. После её прекращения вывоз леса осуществлялся исключительно автотранспортом, что привело к созданию густой сети дорог.

Проведение вышеназванных мероприятий негативным образом отразилось на ландшафтной обстановке. В результате пожаров, увеличению числа которых способствовали лесоразработки, расширились площади вторичных мелколиственных лесов. Лугово-долинные комплексы р. Голоустной были подвергнуты молевому сплаву, а также продолжали испытывать нагрузку со стороны сельскохозяйственных мероприятий, интенсивность которых увеличилась в связи с потребностями возросшего числа жителей района.

После образования в 1986 г. Прибайкальского национального парка, в границы которого вошла исследуемая территория, рубки главного пользования были запрещены. По мере сокращения объемов лесозаготовок численность населения пос. Бол. Голоустное уменьшалась почти в 1,7 раза [Экологически ориентированное..., 1997]. В настоящее время жители заняты в основном на предприятиях бюджетной сферы. Сельскохозяйственная деятельность осуществляется за счет содержания личных подсобных хозяйств; пастбищно-сенокосные угодья расположены в долине и дельте р. Голоустной (см. рис. 1). С развитием дорожной сети и улучшением покрытия трассы Иркутск – Бол. Голоустное, проходящей вдоль речных долин, частыми становятся мероприятия по добыче грунтов для ремонта автодорог. В устьевой части активно развивается рекреационная деятельность с обустройством на побережье оз. Байкал туристических баз и гостевых домов.

Таким образом, современный период природопользования характеризуется снижением масштабов промышленного освоения, что связано, в первую очередь, с осуществлением природоохранных мероприятий в пределах Прибайкальского национального парка. Однако, несмотря на предпринимаемые меры, в нынешних условиях природопользования на первый план выходят экологические проблемы, требующие оперативного решения с целью недопущения развития неблагоприятных последствий для уникальных ландшафтов бассейна оз. Байкал. К их числу относятся отрицательные моменты осуществления рекреационной деятельности, загрязнение биотических компонентов геосистем в отсутствии мер по обращению с отходами, а также риск возникновения пожаров.



Более всего природные комплексы ключевого участка испытывают нагрузку со стороны туристической отрасли и последствий ее функционирования. Эстетически привлекательные ландшафты побережья оз. Байкал на протяжении многих десятилетий являются местами паломничества отдыхающих. Еще во времена отсутствия здесь организованных пунктов приема туристов прибрежные территории служили местом локализации палаточных стоянок, возле которых концентрация автотранспорта в выходные дни достигала 150 единиц [Экологически ориентированное..., 1997]. В настоящее время более 72 % площади пос. Бол. Голоустное приходится на ландшафтно-рекреационные территории, где насчитывается около 27 баз отдыха и турбаз [Голоустненское муниципальное..., 2019].

В 2007 г. было принято решение о развитии в дельте р. Голоустной зоны туристско-рекреационного типа «Ворота Байкала», где предполагалось создание курорта международного уровня с ежегодным потоком туристов в 90 тыс. чел. [«Ворота Байкала»..., 2019]. Однако проект не получил своей реализации из-за малой перспективности в виду суровых климатических условий, что сокращает комфортный туристический сезон до трёх летних месяцев, а малоснежье является малопривлекательным фактором развития зимнего отдыха. На ближайшее время в окрестностях посёлка предусмотрено формирование площадок для развития культурно-познавательного и экологического туризма с созданием Байкальского инновационного центра [Федеральные целевые..., 2019; Голоустнинское муниципальное..., 2019].

Основной негативный момент осуществления рекреационных мероприятий обусловлен последствиями деятельности неорганизованных и неконтролируемых отдыхающих, в результате чего снижается естественное видовое биоразнообразие, угнетается древостой, происходит нарушение наземного покрова. Проведение троп сказывается на уплотнении и разрушении дернового горизонта почв. Наблюдается захламливание и вытаптывание. В свою очередь туризм, несущий отрицательный потенциал воздействия на окружающую среду, в случае усиления процессов деградации уникальных байкальских ландшафтов, делающих саму эту отрасль рентабельной, приведет к снижению потока отдыхающих, что подтверждается рядом примеров мировой практики [Aktasa et al., 2019; Rojas-Caldelas et al., 2014; Sender, Maslanko, 2018]. В нашем случае очевидным является риск уничтожения уникального объекта в дельте р. Голоустной – массива старовозрастного тополиного (*Populus suaveolens*) леса, единственного на западном берегу оз. Байкал (см. рис., d). Под пологом деревьев, возраст которых порой достигает 300 лет, сохранились редкие виды растений, например, фиалка Патрэна (*Viola patrmii*), а также овсяница дальневосточная (*Festuca extremiorientalis*) и ирис кроваво-красный (*Iris sanguinea*) [Рябцев, Турута, 2003].

Роща, расположенная между двух протоков дельты, является местом организации пикникового досуга, что зачастую приводит к уничтожению насаждений при обустройстве кострищ. Проблемой является заезд по бездорожью на автотранспорте, что препятствует распространению тополевого подроста. Беспрепятственно пасущийся скот уничтожает травяной покров, среди которого, как отмечено выше, встречаются редкие виды. И единственным способом сохранения реликтовой рощи является восстановление охранного статуса Прибайкальского национального парка, которого была лишена территория посёлка при создании особой экономической зоны «Ворота Байкала».

Злободневной экологической проблемой является отсутствие мер по обращению с твердыми бытовыми отходами (ТБО), что способствует увеличению уровня загрязнения компонентов геосистем нижнего течения р. Голоустной. В пос. Бол. Голоустное не разработаны схемы очистки территории, отсутствуют контейнеры для сбора и временного хранения мусора, из-за чего создаются условия для захламливания участков вдоль автодороги, а также на территориях домовладений. Увеличению количества образующихся отходов способствуют возведение и функционирование гостиничных объектов и баз отдыха. Большая часть мусора сконцентрирована на несанкционированных свалках в водоохранных зонах побережья оз. Байкал.

Твердые бытовые отходы вывозятся и складываются в 11 км от посёлка на полигоне ТБО, организованном на месте бывшего карьера [Голоустнинское муниципальное..., 2019]. Муниципалитет с трудом справляется с проблемой вывоза отходов, так как материальная база ЖКХ рассчитана только на постоянно проживающее население, не учитывает постоянно увеличивающийся поток рекреантов. И в настоящее время только ежегодные благотворительные экологические акции по очистке берегов озера способствуют поддержанию чистоты, а также экологически воспитанные отдыхающие, увозящие мусор с собой. В рамках различных проектов по сохранению оз. Байкал предусмотрена ликвидация существующих свалок в пределах всего Голоустненского муниципального образования с организацией на их месте мусороперегрузочных станций с временным хранением ТБО и последующим вывозом на полигон г. Иркутска [Голоустнинское муниципальное..., 2019].

Негативным фактором воздействия на долинные комплексы является осуществление сельскохозяйственной деятельности. Пастбищная дигрессия наиболее интенсивно проявляется на степных участках дельты реки. В качестве выпаса используются и лесные массивы окрестностей посёлка, где также отмечается деградация ландшафтов в результате перевыпаса. Из-за отсутствия скотомогильников сжигание и захоронение домашнего скота и животных осуществляется на полигоне ТБО [Голоустнинское муниципальное..., 2019].

Результаты представленных видов хозяйствования становятся потенциальными источниками загрязнения, как, например, места массового отдыха, располагающиеся в водоохранной зоне и необорудованные туалетами и мусоросборниками. Не решены вопросы регулярного вывоза ТБО из рекреационных зон; на пастбищах и сенокосных угодьях долины образуется значительная масса навоза, мочевины. Из-за отсутствия системы отвода и очистки поверхностного стока водоотвод осуществляется по рельефу местности в реку и оз. Байкал без предварительной очистки. Однако, несмотря на активное хозяйственное освоение, не было отмечено значительных превышений ПДК и ОДК. В почвах зафиксировано превышение содержания Mn, Ni, Cr в 1,2–3,8 раза, связанное с природным происхождением [Гагаринова и др., 2018]. В воде р. Голоустной содержание токсичных элементов не превышает санитарно-гигиенических норм. В норме оказались и бактериологические показатели подземных вод пос. Бол. Голоустное [Воробьева, Власова, 2018].

С учетом проблем, вызванных ежегодно увеличивающимся потоком отдыхающих, и предполагаемым ростом численности населения посёлка, предусмотрено строительство канализационных очистных сооружений, канализационной насосной станции и сетей хозяйственно-бытовой канализации [Голоустнинское муниципальное..., 2019]. Вдоль участков застройки планируется возведение набережной, протяженностью 0,5 км, с организацией закрытой системы ливневой канализации для перехвата поверхностных стоков.

Одна из острейших проблем Байкальского региона – лесные пожары, возникающие в период массового посещения лесов, а также при осуществлении неконтролируемых палов травы. Леса Приморского хребта масштабному проявлению пирогенного фактора были подвергнуты в 2003, 2010, 2014, 2015 и 2019 гг., что привело к угнетению и частичному уничтожению растительности; произошло выгорание подстилки, повреждение дернины, усиление эрозии на склонах долин в результате вывала деревьев и образование ветровальных бугров [Кузьмин, 1998]. Сокращение лесопокрытой площади способствует возможному загрязнению водной среды из-за сноса материала по безлесным крутым склонам, обращенных как к оз. Байкал, так и к притокам р. Голоустной.

В отсутствие путей решения рассмотренных проблем очевидно усиление таких неблагоприятных процессов, как загрязнение поверхностных и подземных вод; изменение морфологических и физико-химических свойств почвенного покрова, снижение его плодородия, уплотнение или разрушение дернового горизонта, нарушение дренажа; снижение биоразнообразия; активизация экзогенных процессов (обвалов, оползней, осыпания, эрозии, аккумуляции, дефляции). Непосредственно в долинных комплексах возможны заболачивание и заочкаривание днища, обеднение видового состава пойменных лугов, пастбищная дигрессия, захламливание отходами.



В целом ландшафты долины р. Голоустной и условия их хозяйственного освоения не только характеризуют современное ландшафтно-экологическое состояние, но и оказывают воздействие на функционирование экосистем смежных районов, в данном случае – территории акватории оз. Байкал. Снижению негативного воздействия может способствовать реализация представленных выше мероприятий по возведению объектов хозяйственно-бытовой инфраструктуры. Однако нередко хозяйственное использование ресурсов усугубляет сложные проблемы сочетания процессов размещения объектов с природоохранными аспектами [Krul, Holyavchuk, 2014; Кравцова, Михайлов, 2017].

Заключение

Проведенный анализ позволил выявить основные факторы развития хозяйственных мероприятий в различные периоды природопользования, а также выделить ряд экологических проблем, требующих первоочередного решения.

В ходе ретроспективного анализа отмечены флуктуационные изменения интенсивности осуществления производственных мероприятий – медленно развиваемый процесс хозяйственного освоения ввиду малой заселенности в период конца XVII – начала XX вв., расширение площади сельскохозяйственных угодий и рост масштабов промышленного освоения лесных ресурсов, начиная с середины XX в. до конца 1980-х годов, и снижение производственной активности с конца прошлого века, что связано с присоединением исследуемого участка к территориям Прибайкальского национального парка. Тем не менее, в настоящее время долинные комплексы также подвержены риску проявления неблагоприятных последствий антропогенного влияния.

Исследуемая территория характеризуется сочетанием в небольших своих пределах уникальных подтаежных светлехвойных и подгорных степных ландшафтных комплексов, соседствующих с акваторией оз. Байкал, что стало основным фактором развития здесь туристической отрасли, кроме которой жители прибрежного пос. Бол. Голоустное заняты сельским хозяйством.

Осуществление рекреационных мероприятий в отсутствие мер по контролю за количеством отдыхающих и беспрепятственным проездом на автотранспорте к эстетически привлекательным ландшафтам несёт огромный риск снижения биоразнообразия вплоть до уничтожения уникальных природных объектов. Ежегодно увеличивающийся поток рекреантов к голоустненскому побережью оз. Байкал обнажил проблему захламления территории, осложняющуюся отсутствием мер по обращению с ТБО.

Замусориванию территории способствуют также последствия осуществления животноводческой деятельности. Кроме этого, выпас скота приводит к пастбищной дигрессии степных участков дельты, а наряду с вытаптыванием и заездом по бездорожью – к дефляции. Развитию неблагоприятных экзогенных процессов способствует обезлесение крутых склонов долин вследствие прохождения лесных пожаров. Выявленные негативные последствия являются поллютантами ряда компонентов геосистем.

Решению возникших проблем может способствовать проведенный ландшафтно-экологический анализ, дополненный исследованиями по выявлению степени устойчивости геосистем нижнего течения бассейна р. Голоустной к антропогенным нагрузкам с определением мероприятий по их снижению.

Список использованных источников

1. Большое Голоустное с давних времен до наших дней. URL: <http://www.web.archive.org/web/20121015041509/http://goloustnoe.ru/> (дата обращения: 22 августа 2018).
2. «Ворота Байкала» сократили в размере. Электронный ресурс. URL: <http://www.m.activatica.org/blogs/view/id/2691/title/vorota-baykala-sokratili-v-razmere> (дата обращения: 10 ноября 2019).
3. Голоустненское муниципальное образование. Электронный ресурс. URL: http://www.goloustnenskoe-mo.ru/sotsialnyie_programmyi (дата обращения: 29 октября 2019).



4. Научно-прикладной справочник по климату СССР. Серия 3. Многолетние данные. Части 1–6. Выпуск 22. Иркутская область и западная часть Бурятской АССР. Ленинград, Гидрометеиздат, 1991.
5. Село Большое Голоустное. Часть 2. Электронный ресурс. URL: <http://www.web.archive.org/web/20130904032851/http://goloustnoe.ru:80/bolshoe2.html> (дата обращения: 22 августа 2018).
6. Федеральные целевые программы России. Электронный ресурс. URL: <https://www.fcp.economy.gov.ru/cgi-bin/cis/fcp.cgi/Fcp/ViewFcp/View/2017/359/> (дата обращения: 11 ноября 2019).
7. Об охране озера Байкал: федеральный закон от 01.05.1999 г. № 94-ФЗ (в редакции от 22.08.2004 г. № 122-ФЗ) // СПС КонсультантПлюс. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_22964/ (дата обращения: 20 сентября 2019).
8. Экологически ориентированное планирование землепользования в Байкальском регионе. Бассейн р. Голоустной. Иркутск – Ганновер, 1997.

Список литературы

1. Абалаков А.Д., Кузьмин В.А., Снытко В.А. 1990. Природная специфика Голоустенского побережья Байкала. География и природные ресурсы, 4: 51–61.
2. Воробьева И.Б., Власова Н.В. 2018. Качество поверхностных и подземных вод населенных пунктов Юго-Западного побережья оз. Байкал. Природа Внутренней Азии, 3 (8): 38–50.
3. Гагаринова О.В., Белозерцева И.А., Воробьева И.Б., Власова Н.В., Янчук М.С., Лопатина Д.Н. 2018. Степень трансформации устьевых областей притоков оз. Байкал. Природа Внутренней Азии, 4 (9): 15–26.
4. Кравцова В.И., Михайлов В.Н. 2017. Антропогенные изменения геосистем современной дельты Хуанхэ. Вестник Московского Университета. География, 2: 33–42.
5. Кузьмин В.А. 1998. Экология, география и свойства почв бассейна р. Голоустной в Прибайкалье. Сибирский экологический журнал, 6 (V): 571–579.
6. Патканов С. 1906. Опыт географии и статистики тунгусских племен Сибири на основании данных переписи населения 1897 г. и др. источников. Тунгусы собственно. Записки Императорского русского географического общества по отделению этнографии, 31 (I-1): 246 с.
7. Патканов С. 1912. Статистические данные, показывающие племенной состав населения Сибири, язык и роды инородцев (на основании данных специальной разработки материала переписи 1897 г.). Иркутская губ., Забайкальская, Амурская, Якутская, Приморская обл. и о. Сахалин. Записки Императорского русского географического общества по отделению статистики, 11 (3): 378 с.
8. Рябцев В.В., Турута А.Е. 2003. Сохранение биоразнообразия Байкальских степей: опыт Прибайкальского национального парка. Электронный ресурс. URL: <http://www.orenpiroda.ru/steppe/sim2003> (дата обращения: 10 ноября 2019).
9. Семенов П.П., Черский И.Д., Петц Г.Г. 1895. Землеведение Азии Карла Риттера. География стран, входящих в состав Азиатской России или пограничных с нею. Восточная Сибирь, озеро Байкал и Прибайкальские страны, Забайкалье и степь Гоби. Часть II. Санкт-Петербург, 630 с.
10. Aktasa S., Ylmazb A., Othmanc N. 2019. Views on the effects of nature-based tourism activities on the environment: the case of Fairy Chimneys tourism region (Turkey). Journal of tourism, leisure and hospitality, 1 (1): 35–42.
11. Krul V., Holyavchuk D. 2014. Landscape recreational resources assessment. current situation and prospects (on the example of river-valley landscapes). Journal of settlements and spatial planning, 5 (1): 61–66.
12. Rojas-Caldelas R., Leyva-Camacho O., Pena-Salmon C., Corona-Zambrano E., Arias-Vallejo A. 2014. Qualitative assessment of the Mexicali valley landscape: residents and non-residents. The sustainable city 9 (1): 141–150.
13. Sender J., Maslanko W. 2018. Natural values of the urban river valley and the possibilities of its development – Bystrzyca river valley study case (Poland). Transylvanian review of systematical and ecological research, 20 (2): 85–102.

References

1. Abalakov A.D., Kuz'min V.A., Snytko V.A. 1990. The nature of the Goloustensky coast of Lake Baikal. Geography and natural resources, 4: 51–61. (in Russian)



2. Vorob'yeva I.B., Vlasova N.V. 2018. Quality of surface and groundwaters of settlements of the South-West coast of Lake Baikal. The nature of Inner Asia, 3 (8): 38–50. (in Russian)
3. Gagarinova O.V., Belozertseva I.A., Vorob'yeva I.B., Vlasova N.V., Yanchuk M.S., Lopatina D.N. 2018. The degree of transformation of the estuarine areas of the tributaries of Lake Baikal. The nature of Inner Asia, 4 (9): 15–26. (in Russian)
4. Kravtsova V.I., Mikhaylov V.N. 2017. Anthropogenic changes in the geosystems of the modern Yellow River Delta. Bulletin of Moscow University. Geography, 2: 33–42. (in Russian)
5. Kuz'min V.A. 1998. Ecology, geography and soil properties of the Goloustnaya river basin in the Baikal region. Siberian Journal of Ecology, 6 (V): 571–579. (in Russian)
6. Patkanov S. 1906. Opyt geografii i statistiki tungusskikh plemen Sibiri na osnovanii dannykh perepisi naseleniya 1897 g. i dr. istochnikov [The experience of geography and statistics of the Tungus tribes of Siberia based on census data from 1897 and other sources]. Tungus proper. Notes by the Imperial Russian Geographical Society for the Department of Ethnography, 31 (I-1): 246.
7. Patkanov S. 1912. Statisticheskiye daniye. pokazyvayushchiye plemennoy sostav naseleniya Sibiri. yazyk i rody inorodtsev (na osnovanii dannykh spetsialnoy razrabotki materiala perepisi 1897 g.) [Statistical data showing the tribal composition of the Siberian population, language and clans of foreigners (based on data from a special development of the census material of 1897)]. Irkutsk province, Transbaikalia, Amur, Yakut, Primorsky regions and the island of Sakhalin. Notes by the Imperial Russian Geographical Society for the Department of Statistics, 11 (3): 378 p.
8. Ryabtsev V.V., Turuta A.E. 2003. Conservation of biodiversity of the Baikal steppes: experience of the Baikal National Park. Available at: <http://www.orenpriroda.ru/steppene/sim2003> (accessed 10 November 2019). (in Russian)
9. Semenov P.P., Chersky I.D., Petts G.G. 1895. Geografiya stran, vkhodyashchikh v sostav Aziatskoy Rossii ili pogranichnykh s neyu. Vostochnaya Sibir', ozero Baykal i Pribaykal'skiye strany, Zabaykal'ye i step' Gobi. Chast' II. [Geography of Asia by Carl Ritter. The geography of countries that are part of Asian Russia or bordering with it. Eastern Siberia, Lake Baikal and the Baikal countries, Transbaikalia and the Gobi steppe. Part II]. St. Petersburg, 630 p.
10. Aktasa S., Ylmazb A., Othman N. 2019. Views on the effects of nature-based tourism activities on the environment: the case of Fairy Chimneys tourism region (Turkey). Journal of tourism, leisure and hospitality, 1 (1): 35–42.
11. Krul V., Holyavchuk D. 2014. Landscape recreational resources assessment. current situation and prospects (on the example of river-valley landscapes). Journal of settlements and spatial planning, 5 (1): 61–66.
12. Rojas-Caldelas R., Leyva-Camacho O., Pena-Salmon C., Corona-Zambrano E., Arias-Vallejo A. 2014. Qualitative assessment of the Mexicali valley landscape: residents and non-residents. The sustainable city 9 (1): 141–150.
13. Sender J., Maslanko W. 2018. Natural values of the urban river valley and the possibilities of its development – Bystrzyca river valley study case (Poland). Transylvanian review of systematical and ecological research, 20 (2): 85–102.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

Атутова Ж.В., кандидат географических наук, старший научный сотрудник лаборатории геоморфологии Института географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, г. Иркутск, Россия

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Zhanna V. Atutova, candidate of geographical Sciences, senior researcher of the laboratory of geomorphology of the Institute of geography V.B. Sochava Institute of Geography SB RAS, Irkutsk, Russia

УДК 502.7(2):581.526.53(477.62)

DOI

Пространственная структура степных и лесопокрытых участков в Шахтерском районе Донецкой Народной Республики

А.А. Блэкберн, А.Л. Золотой

Государственное учреждение «Донецкий ботанический сад»,
Донецкая Народная Республика, 83059, г. Донецк, пр. Ильича, 110
E-mail: blackburn.fox@mail.ru, andreyzolotoy08@mail.ru

Аннотация. С целью выявления приоритетных частей Донецкого региона для формирования региональной экологической сети дается оценка пространственной структуры взаимного расположения двух основных типов его природных территорий – степных и лесопокрытых участков в границах Шахтерского административного района. Вся территория района, разбитая равномерно на квадраты (7×7 км), оценивалась с точки зрения соотношения в них площадей степных и лесопокрытых территорий. Анализ распределения квадратов по площадям степных и лесных участков показал в целом преобладание квадратов с большим участием степных участков, что подтверждает «степной» характер этой части региона. Анализ распределения квадратов по диапазону площадей соответственно степных, лесных и совокупности степных и лесных участков показал, что на территории Шахтерского района для степных участков преобладают квадраты с малыми и большими размерными диапазонами, для лесных участков, напротив, преобладают квадраты с малым размерным диапазоном. Для совокупности степных и лесопокрытых территорий количество квадратов экспоненциально растет с увеличением их размерного диапазона и резко падает только для размерных участков, превышающих 2000 га. Географический анализ показал, что в целом квадраты с большими диапазонами природных территорий преобладают на периферийных частях района, особенно в восточной его части.

Ключевые слова: Шахтерский район Донецкой области (ДНР), степные и лесопокрытые участки, пространственная структура, экологическая сеть, площадь природных территорий.

Для цитирования: Блэкберн А.А., Золотой А.Л. 2020. Пространственная структура степных и лесопокрытых участков в Шахтерском районе Донецкой Народной Республики. Региональные геосистемы, 44(1): 85–96. DOI:

Spatial structure of steppe and forest-covered areas in the Shakhtersk district of the Donetsk People's Republic

Andrey A. Blackburn, Andrey L. Zolotoi

Public Institution «Donetsk Botanical Garden»,
110 Ilichev Ave., Donetsk, 83059, Donetsk People's Republic
E-mail: blackburn.fox@mail.ru, andreyzolotoy08@mail.ru

Abstract. In order to identify priority parts of the Donetsk region for the formation of a regional ecological network, an assessment is given of the spatial structure of the mutual arrangement of the two main types of its natural territories – steppe and forested areas within the boundaries of the Shakhtersk administrative region. The entire territory of the region, divided evenly into square areas (sized 7×7 km), was evaluated from the viewpoint of the ratio of steppe and forest-covered areas within them. A cluster analysis of the distribution of square areas over the steppe and forest sites, given the general ambiguity of the pattern of grouping squares by these parameters, demonstrate the overall prevalence of squares with a large participation of steppe plots, which confirms the «steppe» character of this part of the region. Analysis of the distribution of squares over the size range of steppe, forest areas, and the total of steppe



and forest plots show that squares with small and large size ranges predominate for steppe plots; squares with a small size range predominate for forest plots in the Shakhtersk region. For a total of steppe and forest-covered territories, the number of squares exponentially increases with an increase in their size range and decreases sharply only for size areas exceeding 2000 ha. Geographic analysis indicates that, in general, squares with large ranges of natural territories prevail in the peripheral parts of the region, especially in its eastern part. The squares with a significant predominance of steppe sites are located mainly on the peripheral parts of the Shakhtersky district – in the western and southwestern, south and especially in its eastern part. Squares with a significant predominance of forest areas (mainly large forests) predominate mainly in the transition zone between the center and the eastern part of the district, as well as in the south and east of this district. All this testifies to the high ecological network potential of the Shakhtersky district, since sections of its territory with an increased concentration of both steppe and forest areas should undoubtedly enter the structure of the ecological network of the entire region.

Keywords: Shakhtersk district of the Donetsk region (DPR), steppe and forest-covered areas, spatial structure, ecological network, square of natural territories.

For citation: Blackburn A.A., Zolotoi A.L. 2020. Spatial structure of steppe and forest-covered areas in the Shakhtersk district of the Donetsk People's Republic. *Regional Geosystems*, 44(1): 85–96. DOI:

Введение

Экосетевая парадигма сохранения природного разнообразия биосферы предполагает, прежде всего, определенную оценку этого разнообразия. Одним из важнейших видов такой оценки является оценка пространственной структуры экологического (природного) каркаса той или иной территории, в зависимости от размера которой определяется сам масштаб этой оценки.

Начавшись с континентального и субконтинентального уровня [Bennett, 1991; Van Opstal, 2000; Bennett, Wit, 2001; Елизаров, 2008], экосетевой подход распространился затем на региональный [Брылев, Рябинина, 2000; Паженов и др., 2005; Панченко, Дюкарев, 2010; Михно и др., 2018] и субрегиональный [Травлеев и др., 2005; Блэкберн, Синельников, 2006; Сидоренко, Юнина, 2018] уровни, а затем на местные и локальные уровни территориального подразделения [Блэкберн, 2013; Калманова, 2016].

Немаловажным вопросом в планировании и формировании экологических сетей является определение приоритетности в выборе тех или иных природных и квазиприродных территорий (и акваторий) в качестве их структурных частей, исходя из иерархического уровня самой экологической сети (или ее части), экологической (среодообразующей, природоохранной) и социально-экономической значимости конкретной территории и ее места в общей структуре пространства.

В этом плане актуальным является правильный выбор типов (видов) природных территорий в качестве структурных компонентов экосети, исходя прежде всего из региональных (субрегиональных) особенностей их взаимного расположения, так как именно на региональном уровне наиболее полно проявляются их взаимодействия и влияние друг на друга [Гришко, 2014].

В условиях Донецкого региона (Донбасса) в аспекте охраны природы и отдельных природных комплексов одной из важных проблем является взаимодействие двух основных типов природных сообществ – степной и лесной растительности. Находясь в северо-степной подзоне степной ландшафтной зоны [Маринич, Шищенко, 2006], Донбасс из-за азональных особенностей своей ландшафтной структуры (геоморфологической возвышенности Донецкого кряжа и широкой долины крупнейшей реки региона Северского Донца) имеет сложную мозаичную структуру пространственного расположения степных и лесопокрываемых территорий, существенно трансформированную из-за антропогенного на них воздействия.

Вопросам взаимодействия степной и лесной растительности, или более широко – степей и лесов как биомных комплексов, посвящено немало научных исследований [Авдеев, 2008; Янтранова и др., 2008; Гришко, 2014; Золотарева, Золотарев, 2016; Малышева, 2018]. С точки зрения включения их как типов природных территорий в региональную экологическую сеть актуальными являются вопросы как об их пространственном соотношении на уровне отдельных степных и лесопокрытых участков на территории региона, так и выявление наиболее значимых территориальных его подразделений, имеющих наибольшую плотность таких участков.

В одной из прошлых своих публикаций нами была проведена общая количественная оценка степных и лесопокрытых участков на территории Шахтерского административного района Донецкой Народной Республики в перспективе их включения в региональную экологическую сеть [Блакберн, Золотой, 2019]. В настоящей работе дается оценка пространственной структуры этих участков с точки зрения приоритетности включения их в экологическую сеть региона. В этой связи актуальной является проблема выбора частей региона с повышенной концентрацией этих двух типов природных территорий. Кроме того, немаловажной также является общая оценка взаимного пространственного расположения степных и лесопокрытых участков в аспекте характеристики всей его ландшафтной структуры.

Целью данного исследования является оценка пространственной структуры Шахтерского административного района с точки зрения взаимного расположения степных и лесопокрытых участков в перспективе выбора приоритетных его частей в качестве каркасных ядер будущей экологической сети региона.

Исходя из цели были поставлены следующие задачи:

- выявить общую картину пространственного расположения степных и лесопокрытых участков на территории района;
- определить характер их взаимного расположения путем объединения в кластеры по признаку соотношения их площадей;
- провести анализ пространственного размещения степных и лесопокрытых участков по квадратам территории района и на основе этого определить наиболее приоритетные из них для формирования региональной экологической сети.

Объект и методы исследований

Объектами исследования являются два типа природных территорий, наиболее распространенных в ландшафтной структуре Донбасса – степные и лесные (лесопокрытые) участки Шахтерского административного района, находящегося на востоке Донецкой Народной Республики (ДНР).

Шахтерский район был взят в качестве пилотного проекта для пространственной оценки его ландшафтной структуры и выбора приоритетных его участков для формирования экологической сети региона. Расположенный на юго-западном макросклоне Донецкого кряжа, Шахтерский район иллюстрирует собой типичную для Донбасса картину сильной фрагментации природных территорий среди преобладающего антропогенно трансформированного ландшафта. Для более четкой интерпретации пространственной структуры природных участков района вся его территория была нами поделена на сетку квадратов со стороной 7 км (оптимально выбранной программой QGIS 3.4.1). В пределах каждого квадрата определялись площади степных и лесопокрытых участков как по отдельности, так и их совокупности как единых природных (квазиприродных) территорий.

Под степными участками на данном этапе исследования нами были приняты все участки территории района с естественным, преимущественно травяным покровом без дальнейшей их дифференциации на подтипы, классы и пр., как природного (настоящие, луговые, кустарниковые, петрофитные, псаммофитные степи и обнажения каменистых пород, и нарушенные без трансформации исходного типа растительности), так и антропо-

генного (залежи на месте заброшенных полей в различной степени их восстановительной сукцессии и сбитые пастбища) происхождения.

Лесные участки также определялись как лесопокрытые территории (либо с существенным преобладанием лесной растительности) независимо от их происхождения, конфигурации, типов и подтипов леса или древесно-кустарниковых насаждений.

Для определения этих типов территорий был применён метод их выделения и оконтуривания на космоснимках Sentinel-2, визуально определяемых по цвету и текстуре изображения как степные или лесные с последующим анализом их пространственной структуры с помощью компьютерной программы QGIS 3.4.1 [QGIS Development Team, 2019].

Оценка пространственной сопряженности степных и лесных участков проводилась с помощью иерархического кластерного анализа (в качестве меры расстояния использовалось Евклидово расстояние, а для объединения кластеров использовались метод полной связи и метод Уорда), на основе которого производилась группировка квадратов с различным соотношением площадей степных и лесных участков [Ершов, Романова, 2016].

Результаты исследования и их обсуждение

Пространственное размещение степных и лесных участков в пределах Шахтерского района приведено на рис. 1. Сетка квадратов (7х7 км) на рисунке имеет буквенно-цифровую координатную привязку, обозначенную латинскими буквами и арабскими цифрами.

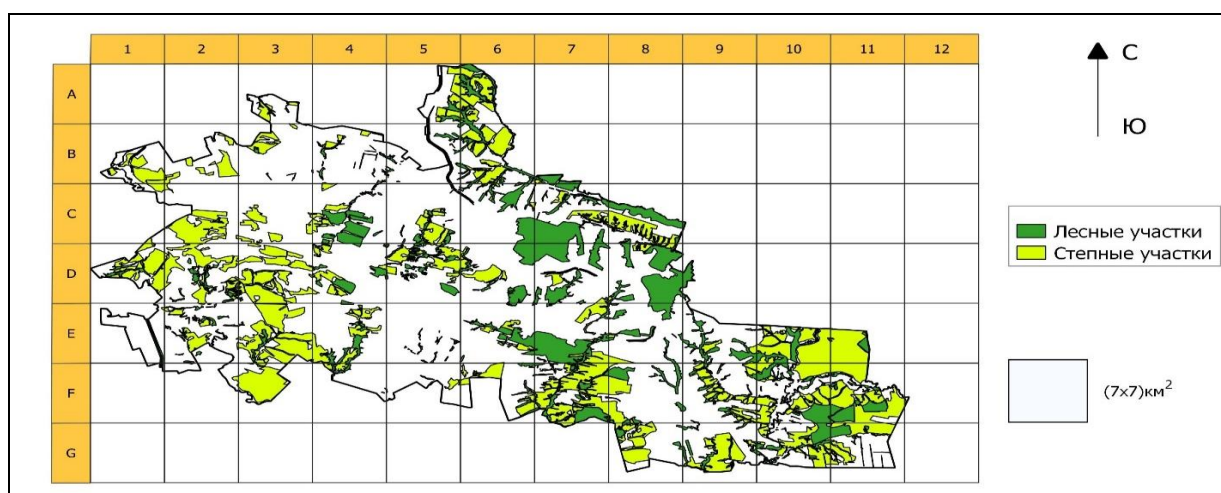


Рис. 1. Картосхема размещения степных и лесных участков в Шахтерском районе

Fig. 1. Map of the placement of steppe and forest areas in the Shakhtersk district

Всего на территории Шахтерского района нами были определены как степные – 226 участков, общей площадью 34 591,97 га (20,7 % площади района), со средней площадью 153,06 га. Лесных участков в Шахтерском районе нами выявлено 708, общей площадью 21 713,19 га (13,0 % площади района), со средней площадью 30,67 га.

Таким образом, доля степных территорий в Шахтерском районе по площади существенно (в 1,6 раза) превышает лесные, что, собственно, вполне соответствует структуре северостепного ландшафта, даже в случае «лесостепного» его варианта в условиях Донецкого кряжа.

О характере взаимного пространственного расположения степных и лесных участков можно судить по диаграмме рассеяния значений квадратов сетки территории Шахтерского района по соотношению площадей вышеуказанных участков (рис. 2).

Из 56 квадратов (точек рассеяния), расположенных в районе, 33 (59 %) находятся на его половине (справа от линии диагонали квадрата диаграммы), где находятся квадраты с преобладанием степных участков, 4 квадрата (7 %) на линии диагонали и 19 квадратов (34 %) на половине диаграммы с квадратами с преобладанием лесных участков.

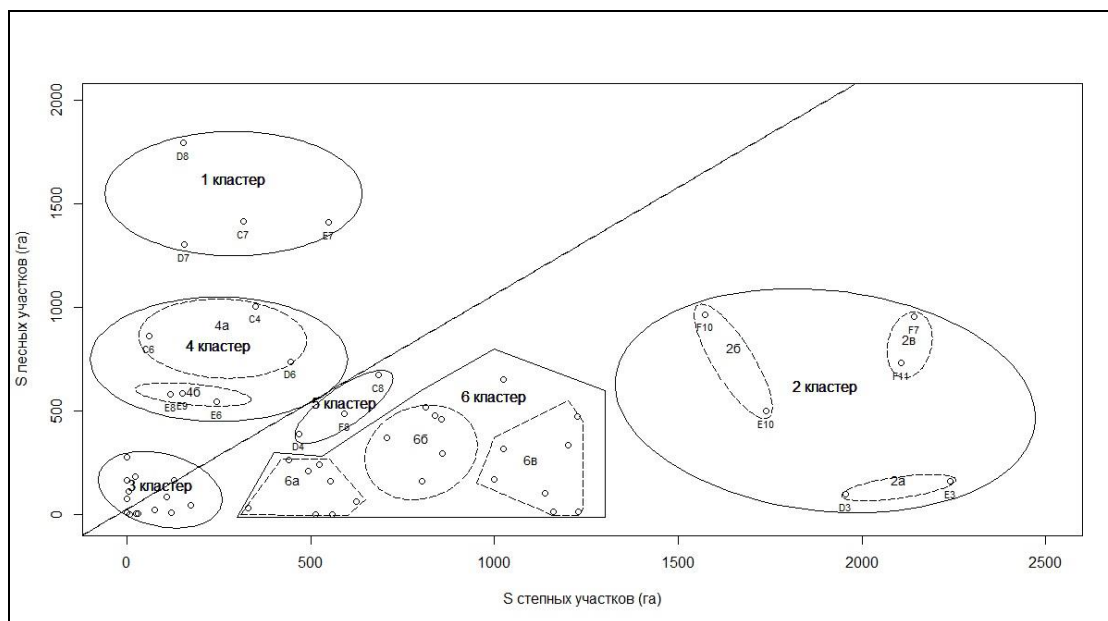


Рис. 2. Диаграмма рассеяния значений квадратов Шахтерского района по площадям степных и лесных участков

Fig. 2. Scatter plot of the values of the squares of the Shakhtersk district by the steppe and forest areas

Кластерный анализ позволил разбить все квадраты диаграммы на 5–6 кластеров, дифференцированных по соотношению площадей степных и лесных участков (рис. 3). Оба метода кластерного анализа позволяют выделить достаточно четко только два кластера с диаметрально противоположным соотношением площадей степных и лесных участков: 1-й кластер с существенным преобладанием лесных участков над степными (квадраты С₇, D₇, D₈, E₇), 2-й кластер с существенным преобладанием степных участков над лесными (квадраты D₃, E₃, E₁₀, F₇, F₁₀, F₁₁). Вся остальная совокупность квадратов (точек рассеяния) разбивается в зависимости от способа кластеризации по-разному, и поэтому мы позволили себе интерпретировать результаты кластеризации исходя из собственной логики видения пространственного размещения точек рассеяния (см. рис. 2). Всю совокупность квадратов (точек рассеяния) мы разбили на шесть кластеров:

– 1-й кластер, как и в случае автоматической кластеризации, с квадратами, где лесные участки существенно преобладают над степными, и площади лесных территорий превышают 1 200 га (квадраты С₇, D₇, D₈, E₇);

– 2-й кластер с теми же квадратами, что и в автоматической кластеризации (квадраты D₃, E₃, E₁₀, F₇, F₁₀, F₁₁), где степи значительно преобладают над лесными участками, но при этом мы его разделили на три подкластера – подкластер 2а (квадраты D₃ E₃), где очень крупные степные территории (около 2000 и более га) и небольшие лесные массивы (до 200 га); подкластер 2б – (квадраты E₁₀, F₁₀), где степные участки укладываются в диапазон 1500–1800 га, а лесные от 500 до 1000га; и подкластер 2в (квадраты F₇, F₁₁), где очень крупные степные участки (более 2000 га) и довольно крупные лесные массивы (700–1000 га).

– 3-й кластер – квадраты с примерно одинаковым соотношением степных и лесных участков, но небольших по площади (до 200 га);

– 4-й кластер – квадраты с преобладанием лесных территорий над степными, который также можно разделить на два подкластера: 4а – квадраты с лесными участками, превышающими 700 га (квадраты С₄, С₆ D₆) и 4б – где лесные массивы менее 600 га (квадраты E₈, E₉, E₆);

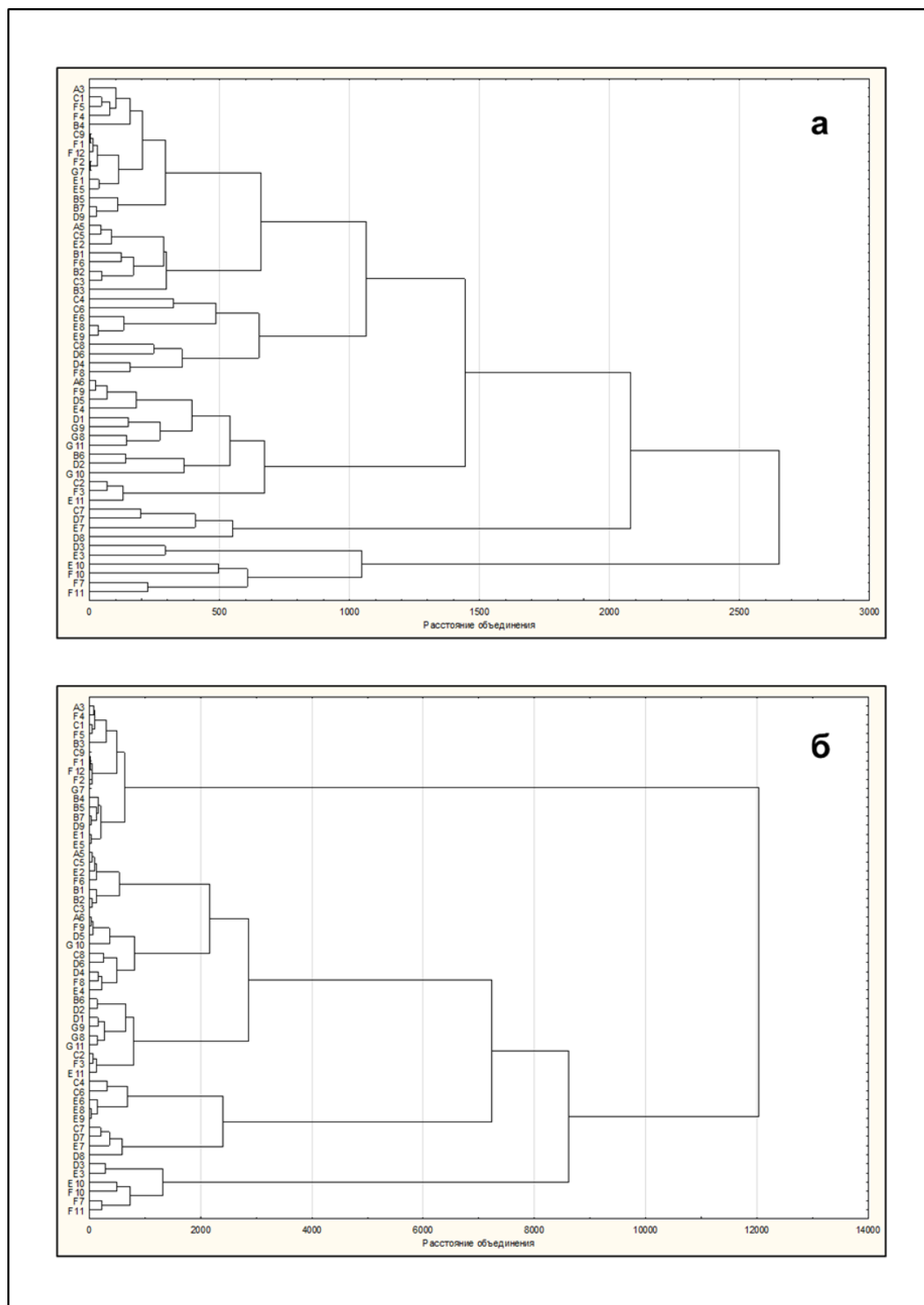


Рис. 3. Дендрограмма кластеризации значений квадратов Шахтерского района по соотношению площадей степных и лесных участков (а – метод полной связи; б – метод Уорда)
 Fig. 3. The dendrogram of clustering the values of the squares of the Shakhtersk district according to the ratio of the areas of steppe and forest areas (a – complete linkage; б – Ward's method)

– 5-й кластер – квадраты с примерно равными площадями степных и лесных участков, но площади которых лежат в размерном диапазоне от 400 до 700 га (квадраты С₈, D₄, F₈);

– 6-й кластер (самый многочисленный) – квадраты, где степные участки преобладают над лесными, который мы разделили на три подкластера: 6а – квадраты с диапазоном степей 300–600 га и лесных участков до 300 га; 6б – квадраты с диапазоном степей от 700 до 900 га и лесов – от 150 до 600 га; и 6в – квадраты с диапазоном степей 1000–1300 га и лесов до 500 га.

Однако простое разбиение квадратов на кластеры, различающиеся по соотношению площадей степных и лесных территорий, само по себе мало что дает для оценки их пространственной структуры. Более информативным в этом плане является количественная оценка распределения их размерных диапазонов по занимаемой площади.

На рис. 4 приводятся диаграммы распределения квадратов по диапазону занимаемых площадей, соответственно степных (а), лесных (б) и суммарно степных и лесных участков (в) в пределах Шахтерского района.

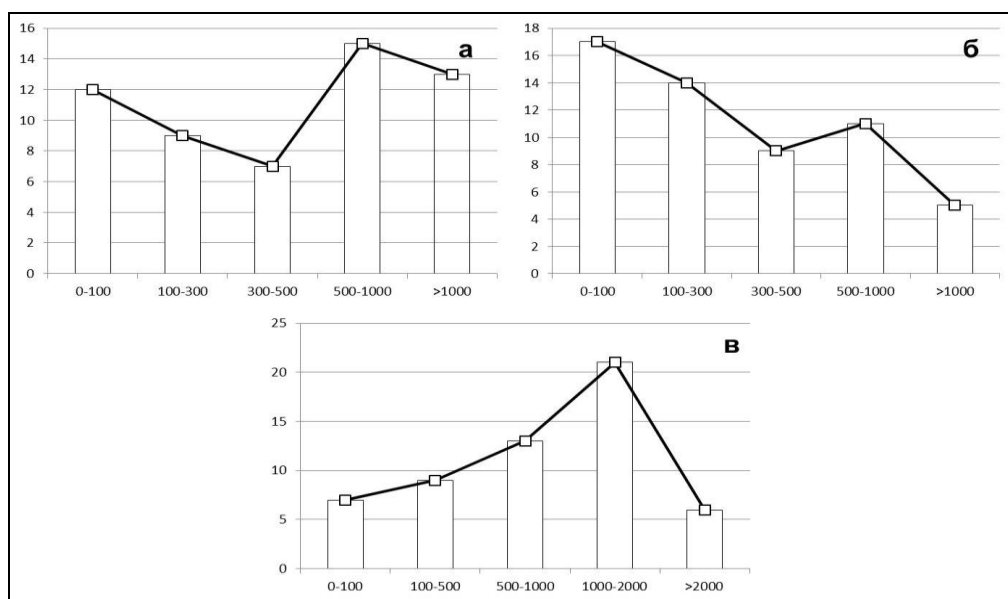


Рис. 4. Диаграммы распределения значений квадратов Шахтерского района по диапазону занимаемых площадей: а – степных участков; б – лесных участков;

в – совокупности степных и лесных участков

Fig. 4. Diagrams of the distribution of the values of the squares of the Shakhtersk district by the range of occupied areas: а – steppe areas; б – forest areas; в – aggregates of steppe and forest areas

Как видно из рис. 4, в распределении степных территорий наименьшее количество квадратов (7 квадратов) имеют средний размерный класс (диапазон площадей 300–500 га). Наибольшее количество квадратов по площадям степных территорий приходится на большие размерные классы: (500–1000 га) – 15 квадратов и (более 1000 га) – 13 квадратов. Малые размерные классы (0–100 га) и (100–300 га) имеют, по 12 и 9 квадратов соответственно.

Напротив, по площадям лесных территорий наибольшее количество приходится на самый малый размерный класс (0–100 га) – 17 квадратов, за ним следует второй размерный класс (100–300 га) – 14 квадратов, средний размерный класс (300–500 га) имеет 9 квадратов, следующий за ним размерный класс (500–1000 га) – 11 квадратов и самый крупный размерный класс (более 1000 га) имеет минимальное количество квадратов – 5.

Таким образом, из количественного распределения квадратов по площадям степных и лесных участков отчетливо видно, что в целом на территории Шахтерского района преобладают крупные и очень крупные степные участки, хотя достаточно много мелких и очень мелких степных участков. Напротив, лесные участки представлены в Шахтерском районе преимущественно небольшими и очень малыми по площади территориями.



С точки зрения включения степных и лесных участков Шахтерского района в экологическую сеть Донецкого региона, приоритет, несомненно, принадлежит первым. Так, среди 10 типов растительности юго-востока Украины выделено 540 формаций и 2 905 ассоциаций растительности [Приходько и др., 2012]. Среди них к степному и петрофитному типам (то есть к степям в широком смысле этого понятия) относятся, 159 и 72 растительных формаций и 1196 и 251 ассоциаций соответственно. К лесному же типу в регионе отнесено 17 растительных формаций и 379 ассоциаций. То есть превышение степных фитоценозов над лесными на уровне растительных формаций составляет 13,6 раза, на уровне ассоциаций – 3,8 раза.

Среди раритетных видов сосудистых растений в регионе 104 вида относятся к петрофильному флороцентипу и 79 видов – к степному. К лесному же типу отнесено только 67 видов сосудистых растений [Остапко и др., 2011]. Здесь также превышение степной раритетной фракции над лесной составляет 2,7 раза.

Тем не менее, главное предназначение экологической сети – сохранение всего биологического и ландшафтного разнообразия всей охватываемой ею территории. Это означает, что для регионов и стран с сильно фрагментированными природными ландшафтами в их экологическую сеть должны входить все сохранившиеся природные и квазиприродные участки не только с климаксовыми и предклимаксовыми биоценозами, но и с переходными типами сообществ. По сути экологическая сеть в этом случае должна представлять собой некий пространственно-временной континуум природных и квазиприродных территорий, отражающий, по возможности, все природное разнообразие региона. И приоритет включения в нее конкретных участков территории должен соответствовать определенной размерной иерархии ее структурных частей: наиболее крупные участки и/или части региона с наибольшей концентрацией мелких и средних по площади участков должны составлять основные каркасные ядра или узлы данной экологической сети [Блакберн, Калинин, 2016]. Поэтому в нашем случае приоритетными для включения в региональную экологическую сеть являются квадраты с наибольшими площадями обоих типов природных территорий – совокупности степных и лесных участков, без учета на данном этапе их биологического и ландшафтного разнообразия.

Диаграмма распределения квадратов территории Шахтерского района по совокупности природных участков (степные + лесные) показывает, что количество квадратов практически экспоненциально возрастает в соответствии с увеличением размерного диапазона площадей их природных участков: в диапазоне площадей 0–100 га – 7 квадратов, в диапазоне 100–500 га – 9 квадратов, в диапазоне 500–1000 га – 13 квадратов и в диапазоне 1000–2000 га – 21 квадрат (самый многочисленный размерный класс!), а затем количество квадратов резко снижается – у самого большого размерного класса (более 2000 га) до минимального значения – 6 квадратов.

Географическое распределение квадратов с диапазонами площадей степных и лесных участков, а также их совокупных площадей в пределах Шахтерского района показывает (рис. 5), что квадраты с высоким содержанием степных территорий сосредоточены в основном в западной, южной и особенно восточной частях района. Квадраты с высокой долей лесных участков концентрируются ближе к центру и особенно в переходной зоне от центра к восточной части района. Квадраты концентрации совокупности степных и лесных участков являются результатом наложения квадратов этих типов территорий, однако показывают собственную картину географического распределения. Квадраты с высокой плотностью совокупности степных и лесных участков сосредоточены в западной, юго-западной, центральной, южной и северо-восточной частях, и особенно их много на крайнем востоке района.

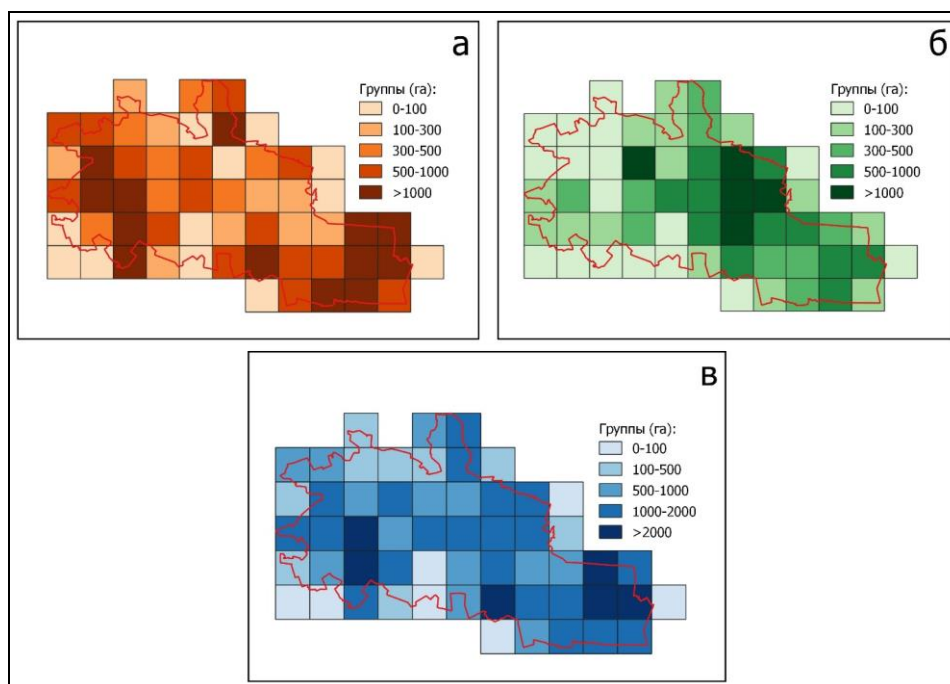


Рис. 5. Географическое распределение квадратов по диапазону площадей степных, лесных и совокупности степных и лесных участков в Шахтерском районе (а – степи; б – леса; в – сумма степей и лесов)

Fig. 5. Geographical distribution of squares by the range of steppe, forest and aggregate steppe and forest areas in the Shakhtersk district (a – steppe; б – forest; в – aggregate steppe and forest)

Заклучение

Характер пространственного распределения степных и лесных участков в Шахтерском районе свидетельствует о принадлежности его территории к степному биомному комплексу, к северостепной его подзоне. Общая площадь степей (34 591,97 га) в районе в 1,6 раза превышает лесопокрытые территории (21 713,19 га), а средняя площадь степных участков (153,06 га) в пять раз превышает таковую для лесных участков (30,67 га). Тем не менее, большое количество отдельных фрагментов лесных участков в различном диапазоне занимаемых площадей показывает высокую степень лесной составляющей в общей структуре ландшафта, что обусловлено, прежде всего, грядчато-холмистым рельефом территории района и, как следствие, «лесостепной» морфологией Донецкого кряжа, а также искусственным происхождением большинства лесных участков в районе.

В целом общее количество отдельных фрагментов как степных (226), так и лесных (708) участков в Шахтерском районе свидетельствует о высокой степени фрагментации этих типов природных территорий. Поэтому для оценки пространственной структуры существующего природного каркаса территории района был использован метод разбиения его на квадраты (7×7 км), которые затем оценивались с точки зрения приоритетности их включения в будущую экологическую сеть региона.

Кластерный анализ квадратов по соотношению в них площадей степных и лесных участков показал довольно сложную для однозначной интерпретации пространственную их структуру, в которой четко можно выделить только два кластера квадратов с существенным преобладанием либо степных, либо лесопокрытых территорий. Остальные квадраты могут группироваться по-разному, в зависимости от метода кластеризации, и занимают по соотношению площадей степных и лесопокрытых территорий промежуточное положение. Тем не менее, существенное преобладание квадратов на диаграмме их распределения на «степной» ее половине также свидетельствует о степном характере всей исследуемой территории.



Количественное распределение квадратов по диапазону занимаемых площадей в отношении степных участков показало преобладание квадратов с малыми и большими диапазонами их площадей, число квадратов со средним диапазоном площадей минимально.

В отношении лесных участков имеет место существенное преобладание квадратов с малыми диапазонами их площадей. Минимальное число квадратов здесь получил самый крупный размерный класс (более 1000 га).

Количественное распределение квадратов по совокупности степных и лесных участков, напротив, показало почти что экспоненциальный их рост по мере увеличения диапазона суммарных площадей степных и лесных участков, достигая своего максимума в диапазоне 1000–2000 га (21 квадрат из 56). Минимальное значение здесь получил самый крупный размерный класс (более 2000 га) – всего 6 квадратов.

Географическое распределение квадратов как для каждого типа природных территорий, так и для их совокупности показало, что квадраты с существенным преобладанием степных участков расположены преимущественно на периферийных частях Шахтерского района – на западной и юго-западной, юге и особенно в восточной его части.

Квадраты с существенным преобладанием лесных участков (главным образом крупных лесных массивов) преобладают в основном в переходной зоне между центром и восточной частью района, а также на юге и востоке района.

По совокупным площадям степных и лесопокрытых участков следует выделить квадраты юга и юго-запада Шахтерского района, центральной части его юга, некоторые квадраты севера и северо-востока и особенно крайний восточный анклав его территории.

Все это свидетельствует о довольно высокой степени сохранности природного каркаса Шахтерского района и, как следствие, высоком экосетевом потенциале его территории. Вне всякого сомнения, квадраты территории района с повышенными значениями площадей степных и лесных участков, а также отдельные крупные массивы степных и лесных участков могут войти в планируемую экологическую сеть региона в качестве основных ее узлов или ядер.

Список литературы

1. Авдеев В.И. 2008. Этапы формирования степных ландшафтов в Евразии. 1. Общие аспекты проблемы. Известия Оренбургского государственного аграрного университета, 2 (18–1): 38–42.
2. Блэкберн А.А. 2013. Структура районных схем экологической сети северной части Донецкой области. Людина та довкілля. Проблеми неоекології, 1–2: 51–56.
3. Блэкберн А.А., Синельщиков Р.Г. 2006. Концептуальные подходы к формированию региональной экологической сети (на примере Донецкой области). Науковий журнал «Заповідна справа в Україні», 12 (1): 3–10.
4. Блэкберн А.А., Калинихин О.Н. 2016. Оценка иерархической структуры локальной экологической сети на основе миграционного потенциала. Науковий журнал «Заповідна справа», 1 (22): 6–15.
5. Блэкберн А.А., Золотой А.Л. 2019. Количественная оценка состава природных территорий (степных и лесных участков) Шахтерского района Донецкой Народной Республики. Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Естественные науки, 43 (3): 276–285.
6. Брылев В.А., Рябина Н.О. 2000. Ландшафтно-экологический каркас Волгоградской области. Вопросы степеведения, 2: 119–124.
7. Гришко С.В. 2014. Историко-географические этапы взаимодействия леса и степи. Геополитика и экогеодинамика регионов, 10 (1): 115–119.
8. Елизаров А.В. 2008. Экологический каркас – стратегия степного природопользования XXI века. Самарская Лука: проблемы региональной и глобальной экологии, 17 (2 (24)): 289–317.
9. Ершов К.С., Романова Т.Н. 2016. Анализ и классификация алгоритмов кластеризации. Новые информационные технологии в автоматизированных системах, 19: 274–297.
10. Золотарева Н.В., Золотарев М.П. 2016. Феномен облесения степных участков на Среднем Урале и его вероятные причины. Экология, 6: 414–425.

11. Калманова В.Б. 2016. Экологический каркас урбанизированных территорий (на примере города Биробиджана). Известия Самарского научного центра Российской академии наук, 18 (2–2): 385–388.
12. Малышева Г.С. 2018. Взаимоотношения леса и степи на Приволжской возвышенности (в порядке дискуссии). Фиторазнообразие Восточной Европы, 12 (2): 170–188.
13. Маринич О.М., Шищенко П.Г. 2006. Фізична географія України: Підручник. К., Т-во «Знання», КОО, 511 с.
14. Михно В.Б., Горбунов А.С., Быковская О.П., Бевс В.Н. 2018. Геосистемный подход к формированию стабилизирующей ландшафтно-экологической сети Центрального Черноземья. Вестник Удмуртского университета. Серия «Биология. Науки о Земле», 28 (1): 64–76.
15. Остапко В.М., Муленкова О.Г., Бойко Г.В., Назаренко Г.С. 2011. Червона книга Донецької області як основа моніторингу раритетної фракції флори. Матеріали XIII з'їзду українського ботанічного товариства. Львів: 222 с.
16. Паженов А.С., Смельянский И.Э., Трофимова Т.А., Карякин И.В. 2005. Экологическая сеть Республики Башкортостан. Canadian International Development Agency, 191 с.
17. Панченко Е.М., Дюкарев А.Г. 2010. Экологический каркас как природоохранная система региона. Вестник Томского государственного университета, 340: 216–221.
18. Приходько С.А., Остапко В.М., Купрюшина Л.В. 2012. Синтаксономічна різноманітність рослинності Південного Сходу України в аспекті синфітосозології. Промышленная ботаника, 12: 53–60.
19. Сидоренко М.В., Юнина В.П. 2018. Роль экологического каркаса в сохранении природных комплексов на примере Нижегородского Поволжья. Материалы международной конференции «Экологические проблемы бассейнов крупных рек», 6: 359–361.
20. Травлев А.П., Белова Н.А., Боговин А.В., Дубина А.А. 2005. Байрачные леса бывшей порожистой части Днепра – составная часть экологической сети юга Украины. Екологія та ноосферологія, 16 (3–4): 75–94.
21. Янтранова Н.В., Сымпилова Д.П., Корсунов В.М. 2008. Эколого-географический анализ контактной зоны тайги и степи Селенгинского среднегорья. География и природные ресурсы, 2: 179–181.
22. Bennett G. (ed.) 1991. Towards a European Ecological Network, EECNET. Arnhem, Institute for European Environmental Policy, 75 p.
23. Bennett G., Wit P. 2001. The development and applications of ecological networks. A review of proposals, plans and programs. Amsterdam, AIDEnvironment, 132 p.
24. QGIS Development Team. 2019. QGIS Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation Project. URL: <http://qgis.osgeo.org>.
25. Van Opstal A.J.F.M. 2000. The architecture of the Pan-European Ecological Network: Suggestions for Concept and Criteria. Wageningen, NL. IKCN. Rapport IKS Natuurbeheer nr., 37, 100 p.

References

1. Avdeyev V.I. 2008. Stages of steppe landscapes formation in Eurasia. General aspects of the problem. Izvestia Orenburg State Agrarian University, 2 (18–1): 38–42. (in Russian)
2. Blackburn A.A. 2013. The structure of district schemes of the ecological network schemes north of Donetsk region. Man and environment. Issues of neoecology, 1–2: 51–56. (in Russian)
3. Blackburn A.A., Sinelshchikov R.G. 2006. Conceptual approaches to formation of regional ecological network (at example of Donetsk region). Nature Reserves in Ukraine, 12 (1): 3–10. (in Russian)
4. Blackburn A.A., Kalinihin O.N. 2016. Evaluation hierarchical structure of local ecological network based on the migration potential. Nature conservation, 1 (22): 6–15. (in Russian)
5. Blackburn A.A., Zolotoi A.L. 2019. Quantitative Estimation of the Composition of Natural Territories (Steppe and Forest Sites) of the Shakhtersk District of Donetsk People's Republic. Belgorod State University Scientific Bulletin. Natural Sciences Series, 43 (3): 276–285. (in Russian)
6. Brylyov V.A., Ryabinina N.O. 2000. Landscape-ecological hackberry of the Volgograd oblast. Questions of steppe science, 2: 119–124. (in Russian)
7. Grishko S.V. 2014. Historical and geographical stages of the interaction of the forest and the steppe. Geopolitics and ecogeodynamics of the regions, 10 (1): 115–119. (in Russian)
8. Elyzarov A.V. 2008. Ecological skeleton – strategy steppe of nature usage of XXI century. Samarskaya Luka: problems of regional and global ecology, 17 (2 (24)): 289–317. (in Russian)



9. Yershov K.S., Romanova T.N. 2016. The analysis and classification of algorithms of clustering. *New information technologies in automated systems*, 19: 274–297. (in Russian)
10. Zolotareva N.V., Zolotarev M.P. 2016. The phenomenon of afforestation to steppe areas in the Middle Urals and its probable causes. *Ecology*, 6: 414–425. (in Russian)
11. Kalmanova V.B. 2016. The ecological framework of the urbanized territories (on the example of Birobidzhan city). *Izvestia of Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences*, 18 (2–2): 385–388. (in Russian)
12. Malysheva G.S. 2018. The relations between the forest and steppe at the Volga upland (as a matter of discussion). *Phytodiversity of Eastern Europe*, 12 (2): 170–188. (in Russian)
13. Marinich O.M., Shishchenko P.G. 2006. *Physical Geography of Ukraine: Textbook*. Kyiv, Znannia, KOO, 511 p. (in Ukrainian)
14. Mikhno V.B., Gorbunov A.S., Bykovskaya O.P., Bevz V.N. 2018. Geosystem approach to the formation of the stabilizing landscape-ecological network of Central Chernozem region. *Bulletin of Udmurt University. Series «Biology. Earth Sciences»*, 28 (1): 64–76. (in Russian)
15. Ostapko V.M., Mulienkova Ye.G., Boiko G.V., Nazarenko G.S. 2011. The Red Book of Donetsk region as the basis for monitoring the rare fractions of flora. *Materials XIII Congress of Ukrainian Botanical Society*. Lviv: 222 p. (in Ukrainian)
16. Pazhenkov A.S., Smelyansky I.E., Trofimova T.A., Karyakin I.V. 2005. *Ecological Network (ECONET) of Bashkortostan Republic*. Canadian International Development Agency, 191 p. (in Russian)
17. Panchenko E.M., Dyukarev A.G. 2010. Ecological framework as the environmental system of the region. *Bulletin of Tomsk state university*, 340: 216–221. (in Russian)
18. Prikhodko S.A., Ostapko V.M., Kupryushina L.V. 2012. Syntaxonomic diversity of vegetation of the South-Eastern Ukraine in terms of synphytosozology. *Industrial Botany*, 12: 53–60. (in Ukrainian)
19. Sidorenko M.V., Yunina V.P. 2018. The role of the ecological framework in the preservation of the natural complexes on the example of Nizhny Novgorod region. *Materials of the international conference «Ecological problems of large river pools»*, 359–361. (in Russian)
20. Travleyev A.P., Bilova N.A., Bogovin A.V., Dubina A.O. 2005. Valley Forests of the previous Dnipro River Rapids – as component of South Ukraine Ecological net. *Ecology and Noospherology*, 16 (3–4): 75–94. (in Russian)
21. Yantranova N.V., Sympilova D.P., Korsunov V.M. 2008. Ecologo-geographical analysis of the taiga-steppe contact zone in the Selenga medium-height mountains. *Geography and natural resources*, 2: 179–181. (in Russian)
22. Bennett G. (ed.) 1991. *Towards a European Ecological Network, EECONET*. Arnhem, Institute for European Environmental Policy, 75 p.
23. Bennett G., Wit P. 2001. *The development and applications of ecological networks. A review of proposals, plans and programs*. Amsterdam, AIDEnvironment, 132 p.
24. QGIS Development Team. 2019. *QGIS Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation Project*. URL: <http://qgis.osgeo.org>.
25. Van Opstal A.J.F.M. 2000. *The architecture of the Pan-European Ecological Network: Suggestions for Concept and Criteria*. Wageningen, NL. IKCN. Rapport IKS Natuurbeheer nr., 37, 100 p.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

Блакберн А.А., доцент, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник отдела природной флоры и заповедного дела Государственного учреждения «Донецкий ботанический сад», г. Донецк, Донецкая Народная Республика

Золотой А.Л., аспирант отдела природной флоры и заповедного дела Государственного учреждения «Донецкий ботанический сад», г. Донецк, Донецкая Народная Республика

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Andrey A. Blackburn, associate Professor, candidate of biological Sciences, senior researcher of the Department of natural flora and conservation of the state institution "Donetsk Botanical garden", Donetsk, Donetsk people's Republic

Andrey L. Zolotoy, post-graduate student of the Department of natural flora and conservation of the state institution "Donetsk Botanical garden", Donetsk, Donetsk people's Republic

УДК 504.054
DOI

Исследование содержания мелкодисперсных частиц в атмосферном воздухе жилой зоны Белгорода

А.Э. Боровлев

Белгородский государственный национальный исследовательский университет,
Россия, 308015, г. Белгород, ул. Победы, 85
E-mail: borovlev@bsu.edu.ru

Аннотация. Приведены результаты инструментального определения мелкодисперсных взвешенных частиц в атмосферном воздухе на территории жилой зоны города Белгорода. Измерения проводили с использованием лазерного анализатора Dust Trak 8520. Получено соотношение $PM_{10} : PM_{2.5} : TSP = 0,57 : 0,28 : 1,0$. Установлено, что доля частиц фракции PM_{10} в составе суммы твердых частиц составляет от 55,1 до 58,6 %, $PM_{2.5}$ – 25,5–32,4 %. Не выявлено превышений приземными концентрациями мелкодисперсных частиц максимальной разовой предельно допустимой концентрации (ПДК_{м.р.}). Выявлены превышения ПДК среднесуточных и среднегодовых приземных концентраций PM_{10} и $PM_{2.5}$ (до 2,2 ПДК). Результаты работ могут быть использованы для ориентировочной оценки содержания мелкодисперсных взвешенных частиц в атмосферном воздухе жилой застройки, расположенной в зоне влияния выбросов производства строительных материалов.

Ключевые слова: Белгород, загрязнение атмосферы, мелкодисперсные частицы, мониторинг, пыль, PM_{10} , $PM_{2.5}$, TSP.

Благодарности: исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и Правительства Белгородской области в рамках научного проекта № 18-45-310008.

Для цитирования: Боровлев А.Э. 2020. Исследование содержания мелкодисперсных частиц в атмосферном воздухе жилых зон. Региональные геосистемы, 44(1): 97–103. DOI:

Investigations of fine particles concentrations in the atmospheric air of residential areas of the city of Belgorod

Andrey E. Borovlev

Belgorod National Research University,
85 Pobeda St, Belgorod, 308015, Russia
E-mail: borovlev@bsu.edu.ru

Abstract. This paper presents the results of instrumental determination of fine suspended particles in atmospheric air on the territory of the residential areas of the city of Belgorod. Measurements were made using the DustTrak 8520 laser analyzer. The ratio $PM_{10} : PM_{2.5} : TSP = 0,57 : 0,28 : 1,0$ was obtained. It was found that the proportion of particles of the PM_{10} fraction in the sum of solid particles is from 55,1 to 58,6 %, $PM_{2.5}$ – 25,5–32,4 %. The maximum single surface concentrations of fine particles were not found to exceed the maximum permissible concentration (MPC). The MPC exceeded the average daily and average annual surface concentrations of PM_{10} and $PM_{2.5}$ (up to 2,2 MPC). It is recommended to perform dust monitoring at stationary posts in full with 4-time sampling and continuous monitoring using automatic devices for determining fine fractions of suspended particles, as well as work to establish the permissible contributions of enterprises to air pollution with fine particles. The obtained data may be used to calculate the risks to public health from exposure to construction materials industry objects and to objectively assess the content of fine suspended particles in cities where monitoring for PM_{10} and $PM_{2.5}$ in atmospheric air is not carried out.



Keywords: Belgorod, air pollution, fine particles, monitoring, dust, PM₁₀, PM_{2.5}, TSP.

Acknowledgements: The reported research was funded by Russian Foundation for Basic Research and the government of the Belgorod Oblast of the Russian Federation, grant No.18-45-310008.

For citation: Borovlev A.E. 2020. Investigations of fine particles concentrations in the atmospheric air of residential areas. *Regional Geosystems*, 44(1): 97–103. DOI:

Введение

Взвешенные вещества (сумма твердых частиц – обозначается как TSP (total suspended particles)) принято относить к основным загрязнителям атмосферного воздуха города. Однако наиболее опасными для здоровья являются мелкодисперсные частицы (фракции твердых частиц с аэродинамическим диаметром менее 10 мкм (PM₁₀) и менее 2,5 мкм (PM_{2.5})) [Health risk of particulate matter..., 2006; Directive 2008/50/EC..., 2008], так как обладают способностью адсорбировать из воздуха большое количество вредных веществ, которые вместе с ними также могут попадать в организм человека и проявляют токсическое действие, что вызывает ряд заболеваний или обостряет уже имеющиеся [Reche et al., 2012; Cheng et al., 2016]. В странах Европы и США исследования распределения мелкодисперсных взвешенных частиц в атмосферном воздухе проводятся с конца 80-х годов прошлого века, и в настоящее время наблюдается их активное развитие в азиатских странах, обусловленное высокими темпами экономического развития этого региона мира [Karimian et al., 2016; Lu et al., 2017].

В России предельно допустимые концентрации (ПДК) PM₁₀ и PM_{2.5} были установлены в 2010 году (постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 19.04.2010 № 26). Необходимые руководящие документы в части проведения и применения результатов были введены в действие только в 2016 году [РД 52.04.830-2015, 2015; РД 52.04.840-2015, 2015]. Однако в настоящее время автоматизированный мониторинг PM₁₀ и PM_{2.5} организован только в г. Москве, Санкт-Петербурге, Сочи, Казани, Набережных Челнах и Нижнекамске [Официальный сайт ГПУ «Мосэкомониторинг», 2020; Официальный сайт ФГБУ «УГМС Республики Татарстан», 2020; Экологический портал Санкт-Петербурга, 2020].

В настоящее время при оценке риска здоровью населения широко используются коэффициенты для перевода концентрации TSP в концентрации PM₁₀ и PM_{2.5}, равные 0,55 и 0,26 соответственно. При этом среднее соотношение PM_{2.5} : PM₁₀ (0,26 : 0,55) равно 0,47. Это согласуется с последними данными, полученными за период 2010–2014 гг. по 46-ти станциям мониторинга, которые являются частью автоматической городской и сельской сети Великобритании (AURN). Однако соотношение PM_{2.5} : PM₁₀ продемонстрировало значительную временную и пространственную изменчивость в Великобритании – варьировалась от 0,4 до 0,8 (при среднем 0,65) [Munir, 2017]. Поэтому для каждой территории указанные коэффициенты нуждаются в подтверждении в конкретных условиях происхождения пылевого загрязнения атмосферы.

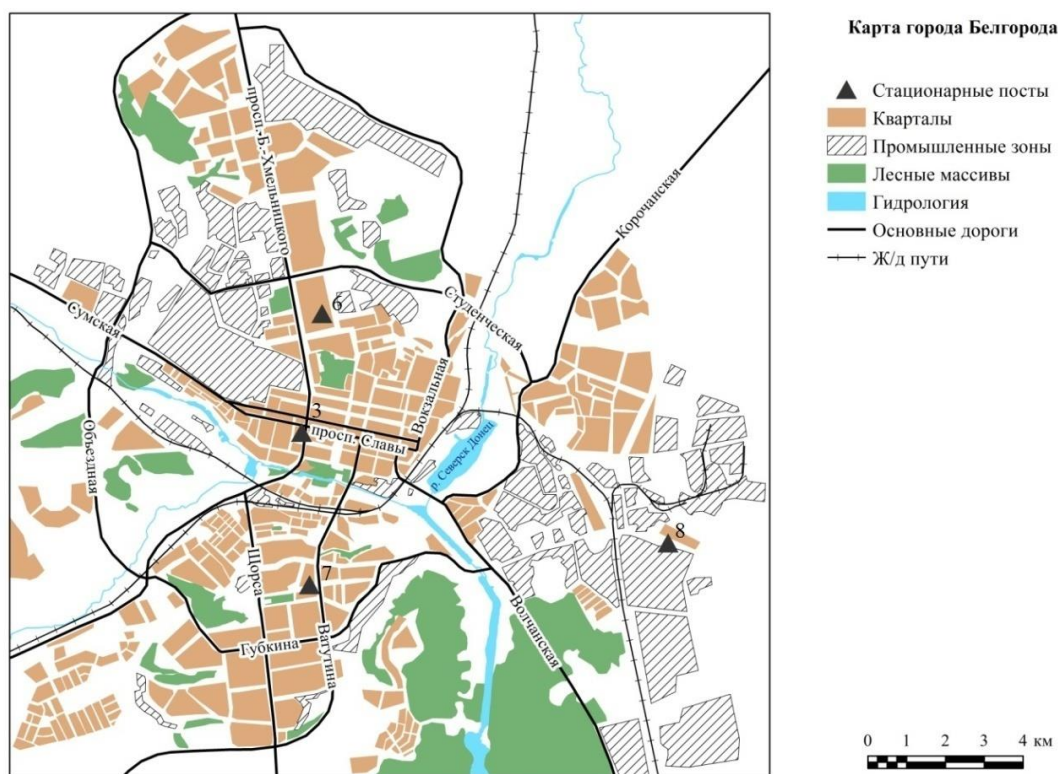
Целью настоящей работы является исследование фракционного состава и концентраций взвешенных частиц в атмосферном воздухе на территории жилой зоны города Белгорода, определение пересчетных коэффициентов для PM₁₀ и PM_{2.5} с последующей оценкой загрязнения исследуемой территории мелкодисперсными частицами.

Объекты и методы исследования

Объектами исследования являются концентрации PM₁₀ и PM_{2.5}, формируемые в приземном слое атмосферного воздуха на территории жилой зоны города Белгорода выбросами промышленности и автотранспорта. Ежегодно в атмосферу города выбрасывает-

ся около 38,5 тыс. т, а общее количество стационарных источников загрязнения атмосферы превышает 3 000. В объеме выбросов ЗВ доля стационарных источников составляет 15,6–17,1 %, автотранспорта – 82,9–84,4 % [Borovlev, Zelenskaya, 2018]. Выброс в атмосферу твердых веществ от стационарных источников за последние годы снизился почти в 1,67 раза – с 1,504 тыс. т (2012 г.) до 0,9 тыс. т (2018 г.) и в суммарном объеме выбросов их доля в настоящее время составляет 2,3 %. Основной вклад в пылевое загрязнение атмосферы вносят предприятия промышленности строительных материалов (92,2 %), из них до 60 % приходится на ЗАО «Белгородский цемент».

Мониторинг пылевого загрязнения атмосферы проводится на 4-х стационарных постах (см. рис.) в соответствии с руководящим документом [РД 52.04.186-89, 2006] и предусматривает трехкратный отбор проб воздуха. Из них два поста находятся в зоне влияния выбросов объектов промышленности строительных материалов – ЗАО «Белгородский цемент» (пост № 3) и АО «Стройматериалы» (пост № 6). Третий пост № 7 расположен в «спальном» районе города, где отсутствуют крупные промышленные объекты. Четвертый пост № 8 находится в зоне влияния выбросов предприятий «Восточной промышленной зоны» (ООО «Полисинтез», канализационные очистные сооружения города, ООО «Белэнергомаш-БЗЭМ» и др.).



Стационарные посты наблюдений за загрязнением атмосферного воздуха
на территории города Белгорода
Stations of air pollution on the territory of the city of Belgorod

Измерения осуществлялись с помощью пылемера «ОМПН-10.0» (на основе оптического блока Dust Trak, модель 8520), имеющего диапазон измерения массовой концентрации частиц аэрозоля 0,04–100 мг/м³ и размеров регистрируемых частиц 0,1–10 мкм. Исследования выполняли в теплый период (июнь – июль) 2018 г. в местах расположения указанных 4-х стационарных постов (разовый отбор в сутки в течение 10-ти дней исследований). Гравиметрические исследования накопленных на фильтрах твердых



частиц выполнены в лабораторных условиях. Полученные данные сравнивали с установленными нормативами ПДК для частиц PM_{10} и $PM_{2.5}$ [Перечень и коды..., 2015].

Результаты и их обсуждение

Анализ содержания в атмосферном воздухе суммы TSP, а также частиц PM_{10} и $PM_{2.5}$ позволил установить, что превышений ПДК_{м.р.} не установлено (табл. 1). Максимальные значения приземных концентраций суммы TSP, а также частиц PM_{10} и $PM_{2.5}$ были получены для поста № 3, минимальные – для поста № 7. Сопоставительный анализ содержания в атмосферном воздухе суммы TSP, мелкодисперсных частиц PM_{10} и $PM_{2.5}$ позволил установить соотношение $PM_{10} : PM_{2.5} : TSP$, соответствующее 0,57 : 0,28 : 1,0. На долю частиц фракции PM_{10} в составе суммы твердых частиц приходится от 55,1 до 58,6 %, на долю $PM_{2.5}$ – 25,5–32,4 %. Среднее по городу соотношение $PM_{2.5} : PM_{10}$ составило 0,5, что укладывается в диапазон средних значений 0,47–0,65, полученных в последние годы при проведении более длительных периодов наблюдений в разные сезоны года в промышленных центрах России и Великобритании [Raporort, Korylov et al., 2012; Nemenko, Ilyasova et al., 2014; Munir, 2017].

Таблица 1
Table 1

Усредненные значения концентраций мелкодисперсных частиц PM_{10} и $PM_{2.5}$ в приземном слое атмосферного воздуха на территории жилой зоны города Белгорода
Average values of concentrations of fine particles PM_{10} and $PM_{2.5}$ in the surface layer of atmospheric air on the territory of the residential zone of the city of Belgorod

Место измерения (№ СПНЗА)	TSP, мг/м ³ , $\bar{x} \pm \sigma$	PM_{10} , мг/м ³ , $\bar{x} \pm \sigma$	$PM_{2.5}$, мг/м ³ , $\bar{x} \pm \sigma$	Массовая доля твердых частиц, %		$PM_{2.5} : PM_{10}$
				PM_{10}	$PM_{2.5}$	
3	0,167 ± 0,023	0,098 ± 0,020	0,044 ± 0,010	58,6	26,3	0,45
6	0,111 ± 0,021	0,063 ± 0,013	0,036 ± 0,008	56,7	32,4	0,57
7	0,098 ± 0,019	0,054 ± 0,011	0,025 ± 0,005	55,1	25,5	0,46
8	0,105 ± 0,020	0,059 ± 0,012	0,031 ± 0,006	56,2	29,5	0,52
В среднем по городу	0,120 ± 0,032	0,068 ± 0,022	0,034 ± 0,012	56,6	28,4	0,50

На основе полученного соотношения $PM_{10} : PM_{2.5} : TSP$, равного 0,57 : 0,28 : 1,0, с использованием данных по TSP от стационарных постов территориальной сети Росгидромета рассчитаны максимальные разовые (м.р.), среднесуточные (с.с.) и среднегодовые (с.г.) приземные концентрации мелкодисперсных частиц (табл. 2).

Согласно полученным результатам, расчетные значения максимальных разовых приземных концентраций мелкодисперсных частиц PM_{10} и $PM_{2.5}$ не превышают установленные нормативы содержания загрязняющих веществ в атмосферном воздухе. Расчетные значения приземных среднесуточных и среднегодовых концентраций мелкодисперсных частиц PM_{10} и $PM_{2.5}$ превышают установленные ПДК в атмосферном воздухе на всех 3-х из 4-х постов. Так по концентрациям PM_{10} превышения наблюдаются от 1,1 до 2,0 ПДК_{с.с.} и от 1,5 до 2,2 ПДК_{с.г.}. По концентрациям $PM_{2.5}$ превышения наблюдаются от 1,03 до 1,71 ПДК_{с.с.} и от 1,2 до 1,76 ПДК_{с.г.}

Максимальные превышения ПДК наблюдаются по посту № 3, расположенному вблизи автомагистрали по проспекту Богдана Хмельницкого с высокой интенсивностью движения автотранспорта (до 3 600 автомобилей) и находящегося в зоне влияния выбросов ЗАО «Белгородский цемент».

Таблица 2
Table 2

Результаты расчетов концентраций мелкодисперсных частиц PM_{10} и $PM_{2.5}$ в приземном слое атмосферного воздуха на территории жилой зоны города Белгорода
Results of calculations of concentrations of fine particles PM_{10} and $PM_{2.5}$ in the surface layer of atmospheric air on the territory of the residential zone of the city of Belgorod

Загрязняющее вещество	ПДК, мг/м ³		Номер поста	Значение концентрации, мг/м ³		
	ПДК _{м.р}	ПДК _{с.с.} (ПДК _{с.г.})		м.р.	с.с.	с.г.
TSP*	0,500	0,150	3	0.500	0.212	0.156
			6	0.200	0.128	0.114
			7	0.200	0.113	0.106
			8	0.200	0.126	0.111
В среднем по городу				0,500	0,145	0,122
В долях ПДК				1,000	0,967	0,813
PM ₁₀	0,300	0,060 (0,040)	3	0.283	0.120	0.088
			6	0.113	0.072	0.065
			7	0.113	0.064	0.060
			8	0.113	0.071	0.063
В среднем по городу				0,283	0,082	0,069
В долях ПДК				0,943	1,367	1,725
PM _{2,5}	0,160	0,035 (0,025)	3	0.142	0.060	0.044
			6	0.057	0.036	0.032
			7	0.057	0.032	0.030
			8	0.057	0.036	0.032
В среднем по городу				0,142	0,041	0,035
В долях ПДК				0,887	1,171	1,400

*данные Белгородской лаборатории по мониторингу загрязнения атмосферы за 2018 год

В работе Lisetskii, Borovlev [2019] по результатам расчетов приземных концентраций ЗВ показано, что при работе ЗАО «Белгородский цемент» по полной производственной программе (работа всех 6-ти печей и 14 мельниц) вклад указанных источников выбросов цементного производства в уровень загрязнения атмосферного воздуха мелкодисперсными частицами PM_{10} может достигать 40–85 %, а $PM_{2.5}$ – 43–91 %. Аналогичных исследований в части оценки вклада выбросов автотранспорта в уровень загрязнения приземной атмосферы Белгорода мелкодисперсными частицами не проводилось. Однако в условиях крупного промышленного центра поступление мелкодисперсных частиц в атмосферу в основном обусловлено выбросами автотранспорта и промышленных предприятий. Так, в Великобритании наибольшее количество выбросов в атмосферный воздух частиц $PM_{2.5}$ приходится на дорожно-транспортную сеть (29 %), в том числе на выбросы автомобильного транспорта (18 %) и выбросы от износа шин, тормозных колодок и в результате истирания дорожных покрытий (11 %) [Munir, 2017].

Наименьшие концентрации мелкодисперсных частиц получены по посту № 7, расположенному в относительно «благополучном» районе города. Однако в этом районе только концентрация $PM_{2.5}$ не превышает ПДК_{с.с.} Превышения ПДК по другим показателям мелкодисперсных частиц обусловлены, по всей видимости, выбросами автотранспорта, так как источники выбросов промышленной пыли в указанном районе отсутствуют.

Заключение

В результате исследования фракционного состава и концентраций взвешенных частиц в атмосферном воздухе на территории жилой зоны города Белгорода установлено, что значения максимальных разовых приземных концентраций мелкодисперсных взве-



шенных частиц PM_{10} и $PM_{2.5}$ не превышают установленные нормативы содержания загрязняющих веществ в атмосферном воздухе, а по значениям приземных среднесуточных и среднегодовых концентраций частиц PM_{10} и $PM_{2.5}$ наблюдаются превышения (до 2,0 ПДК_{с.с.} и 2,2 ПДК_{с.г.} для концентрации PM_{10} ; до 1,71 ПДК_{с.с.} и 1,76 ПДК_{с.г.} для концентрации $PM_{2.5}$). Показано, что основной вклад в уровень загрязнения атмосферного воздуха на территории жилой зоны города Белгорода мелкодисперсными взвешенными частицами PM_{10} и $PM_{2.5}$ вносит ЗАО «Белгородский цемент».

В связи с особой опасностью мелкодисперсных взвешенных частиц для человеческого организма предлагается организовать проведение следующих мероприятий, обеспечивающих снижение уровня загрязнения атмосферного воздуха и контроль за содержанием таких частиц:

– установить допустимые вклады предприятий в загрязнение атмосферного воздуха мелкодисперсными частицами на основе организации и проведения сводных расчетов загрязнения атмосферы города Белгорода выбросами промышленности и автотранспорта;

– проводить мониторинг пыли на стационарных постах по полной программе с 4-разовым отбором проб, и на ближайшую перспективу – непрерывный мониторинг с использованием автоматических приборов для определения мелкодисперсных фракций взвешенных частиц.

Полученные данные могут быть использованы для оценки риска здоровью населения от воздействия объектов промышленности строительных материалов и объективной оценки содержания мелкодисперсных взвешенных частиц в городах, где мониторинг по показателям PM_{10} и $PM_{2.5}$ в атмосферном воздухе не проводится.

Список источников

1. ГПУ «Мосэкомониторинг». Экологическая ситуация в г. Москве. Электронный ресурс. URL: <http://www.mosecom.ru/air/>. (дата обращения: 01.02.2020).
2. Перечень и коды веществ, загрязняющих атмосферный воздух (издание десятое, переработанное и дополненное). СПб, 2015, 257 с.
3. РД 52.04.186-89. Руководство по контролю загрязнения атмосферы (в ред. РД 52.04.667-2005). М., Росгидромет, 2006. 556 с.
4. РД 52.04.830-2015. Массовая концентрация взвешенных частиц PM_{10} и $PM_{2.5}$ в атмосферном воздухе. Методика измерений гравиметрическим методом. Росгидромет, 2015. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200133379> (дата обращения: 01.02.2020).
5. РД 52.04.840-2015. Применение результатов мониторинга качества атмосферного воздуха, полученных с помощью методов непрерывных измерений. Росгидромет, 2015. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200133380> (дата обращения: 01.02.2020).
6. ФГБУ «УГМС Республики Татарстан». Мониторинг загрязнения атмосферного воздуха г. Казани. Электронный ресурс. URL: [http://www.tatarmeteo.ru/ru/monitoring-okruzhayushhejsredyi/monitoring-zagryazneniya-atmosfernogo-vozduxa-\(s-interaktivnoj-kartoj-zagryazneniya-g.-kazani,-vozmozhno-vyidelit-otdelnyim-punktom\).html](http://www.tatarmeteo.ru/ru/monitoring-okruzhayushhejsredyi/monitoring-zagryazneniya-atmosfernogo-vozduxa-(s-interaktivnoj-kartoj-zagryazneniya-g.-kazani,-vozmozhno-vyidelit-otdelnyim-punktom).html). (дата обращения: 01.02.2020).
7. Экологический портал Санкт-Петербурга. Характеристика уровня загрязнения атмосферного воздуха по данным государственной сети наблюдений и автоматизированной системы мониторинга атмосферного воздуха Санкт-Петербурга. Электронный ресурс. URL: <http://www.infoeco.ru/index.php?id=53> (дата обращения: 01.02.2020).

References

1. Nemenko B.A., Ilyasova A.D., Syzdykov D.M. 2014. Methods for the determination of suspended aerosol in ambient air. Vestnik KazNMU, 2 (2): 488–490. (in Russian)
2. Rapoport O.A., Kopylov I.D., Rudoi G.N. 2012. On the issue of regulation of fine particle emissions. Ekologicheskii vestnik Rossii, 4: 56–61. (in Russian)
3. Borovlev A.E., Zelenskaya E.Ya. 2018. Use of the Air Pollution Summary Calculations for Industrial Emission Regulation in the City of Belgorod. Biogeosystem Technique, 5 (2): 149–158. DOI: 10.13187/bgt.2018.2.149.



4. Cheng M., Chui H., Yang C. 2016. The effect of coarse particles on daily mortality: a case – crossover study in a subtropical city, Taipei, Taiwan. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 13: 347. DOI: 10.3390/ijerph13030347.
5. Directive 2008/50/EC of the European Parliament and of the Council of 21 May 2008 on ambient air quality and cleaner air for Europe. *Official Journal of the European Union*, 152: 1–44.
6. Health risk of particulate matter from long-range transboundary air pollution. Joint WHO. Convention Task Force on the Health Aspects of Air Pollution. World Health Organisation. European Centre for Environment and Health. 2006, 100 p.
7. Karimian H., Li Q., Li C., Jin L., Fan J., Li Y. 2016. An improved method for monitoring fine particulate matter mass concentrations via satellite remote sensing. *Aerosol and Air Quality Research*, 4: 1081–1092.
8. Li X., Ma Y., Wang Y., Liu N., Hong Y. 2017. Temporal and spatial analyses of particulate matter (PM10 and PM2.5) and its relationship with meteorological parameters over an urban city in northeast China. *Atmospheric Research*, 198: 185–193.
9. Lisetskii F., Borovlev A. 2019. Monitoring of emission of particulate matter and air pollution using lidar in Belgorod, Russia. *Aerosol and Air Quality Research*, 19: 504–515. DOI: 10.4209/aaqr.2017.12.0593.
10. Munir S. 2017. Analysing temporal trends in the ratios of PM2.5/PM10 in the UK. *Aerosol and Air Quality Research*, 1: 34–48.
11. Reche C., Moreno T., Amasto F., Viana M., Drooge van B., Chang H., Berube K., Jones T., Alastuey A., Querl X. 2012. A multidisciplinary approach to characterize exposure risk and toxicological effects of PM10 and PM2.5 samples in urbane environments. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 78: 327–335.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

Боровлев А.Э., кандидат географических наук, доцент кафедры географии, геоэкологии и безопасности жизнедеятельности института наук о Земле Белгородского государственного национального исследовательского университета, г. Белгород, Россия

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Andrey E. Borovlev, candidate of geographical Sciences, associate Professor of the Department of geography, Geoecology and life safety of the Institute of Earth Sciences of the Belgorod state national research University, Belgorod, Russia



УДК: 551.435.13
DOI

Многолетние изменения гидравлических характеристик рек бассейна Припяти и современные проблемы малых рек

С.В. Будник

Центральная геофизическая обсерватория имени Бориса Срезневского,
Украина, 03028, г. Киев, Проспект Науки, 39
E-mail: svetlana_budnik@ukr.net

Аннотация. Исследования, проведенные на основе многолетних материалов измерения расходов воды на гидрометрических створах гидрометслужбы, показали, что, на одних реках средняя глубина растет, а на других – циклически колеблется с общей тенденцией к уменьшению, ширина потока воды и уровень выхода воды на пойму также постоянно изменяются. В сложившихся природно-климатических условиях радикальные меры по регулированию эрозионно-аккумулятивных процессов в реке (а приверженцы этих мер иногда и не подозревают, что именно это пытаются контролировать) не могут быть эффективными ни с экологической, ни с финансовой точки зрения. Здесь целесообразно проводить контроль источников поступления наносов в реки с водосборов и следить за изменением водности самой реки.

Ключевые слова: малые реки, глубина воды, скорость движения воды, многолетние изменения, расчистка русел рек, бассейн реки Припять.

Для цитирования: Будник С.В. 2020. Многолетние изменения гидравлических характеристик рек бассейна Припяти и современные проблемы малых рек. Региональные геосистемы, 44(1): 104–112. DOI:

Long-term changes in the hydraulic characteristics of the Pripyat basins and modern problems of small rivers

Svetlana V. Budnik

Central geophysical observatory named after Boris Sreznevsky,
39 Prospect Nauki, Kiev, 03028, Ukraine
E-mail: svetlana_budnik@ukr.net

Abstract. These issues have not lost their relevance, since the provision of the population and the national economy with high-quality and fully-fledged water resources comes to the forefront of any administrative structure of the country. Of particular concern is the drying up and siltation of rivers. Studies based on long-term materials for measuring water discharge at hydrometric gauges of the hydrometeorological service have shown that, in some rivers, the average depth increases, while in others it cyclically fluctuates with a general tendency to decrease, the width of the water flow and the level of water outlet to the floodplain also constantly change. The study showed that under the prevailing climatic conditions, radical measures to regulate the erosion-accumulative processes in the river can not be effective from either an environmental or financial point of view. It is advisable to control the sources of sediment in rivers from catchments and monitor the change in water content of the river itself.

Keywords: small rivers, water depth, speed of water movement, long-term changes, clearing of river channels, Pripyat river basin.

For citation: Budnik S.V. 2020. Long-term changes in the hydraulic characteristics of the Pripyat basins and modern problems of small rivers. Regional Geosystems, 44(1): 104–112. DOI:

Введение

Проблемы малых рек не новы [Методические рекомендации..., 1986, 1991; Ткачев, Булатов, 2002; Рыжиков, 2009]. Вопросы, с ними связанные (проблемы загрязнения рек агрохимикатами и стоками различных производств, заилении рек, зарастании, пересыхании и т.п.), периодически поднимались и обсуждаются постоянно. В настоящее время эти вопросы не утратили своей актуальности, поскольку обеспечение населения и народного хозяйства качественными и в полном объеме водными ресурсами выходит на первый план любой административной структуры страны, будь то сельское поселение или большой город. Особую обеспокоенность вызывает пересыхание и заиление рек. В некоторых областях страны (Винницкая, Днепропетровская и др.) уже закупаются земснаряды для расчистки русел рек, в интернете предлагаются услуги по расчистке русел, и кое-где работы уже проводятся в рамках экологических мероприятий по возрождению малых рек.

Что же на самом деле происходит с нашими реками, и насколько адекватны в сложившейся ситуации применяемые меры? Однозначной оценки мероприятий по расчистке рек нет, доводилось слышать разные мнения [Сметанин и др., 2010; СТО ФГБУ «ГТИ», 2012]. Практика показывает, что это расчищение рек – временная мера, и в течение какого-то периода река вновь засорится наносами. И этот процесс соответствует понятиям эрозионно-аккумулятивной деятельности рек [Кондратьев и др. 1982; Попов, 2012]. Деформации русел рек и пойм происходят постоянно под влиянием природных и антропогенных факторов [Беркович и др., 2017]. Определяющими природными факторами деформаций русел и пойм рек являются сток воды и наносов и особенности строения речных долин [Методические рекомендации УГКС, 1981]. Среди антропогенных факторов, приводящих к значительным деформациям русел и пойм, называют: русловые карьеры и плотины, большое количество мест водоотбора и сброса воды по длине реки и т.п. Следствиями хозяйственной деятельности в русле реки могут быть падение уровней воды в реке, увеличение уклонов водной поверхности, рост скоростей потока, увеличение расходов влекомых и донных наносов, снижение отметок дна, внезапное изменение планового положения русла на пойме, снижение положения депрессионных кривых в толще склоновых и пойменных террас, активизация оползневых явлений [Рекомендации по прогнозу..., 1988]. В результате этих процессов наблюдается разрушение или снижение устойчивости сооружений в руслах и на пойме, обсыхание корневой системы растений на пойме, разрушение рыбных нерестилищ и ям зимования рыб, понижение дебита скважин, колодцев и уровней воды в них и т.п. [Рекомендации по прогнозу..., 1988].

Реки, являющиеся результатом сложного взаимодействия атмосферных осадков, подстилающей поверхности и толщи почво-грунтов, с изменением последних также меняются, развиваются, «стареют» и появляются вновь, пробивая себе русло в новом месте. Такие явления, как заиление или зарастание рек, происходят как под действием природных факторов, так и антропогенных. Изменение климата приводит к увеличению количества дождей с осадками более 10 мм и общему увеличению эрозионного потенциала дождей [Budnik, 2019]. Увеличение температуры воздуха уменьшает продолжительность и устойчивость ледовых образований на реках, способствуя развитию водной растительности, увеличивает продолжительность нахождения растений в руслах, способствует продвижению зарастания русел по длине реки и т.п. Считается, что повышение температуры воды в реках до 8 °С является условием начала зарастания рек [Барышников, 1990; Антроповский, 1999]. Критическим условием зарастания рек также является площадь водосбора реки более 25 000 км² [Кондратьев и др., 1982]. Установлено, что в естественных условиях зарастание русла, как правило, вызывает существенное увеличение гидравлических сопротивлений [Векшина, 2010], т.е. растительность оказывает тормозящее воздействие на поток воды, что может вызвать подпор уровней воды и создать условия для осаждения взвешенных наносов.



В связи с вышесказанным, автором предпринята попытка ответить на вопросы: что происходит с руслами рек под влиянием наблюдающихся изменений климата и водности рек и какие характеристики и параметры адекватно отображают происходящие изменения.

Объект и методы исследования

Исследование [Будник, 2018] по изменению водности рек бассейнов Припяти и Западного Буга показало, что она имеет разную направленность хода во времени: на большей части территории она увеличивается, а на меньшей – уменьшается. Сток наносов уменьшается по всей рассматриваемой территории. Количество выпадающих осадков и температура воздуха на рассматриваемой территории увеличиваются, растет во времени и испарение с водной поверхности.

Что же происходит с руслами рек под влиянием наблюдающихся изменений климата и водности рек? Какие характеристики и параметры адекватно отображают происходящие изменения?

Комплексной характеристикой водного режима реки, которая учитывает и ее руслоформирование, является кривая расходов воды [Огиевский, 1932; Синиченко, 2003; Двинских и др., 2012 и др.]. Отклонение точек вправо от однозначной кривой свободного русла означает размыв русла, а влево – заиление, разбрасывание точек – чередование намывов и размывов. Наиболее значимые отклонения кривых расходов должны наблюдаться при росте (или убыли) мощности потока от года в год [Двинских и др., 2012]. На направление и динамику руслоформирования влияют огромное количество факторов, таких как уклон участка реки, рельеф, лесистость, распаханность, динамика водности, гидротехнические сооружения, неотектонические движения и т.д. Отмечается, что общей чертой для большинства рек является наличие некоторого снижения скорости врезания или увеличение скорости заиления в период с 1970 по 1980 гг., что связывают с заборами воды на заполнение большого количества прудов, построенных в этот период, и, как следствие, с уменьшением водности в период половодья [Gostner, 2012; Лебедева и др., 2013; Меркулова, Павлюк, 2018].

Для исследований использованы материалы по измеренным расходам воды в гидрометрических створах водомерных постов гидрометслужбы на реках бассейна Припяти. Проследить изменение параметров русел по этим материалам нам удалось, только начиная с 1953 года, поскольку до этого развернутые характеристики по измерениям расходов воды не публиковались, да и ряд постов были открыты позже. Заращение русел рек на исследуемой территории наблюдалось и наблюдается не повсеместно (см. табл.).

Даты начала и конца заращения рек бассейна реки Припять
Dates of the beginning and end of overgrowing of the rivers of the Pripyat river basin

Река – пункт наблюдений	Расстояние от истока	1939*		1950*		1970*		1980		2000		2015	
		н	к	н	к	н	к	н	к	н	к	н	к
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Припять – Речица	84	–	–	–	–	21,05	31,11	25,04	28,12	5,05	24,12	15,04	14,10
Припять – Любязь	157	–	–	–	–	нет	нет	18,04	31,12	3,05	31,12	9,05	5,11
Выжевка – Руда	10	–	–	–	–	30,04	11,12	4,04	31,12	8,02	21,12	3,01	30,12
Выжевка – Старая Выжевка	44	–	–	16,05	18,11	30,04	15,12	4,04	31,12	11,05	24,11	14,01	30,12
Турья – Ягодное	57	–	–	14,05	18,12	9,05	15,12	3,04	31,12	6,02	31,12	1,03	30,12



Продолжение таблицы

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Турья – Ковель	102	–	–	16,05	30,12	26,05	21,10	10,05	3,11	2,06	10,10	13,04	31,12
Турья – Бузаки	164	–	–	–	–	19,05	19,11	5,05	31,12	–	–	–	–
Стоход – Малиновка	48	–	–	–	–	15,08	29,10	20,05	11,11	5,05	31,12	13,01	31,12
Стоход – Гулевка	99	–	–	–	–	23,06	30,11	4,04	31,12	–	–	–	–
Стоход – Любешов	173	–	–	–	–	27,05	30,10	17,05	31,12	6,05	10,12	1,01	30,12
Стырь – Щуровцы	57	–	–	–	–	16,05	28,09	7,05	2,11	20,05	31,10	1-6,01 , 1,05	16,12
Стырь – Луцк	194	–	–	1,06	23,11	нет	нет	нет	нет	2,06	10,10	9,05	31,12
Стырь – Колки	335	–	–	–	–	–	–	нет	нет	нет	нет	нет	нет
Стырь – Полонное	345	–	–	–	–	–	–	нет	нет	–	–	–	–
Стырь – Млынок	400	–	–	–	–	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет
Радоставка-Троица	19	–	–	–	–	2,05	11,11	нет	нет	21,04	31,12	4,01	30,12
Иква – (Великие Млыновцы)	59	–	–	30,04	25,12	20,04	25,12	нет	нет	1,05	30,11	1,01	31,12
Горынь – Ямполь	71	30,05	3,11	май	Нояб.	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет
Горынь – Оженин	223	–	–	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет
Горынь – Деражно	379	–	–	–	–	нет	нет	нет	нет	нет	нет	21,06	23,11
Горынь – Степань	456	–	–	–	–	нет	нет	нет	нет	–	–	–	–
Горынь – Дубровица	488	–	–	–	–	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет
Горынь – Речица	589	–	–	нет	нет	нет	нет	нет	нет	–	–	–	–
Вырка – Сварыни	21	–	–	6,08	19,11	нет	нет	нет	нет	9,06	23,11	4,01	31,12
Случь- Большая Клитна	30	–	–	–	–	19,05	27,09	нет	нет	–	–	–	–
Случь –Громада	139	–	–	21,05	30,10	15,05	28,09	2,05	4,10	нет	нет	–	–
Случь – Новоград-Волынский	252	–	–	–	–	–	–	1,05	7,09	26,05	9,10	29,05	17,10
Случь – Сарны	409	–	–	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет
Хомора – Понинка	105	нет	нет	–	–	2,05	10,10	нет	нет	–	–	–	–
Тня – Бронники	68	–	–	26,05	25,10	5,05	10,10	26,04	3,11	1,05	27,11	13,05	15,12
Смолка – Суслы	65	–	–	30,05	2,10	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет
Льва – Осницк	24	–	–	–	–	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет
Уборть – Рудня – Ивановская	45	нет	нет	–	–	нет	нет	29,06	8,07	нет	нет	нет	нет
Уборть – Перга	136	–	–	–	–	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет



Окончание таблицы

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Уж – Коростень	84	нет	нет	26,06	28,08	нет	нет	нет	нет	25,05	22,12	19,05	19,11
Уж – Полесское	169	—	—	—	—	нет	нет	нет	нет	—	—	—	—
Жерев Вязовка	78	—	—	зараст	—	21,06	30,10	нет	нет	—	—	—	—
Норин – Лукишки	40	нет	нет	зараст	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Норин – Славенщина	79	—	—	—	—	нет	нет	нет	нет	1,06	15,10	21,05	13,10
Грезля – Ур.Брод	28	—	—	—	—	нет	нет	нет	нет	—	—	—	—
Илья – Лубянка	32	—	—	—	—	21,06	9,11	нет	нет	—	—	—	—

Примечание: н – начало зарастания, к – конец развития водной растительности, нет – не заросло, – нет информации, в зимние месяцы – трава на дне; * – из таблиц по измеренным расходам воды.

Оно происходило постепенно с изменением водности потока и температуры воды. На части рек зарастание русел в летне-осенний период перешло в круглогодичное присутствие травы в руслах, в зимний период – часто на дне русел (реки Выжевка, Иква и др.). На других реках трава начала появляться недавно, а некоторые участки рек не зарастают вообще. То есть однозначно назвать причиной заиления рек их зарастание водной растительностью нельзя.

Результаты и обсуждение

Исследования, проведенные на основе многолетних материалов измерения расходов воды на гидрометрических створах гидрометслужбы, показали, что на одних реках средняя глубина растет, а на других – циклически колеблется с общей тенденцией к уменьшению (рис. 1). Средняя скорость в них, соответственно, падает и растет (рис. 2). Ширина потока воды и уровень выхода воды на пойму также постоянно изменяются (рис. 3).

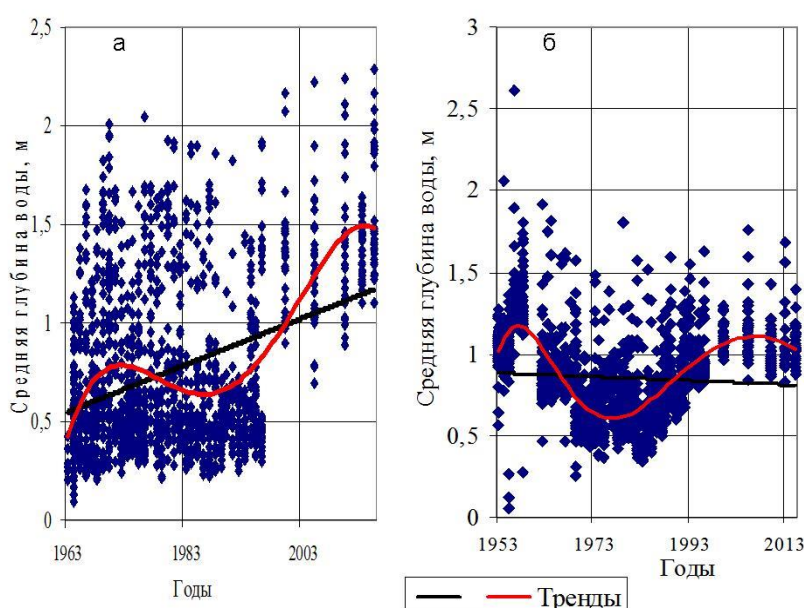


Рис. 1. Изменение средней глубины воды в гидрометрических створах водомерных постов на реках а) Норин – п. Славенщина; б) Иква – п. Великие Млыновцы за многолетний период
Fig. 1. Change in the average depth of water in the hydrometric gauges of the gauging stations on the rivers а) Norin – the village of Slavenshchina; б) Ikva – the village of Velikiye Mlynovtsy over a long period of time

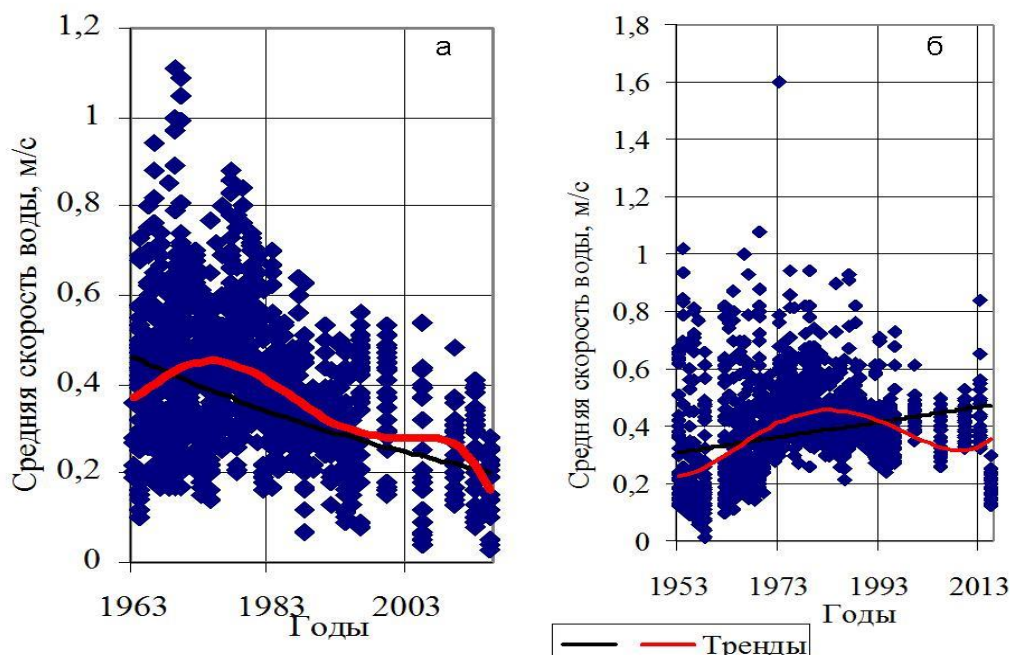


Рис. 2. Изменение средней скорости движения воды в гидрометрических створах водомерных постов на реках а) Норин – п. Славенщина и б) Иква – п. Великие Млыновцы за многолетний период

Fig. 2. Change in the average speed of water movement in the hydrometric gauges of gauging stations on the rivers a) Norin – the v. Slavshenka and b) Ikva – the v. Veliky Mlynovtsy over a long period of time

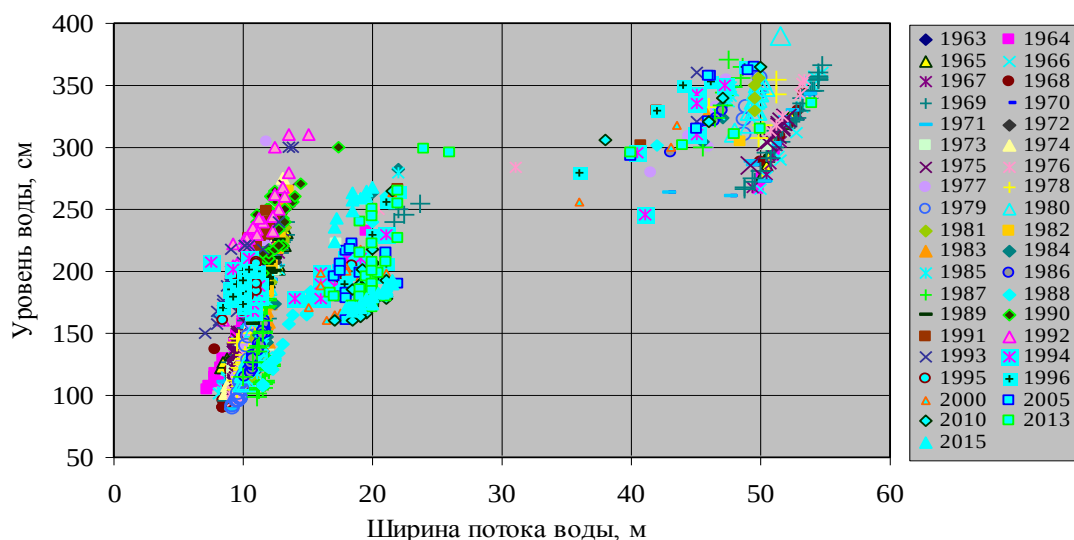


Рис. 3. Изменение ширины потока воды при изменении уровня воды в реке Норин – с. Славенщина за весь период наблюдений (знаками обозначены наблюдения разных лет)

Fig. 3. Change in the width of the water flow with a change in the water level in the Noreen River – the village of Slavenschina for the entire observation period (signs indicate observations of different years)

Это связано с влиянием происходящих в русле деформаций из-за изменения водности при прохождении паводков, переноса створа измерений на несколько метров, зарастания русла, подпора от расположенных ниже шлюзов мелиоративных систем или прудов и т. п. Циклическое изменение глубины воды в русле реки по створу поста за длительный промежуток времени, скорее всего, свидетельствует о прохождении определенных стадий русловых макроформ по длине русла.



В реках, в которых с течением времени начинает преобладать грунтовое питание и где в пределах створов уровни грунтовых вод растут со временем, средние глубины уменьшаются, а скорость воды растет. Там же, где уровни грунтовых вод уменьшаются и начинает увеличиваться поверхностная составляющая стока, – глубины воды в реках увеличиваются, а скорости уменьшаются. При этом во всех случаях сток наносов уменьшается [Hawley et al., 2012; Будник, 2018], русла рек зарастают. Чем в этом случае может помочь расчистка русла? Ничем!

Заключение

Обеспокоенное состоянием рек общество начинает воплощать проекты по улучшению состояния рек. Это, как правило, временные меры, связанные с расчисткой русел рек от наносов, не дающие долговременного положительного эффекта. Искусственно углубляя русла, мы изменяем базис эрозии участка реки, чем способствуем усилению эрозионной активности на данном участке и создаем участок для улавливания перемещающихся с верхних звеньев гидрографической сети наносов. Прежде чем приступить к подобной деятельности, необходимо провести тщательные изыскания по выяснению причин заиления русел и или уменьшению глубины воды в реке.

Возможны различные причины обмеления рек, среди которых самые распространенные: изменение водности потока под влиянием изменения климата (тут расчистка русла позволит создать разве что неглубокий вытянутый временный водоем и добавит испарение с водной поверхности), интенсивный смыв почвы с водосборов (расчистка русел поддержит процесс разрушения, со временем ближайшие сооружения начнут испытывать проблемы с устойчивостью на склонах), зарастание русел при потеплении климата (водная растительность, оказывая сопротивление движению водного потока, создает подпор воды на участке реки и с одной стороны поддерживает уровни воды высокими при снижении расходов воды, а с другой – увеличивает осаждение наносов на участке, т.е. расчистив здесь русло, все равно получим снижение уровня воды в реке) и т.п.

Проведенные исследования показали, что на одних реках средняя глубина растет, а на других – циклически колеблется с общей тенденцией к уменьшению. В сложившихся природно-климатических условиях радикальные меры по регулированию эрозионно-аккумулятивных процессов в реке (а приверженцы этих мер иногда и не подозревают, что именно это пытаются контролировать) не могут быть эффективными ни с экологической, ни с финансовой точки зрения. Здесь целесообразно проводить контроль источников поступления наносов в реки с водосборов и следить за изменением водности самой реки.

Список литературы

1. Антроповский В.И. 1999. Морфология долин и деформации русел рек в карстовых районах Европейской части России. Труды V конф. «Динамика и термика рек, водохранилищ и прибрежной зоны морей». М., ИВП РАН: 231–234.
2. Барышников Н.Б. 1990. Антропогенное воздействие на русловые процессы. Л., изд. ЛГМИ, 140 с.
3. Беркович К.М., Злотина Л.В., Турыкин Л.А. 2017. Природные и антропогенные нарушения формирования русел равнинных рек. Вестник Московского университета. Серия 5, География, 1: 48–54.
4. Будник С.В. 2018. Антропогенное влияние на мутность рек Западный Буг и Припять. Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Естественные науки, 42 (4): 532–539.
5. Векшина Т.В. 2010. Гидравлические сопротивления русел рек, зарастающих растительностью. Ученые записки Российского государственного гидрометеорологического университета, 15: 19–26.
6. Двинских С.А., Девяткова Т.П., Китаев А.Б., Тереханова Т.А. 2012. Динамика кривых расходов воды как индикатор русловых процессов. Географический вестник, 4 (23): 30–40.

7. Кондратьев Н.Е., Попов И.В., Сنيщенко Б.Ф. 1982. Основы гидроморфологической теории руслового процесса. Л., Гидрометеиздат, 272 с.
8. Лебедева М.Г., Петина М.А., Гончаревич Е.В., Колмыкова О.Н., Новикова Ю.И., Вагурин И.Ю. 2013. Влияние дноуглубительных работ на водный режим малых рек (на примере реки Болоховец). Научные ведомости БелГУ. Серия Естественные науки, 7 (24): 168–172.
9. Меркулова М.А., Павлюк Я.В. 2018. Изучение вертикальных русловых деформаций в пределах юга Европейского центра России. Научные ведомости БелГУ. Серия Естественные науки, 42 (2): 203–213.
10. Методические рекомендации по определению приоритета малых рек при разработке водоохранных мероприятий. 1991. М., Роскомвод, 191 с.
11. Методические рекомендации по учету влияния хозяйственной деятельности на сток малых рек при гидрологических расчетах для водохозяйственного проектирования. 1986. Л., Гидрометеиздат, 166 с.
12. Методические рекомендации УГКС по сетевым русловым наблюдениям 1981. Л.: Гидрометиздат, 112 с.
13. Огиевский А.В. 1932. Режим стока верхнего и среднего Днепра (за период с начала наблюдений по 1929-30 г.). Харків, «Транспорт і зв'язок», 414 с.
14. Попов И.В. 2012. Методологические основы гидроморфологической теории руслового процесса: Избранные труды. СПб., Нестор-История, 304 с.
15. Рекомендации по прогнозу деформаций речных русел на участках размещения карьеров и нижних бьефов гидроузлов. 1988. Л., Гидрометиздат, 128 с.
16. Рыжиков А.И. 2009. К вопросу о необходимости восстановления малых рек. Природообустройство, 3: 65–68.
17. Синиченко Е.К. 2003. Экстраполяция кривой связи расходов и уровней $Q=f(H)$. Вестник РУДН, Инженерные исследования, 2: 62–66.
18. Сметанин В.И., Согин А.В., Согин И.А. 2010. Очистка водоемов и русел малых рек с помощью отечественных технических средств. Экономические стратегии, 7–8: 88–91.
19. СТО ФГБУ «ГТИ» 52.08.31-2012. 2012. Добыча нерудных строительных материалов в водных объектах. Учет руслового процесса и рекомендации о проектировании и эксплуатации русловых карьеров. Санкт-Петербург, 134 с.
20. Ткачев Б.П., Булатов В.И. 2002. Малые реки: современное состояние и экологические проблемы. Новосибирск, ГПНТБ СО РАН, 114 с.
21. Budnik S.V. 2019. Variability of characteristics of rains and their erosive potential. Acta Scientific Agriculture, 3 (7): 204–206.
22. Hawley R.J., Bledsoe B.P., Stein E.D., Haines BE. 2012. Channel Evolution Model of Semiarid Stream Response to Urban-Induced Hydromodification. Journal of the American Water Resources Association (JAWRA), 1 (23). DOI: 10.1111/j.1752-1688.2012.00645.x
23. Gostner W. 2012. The hydro-morphological index of diversity: a planning tool for river restoration projects: Communications du Laboratoire de Constructions Hydrauliques. Lausanne, 219 p.

References

1. Antropovsky V.I. 1999. Morphology of valleys and deformation of river beds in karst regions of the European part of Russia. Transactions V Conf. “Dynamics and thermics of rivers, reservoirs and the coastal zone of the seas”. М., IVP RAS: 231–234. (in Russian)
2. Baryshnikov N.B. 1990. Antropogennoye vozdeystviye na ruslovyye protsessy [Anthropogenic impact on channel processes]. Л., LGMI, 140 p.
3. Berkovich K.M., Zlotina L.V., Turykin L.A. 2017. Natural and anthropogenic disturbances in the formation of riverbeds of lowland rivers. Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 5, Geografiya, 1: 48–54. (in Russian)
4. Budnik S.V. 2018. Anthropogenic impact on the turbidity of the Western Bug and Pripyat rivers. Belgorod State University Scientific Bulletin. Natural Sciences Series, 42 (4): 532–539. (in Russian)
5. Vekshina T.V. 2010. Hydraulic resistance of riverbeds overgrown with vegetation. Scientific notes of the Russian State Hydrometeorological University, 15: 19–26. (in Russian)
6. Dvinskikh S.A., Devyatkov T.P., Kitaev A.B., Terekhanova T.A. 2012. Dynamics of water flow rate curves as an indicator of channel processes. Geographical Bulletin, 4 (23): 30–40. (in Russian)



7. Kondratiev N.E., Popov I.V., Snishchenko B.F. 1982. Osnovy gidromorfologicheskoy teorii ruslovogo protsessa [Fundamentals of the hydromorphological theory of the channel process]. L., Gidrometeoizdat, 272 p.
8. Lebedeva M.G., Petina M.A., Goncharevich E.V., Kolmykova O.N., Novikova Yu.I., Vagurin I.Yu. 2013. The impact of dredging on the water regime of small rivers (on the example of the Bolokhovets river). Scientific sheets of BelSU. Series Natural Sciences, 7 (24): 168–172. (in Russian)
9. Merkulova M.A., Pavlyuk Y.V. 2018. The study of vertical channel deformations within the south of the European Center of Russia. Belgorod State University Scientific Bulletin. Natural Sciences Series, 42 (2): 203–213. (in Russian)
10. Metodicheskiye rekomendatsii po opredeleniyu prioriteta mal'kikh rek pri razrabotke vodookhrannykh meropriyatiy [Guidelines for determining the priority of small rivers in the development of water conservation measures]. 1991. M., Roskomvod, 191 p.
11. Metodicheskiye rekomendatsii po uchetu vliyaniya khozyaystvennoy deyatel'nosti na stok mal'kikh rek pri gidrologicheskikh raschetakh dlya vodokhozyaystvennogo proyektirovaniya [Methodological recommendations for taking into account the impact of economic activity on the flow of small rivers during hydrological calculations for water management design]. 1986. L., Gidrometeoizdat, 166 p.
12. Metodicheskiye rekomendatsii UGKS po setevym ruslovym nablyudeniyam [Methodical recommendations of the UGKS on network channel observations]. 1981. L., Gidrometizdat, 112 p.
13. Ogievsky A.V. 1932. Rezhim stoka verkhnego i srednego Dnepra (za period s nachala nablyudeniya po 1929–30 g.) [The flow regime of the upper and middle Dnieper (for the period from the beginning of observations to 1929–30)]. Kharkiv, "Transport and Sound", 414 p. (in Russian)
14. Popov I.V. 2012. Methodological foundations of the hydromorphological theory of the channel process: Selected works. SPb., Nestor-History, 304 p. (in Russian)
15. Rekomendatsii po prognozu deformatsiy rechnykh rusel na uchastkakh razmeshcheniya karyerov i nizhnikh byefov gidrouzlov [Recommendations for predicting deformations of river channels in areas of quarries and lower pools of hydroelectric facilities]. 1988. L., Gidrometizdat, 128 p.
16. Ryzhikov A.I. 2009. To the question of the need to restore small rivers. Environmental Engineering, 3: 65–68. (in Russian)
17. Sinichenko E.K. 2003. Extrapolation of the curve of the relationship of costs and levels $Q = f(H)$. Vestnik RUDN, Engineering research, 2: 62–66. (in Russian)
18. Smetanin V.I., Sogin A.V., Sogin I.A. 2010. Purification of reservoirs and channels of small rivers using domestic technical means. Economic strategies, 7–8: 88–91. (in Russian)
19. STO FSBI GGI 52.08.31-2012. 2012. Extraction of non-metallic building materials in water bodies. Consideration of the channel process and recommendations on the design and operation of channel open pits. St. Petersburg, 134 p. (in Russian)
20. Tkachev B.P., Bulatov V.I. 2002. Small rivers: current status and environmental problems. Novosibirsk, SPSL SB RAS, 114 p. (in Russian)
21. Budnik S.V. 2019. Variability of characteristics of rains and their erosive potential. Acta Scientific Agriculture, 3 (7): 204–206.
22. Hawley R.J., Bledsoe B.P., Stein E.D., Haines B.E. 2012. Channel Evolution Model of Semiarid Stream Response to Urban-Induced Hydromodification. Journal of the American Water Resources Association (JAWRA), 1 (23). DOI: 10.1111/j.1752-1688.2012.00645.x
23. Gostner W. 2012. The hydro-morphological index of diversity: a planning tool for river restoration projects: Communications du Laboratoire de Constructions Hydrauliques. Lausanne, 219 p.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

Будник С.В., доктор географических наук, старший научный сотрудник, ведущий инженер Центральной геофизической обсерватории имени Бориса Срезневского, г. Киев, Украина

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Svetlana V. Budnik., doctor of geographical Sciences, senior researcher, leading engineer of the Boris Sreznevsky Central geophysical Observatory, Kiev, Ukraine

УДК 504.054
DOI

Аккумуляция генотоксических соединений некоторыми компонентами водных и прибрежных экосистем Воронежского водохранилища

Е.Ю. Иванова

Воронежский государственный университет,
Россия, 394018, г. Воронеж, Университетская площадь, 1
E-mail: ivanova.vsu@gmail.com

Аннотация. Рассмотрено накопление генотоксических соединений в отдельных компонентах водных и прибрежных экосистем средней зоны Воронежского водохранилища. Проведен анализ накопления мутагенных и канцерогенных компонентов в образцах, отобранных в пяти точках, приуроченных к мостам. Оценены мутагенные индексы в воде, донном грунте, водорослях водной экосистемы, а также в почве, растениях и растительоядных насекомых в тех же точках в прибрежной зоне. Показано, что повышенной аккумуляции ксенобиотиков в водной среде характеризуют водоросли, которые способны накапливать химические соединения как метаболическим путем, так и адсорбцией на поверхности. В наземной среде повышенная аккумуляция генотоксических соединений ожидаемо отмечена в почве. Результаты исследования могут свидетельствовать о недостаточной очистке сточных вод, поступающих в Воронежское водохранилище.

Ключевые слова: Воронежское водохранилище, биоиндикация, аккумуляция, мутагены, тест Эймса, вода, водоросли, донный грунт, почва, растения, насекомые.

Благодарности: Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ (проект № 17-05-00569)

Для цитирования: Иванова Е.Ю. 2020. Аккумуляция генотоксических соединений некоторыми компонентами водных и прибрежных экосистем Воронежского водохранилища. Региональные геосистемы, 44(1): 113–121. DOI

The accumulation of genotoxic compounds some components of the aquatic and coastal ecosystems of the Voronezh reservoir

Ekaterina Y. Ivanova

Voronezh State University,
1 University square, Voronezh, 394018, Russia
E-mail: ivanova.vsu@gmail.com

Abstract. The concept of genotoxicity (genetic activity) includes any changes in the course of genetic processes under the influence of environmental factors. Assessment of the genetic activity of the latter is carried out through genetic test systems that are created on the basis of indicator species and genetic criteria for the damaging effects of biosystems at different levels their organization. The development of this approach in bioindication and biomonitoring, in particular, the state of the aquatic environment allows the assessment of genetic the activity of components of pollution of anthropogenic nature and make predictions regarding their long-term effects. The research material was samples of water, bottom soil, and algae in individual components of the water and coastal ecosystems of the Voronezh reservoir. Genotoxic compounds were found in all studied components of aquatic and near-water ecosystems of the



Voronezh reservoir. The most active xenobiotic accumulators in the aquatic environment are algae, and in the terrestrial – soil.

Keywords: Voronezh reservoir, bioindication, accumulation, mutagens, Ames test, water, algae, bottom sediments, soil, plants, insects.

Acknowledgements: The research was carried out with the financial support of the RFBR (project no. 17-05-00569)

For citation: Ivanova E.Y. 2020. The accumulation of genotoxic compounds some components of the aquatic and coastal ecosystems of the Voronezh reservoir. Regional Geosystems, 44(1): DOI:

Введение

Вода Воронежского водохранилища используются для водоснабжения технической водой промышленных предприятий и орошения пригородных сельскохозяйственных земель. Кроме того, воды Воронежского водохранилища при просачивании через слои под лежащих пород пополняют подземные водоносные горизонты, которые являются источником городского водоснабжения. В то же время водохранилище становится аккумулятором опасных для гидробионтов загрязнителей, которые поступают со сточными водами промышленных предприятий Воронежа, а также городов, расположенных выше по течению, таких как Липецк, Грязи, Мичуринск, Усмань. В водохранилище поступают ливневые воды, стекающие с селитебных и промышленных зон города. В период весеннего снеготаяния также поступают талые снеговые воды, которые активно вымывают загрязнители из воздуха, а также содержат высокие концентрации противогололедных реагентов.

На качество водных ресурсов существенно влияют оседающие на дно взвешенные частицы и донные отложения. В донных отложениях часть веществ может захораниваться и исключаться из биотических круговоротов, но многие соединения могут вымываться и вновь поступать в воду, таким образом формируя вторичное загрязнение.

Одним из значимых загрязнителей экосистем являются генотоксические соединения. Этим общим названием обозначают различные по химической природе и механизму действия соединения, способные вызывать повреждения генетического аппарата клеток. Если повреждения происходят в генеративных клетках, то, как правило, вызываемый эффект мутагенный, то есть отклонения чаще наблюдаются в последующих поколениях. Если повреждаются соматические клетки, то эффект канцерогенный, то есть поврежденные клетки получают способность неконтролируемо размножаться. Для большинства мутагенных ксенобиотиков показан и канцерогенный эффект [Томилина, Комов, 2002; Протасов, 2012; Иванова, Скрипкина, 2016; Иванова 2017]. Генотоксические соединения в большинстве абсолютно чужеродны для живых систем, поэтому организмы не имеют эффективной системы детоксикации и выведения данных ксенобиотиков. Поэтому мутагенные и канцерогенные соединения активно накапливаются в живых организмах, а потому способны вызывать нежелательные эффекты даже при незначительном содержании в абиотических компонентах среды. Химическое разнообразие соединений с генотоксическим действием и низкие действующие концентрации сильно затрудняет их химическое определение в биологических тканях. Кроме того, химическими методами невозможно определить, обладает ли то или иное вещество канцерогенными и мутагенными свойствами. Поэтому ведущими методами определения генотоксических соединений является биотестирование [Бакаева 2008; Мелехова, 2008; Александрова, 2009].

Оценка аккумуляции накопления генотоксических соединений в различных компонентах водных и прибрежных экосистем Воронежского водохранилища проводится регулярно с 1990 года с периодичностью 5–7 лет. В статье приведены результаты одного из этапов последнего исследования.

Объекты и методы исследования

Для оценки генотоксической активности соединений различного происхождения и назначения (в том числе лекарственных препаратов, пищевых добавок, БАДов) в мире используются биологические методы [Ильницкий, 1979; Котелевцев, 1986; Никаноров, 2000; Смолянинов, 2007; Воронцов, Николаевская, 2011; Орлов, 2012]. Самыми простыми и эффективными являются бактериальные тесты, в которых в качестве тест-организмов используют генномодифицированные бактерии. В бактериальных клетках молекула ДНК не отделена мембраной, что облегчает доступ мутагенных соединений к генетической информации. Кроме того, бактерии способны к быстрому делению, что позволяет получать результаты действия веществ на несколько поколений потомков в течении двух-трех суток. Однако у бактерий отсутствуют ферментативные системы метаболизма ксенобиотиков, характерные для млекопитающих. Для моделирования в тестах процессов, происходящих в печени, в часть экспериментальных чашек добавляют специально подготовленные вытяжки из печени лабораторных крыс, индуцированных инъекцией стандартного промутагена. В нашем исследовании применен тест Эймса сальмонеллы (микросомы).

Для оценки аккумуляции генотоксических соединений в отдельных компонентах водных и прибрежных экосистем Воронежского водохранилища летом 2017 года в десяти точках средней части были отобраны образцы воды, донного грунта и водорослей (*Chara foetida*), а также почва, высшие растения (*Achillea millefolium* L.) и насекомые (*Orthoptera*). Точки отбора проб были приурочены к основным мостам, пересекающим среднюю зону водохранилища (рис. 1).

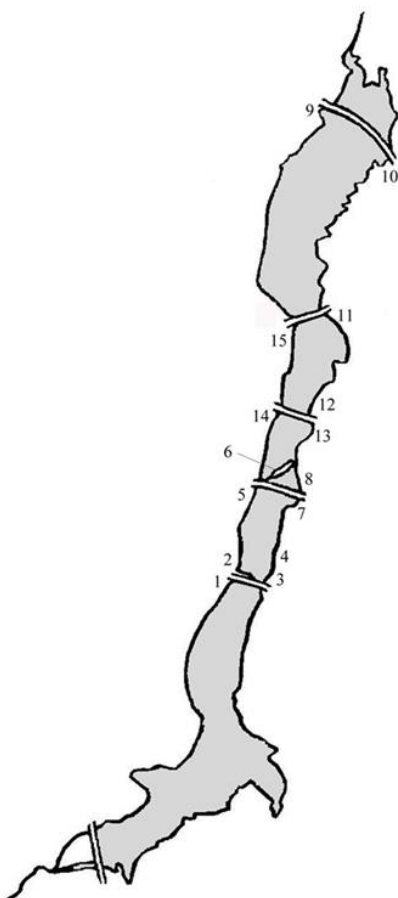


Рис. 1. Схема отбора проб на среднем участке Воронежского водохранилища
Fig. 1. Sampling scheme in the middle section of the Voronezh reservoir



Экстракцию аккумулярованных в образцах ксенобиотиков осуществляли по стандартной для данного теста методике с использованием смеси растворителей гексан-ацетон [Метелев, 1971; Ames et al., 1975; Крайнюкова, 1988; Иванова и др., 2001]. После их выпаривания осадок растворяли в диметилсульфоксиде (ДМСО), который не оказывает токсического действия на тестерные штаммы.

Подготовленные экстракты проб исследовали в тесте Эймса сальмонеллы (микросомы) на двух штаммах сальмонеллы TA 98 и TA 100, учитывающих, соответственно, мутации типа сдвига рамки считывания и замены оснований [Фонштейн, 1977; Ames et al., 1975; Ильницкий и др., 1993; Майстренко и др., 1996; Руководство по определению..., 2002; Филенко, 2007].

Результаты экспериментов приведены в виде мутагенных индексов (МИ), отражающих отношение числа колоний ревертантов сальмонеллы, выросших в присутствии экстрактов из исследованных образцов, к количеству колоний в чашках с растворителем (ДМСО). Кроме этого, в качестве контроля использовали дистиллированную воду. Мутагенный эффект считали значимым для МИ не ниже 2.

Результаты и их обсуждение

Генотоксическая активность в данном эксперименте была обнаружена в экстрактах всех видов отобранных образцов [Иванова, 2001; 2017]. Наиболее часто мутагенная активность выявлялась на штамме сальмонеллы TA 98, учитывающем мутации типа сдвига рамки считывания. В околотоводных экосистемах (рис. 2) наиболее часто мутагенный эффект в тесте Эймса проявляли экстракты почвы (33,3 % от всех исследованных проб).

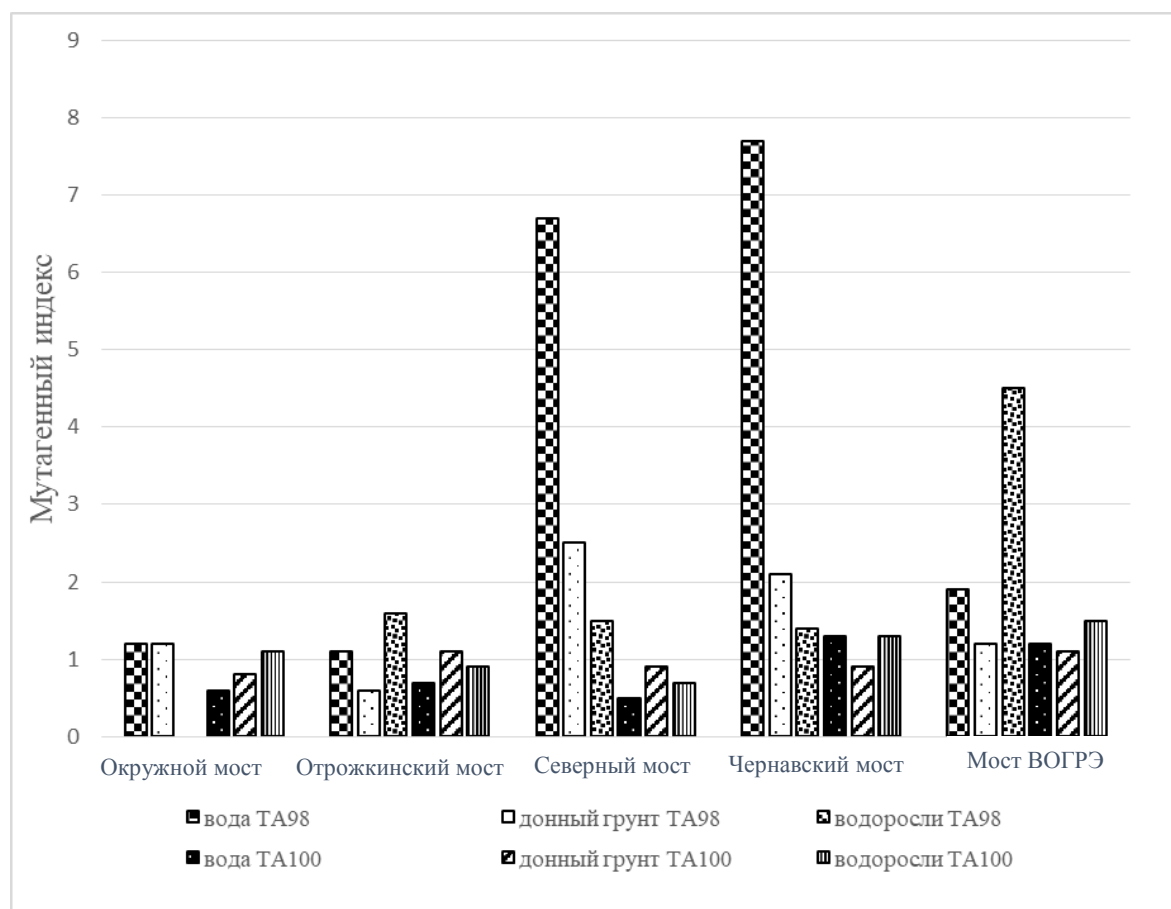


Рис. 2. Прямая мутагенная активность экстрактов отдельных компонентов прибрежных экосистем в тесте Эймса на штаммах сальмонеллы TA 98 и TA 100
Fig. 2. Direct mutagenic activity of extracts of individual components of coastal ecosystems in the Ames test on strains of Salmonella TA 98 and TA 100

Подобные результаты можно объяснить высокой аккумулярующей способностью почвы по отношению ко всем видам загрязнителей. Почва способна не только активно накапливать ксенобиотики, но и препятствовать их дальнейшей миграции. Подобные свойства почвы выявлены и в нашем исследовании: только в половине экстрактов растений, собранных на загрязненных почвах, удалось выявить мутагенную активность. Причем мутагенные индексы экстрактов растений были ниже, чем мутагенные индексы экстрактов почвы в тех же точках. Можно предположить, что значительная часть генотоксических соединений, аккумулярованных почвой, находится в форме соединений, недоступных для усвоения растениями. Травоядные насекомые являются следующим звеном в пищевой цепи, и можно было предположить, что исследование их экстрактов позволит выявить накопление мутагенных соединений в изучаемых экосистемах. Однако в нашем исследовании не удалось обнаружить подобной закономерности. Лишь 8 % всех исследованных экстрактов травоядных насекомых обнаружили мутагенный эффект в тесте Эймса. Причем обнаруженное накопление генотоксических соединений тканями травоядных насекомых (ВОГРЭС) не соответствует накоплению тех же соединений растениями (Чернавский и Северный мосты). Возможно, обнаруженные соединения относятся к различным классам и по разному метаболизируются ферментными детоксицирующими системами растений и насекомых. В водных экосистемах характер накопления генотоксических соединений отличался от наземной среды (табл., рис. 3).

Прямая мутагенная активность экстрактов исследованных компонентов экосистем
в различных зонах средней части Воронежского водохранилища
Direct mutagenic activity of extracts of studied components of ecosystems in different zones
of the middle part of the Voronezh reservoir.

Мосты, Тестерные штаммы	Вода	Донный грунт	Водоросли	Почва	Растения	Насекомые	Доля проб, про- явивших мутаген- ный эффект к об- щему числу проб, %
Окружной мост							8,3
ТА98	1,2	0,9	3,3	1,2	1,1	1,8	16,6
ТА 100	0,8	0,7	0,8	0,6	0,8	1,1	0
Отрожкинский мост							16,6
ТА98	0,7	0,5	6,9	1,1	0,5	1,6	16,6
ТА 100	2,2	0,6	0,8	0,7	1,1	0,9	16,6
Северный мост							41,6
ТА98	1,3	1,4	2,1	6,7	2,4	1,5	50
ТА 100	3,6	0,6	4,3	0,5	0,9	0,7	33,3
Чернавский мост							33,3
ТА98	0,7	3,3	2,1	7,7	2,1	1,4	66,6
ТА 100	0,5	0,6	0,7	1,4	0,9	1,3	0
Мост ВОГРЭС							41,6
ТА98	0,9	3,8	4,4	2,0	1/2	4,5	66,6
ТА 100	0,7	0,7	2,5	1,2	1,1	1,5	16,6

В экстрактах воды были обнаружены генотоксические соединения, проявляющие прямой мутагенный эффект на штамме сальмонеллы ТА 100, выявляющем мутации типа замены оснований. Подобные соединения обнаружены в районе Отрожкинского и Северного мостов. Донный грунт, традиционно считающийся сильным накопителем загрязнений, в нашем исследовании не проявил значительной аккумуляции ксенобиотиков. Только в 16 % всех исследованных экстрактов донного грунта удалось выявить мутагенный

эффект на штамме ТА 98. Такую слабую аккумуляцию можно объяснить тем, что донный грунт в исследованных точках представлен песком, из которого ксенобиотики легко вымываются.

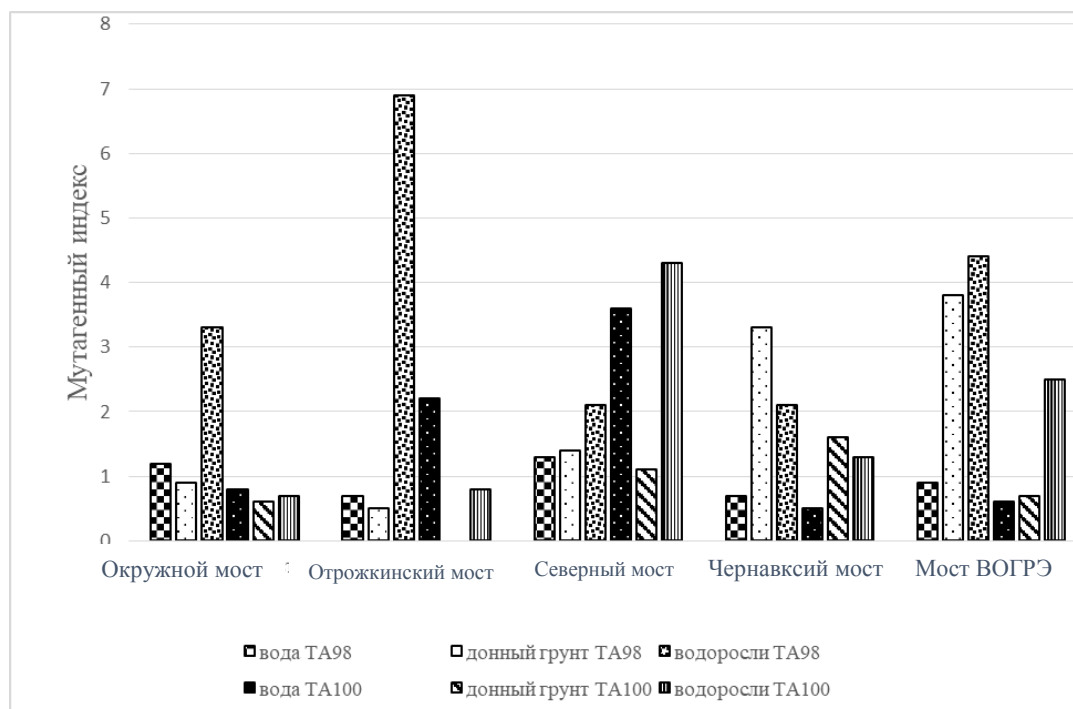


Рис. 3 Прямая мутагенная активность экстрактов отдельных компонентов водных экосистем в тесте Эймса на штаммах сальмонеллы ТА 98 и ТА 100

Fig. 3 Direct mutagenic activity of extracts of individual components of aquatic ecosystems in the Ames test on strains of Salmonella TA 98 and TA 100

Наиболее значительное накопление мутагенных соединений обнаружено в нашем исследовании в водорослях рода *Chara*. В 58 % исследованных экстрактов обнаружены генотоксические соединения, выявляющие мутагенный эффект на обоих тестерных штаммах сальмонеллы. Причем ксенобиотики, вызывающие мутации типа замены оснований (штамм ТА 98), выявлены во всех точках исследования. В районах Северного моста и моста ВОГРЭС в экстрактах присутствуют мутагенные соединения, вызывающие мутации обоих тестерных штаммов. Если рассмотреть результаты, расположив точки отбора проб по течению Воронежского водохранилища от верхних к нижним, то можно отметить возрастание генотоксического загрязнения. В районе Окружного моста только около 8 % исследованных проб обнаруживают мутагенный эффект на обоих тестерных штаммах сальмонеллы, а в районах Северного моста и моста ВОГРЭС доля положительных проб – 41,6 %. Интересно, что в районе Чернавского моста наблюдается уменьшение доли мутагенных экстрактов к общему числу исследованных (20,8 %). Можно предположить, что мутагенные ксенобиотики не просто накапливаются по направлению стока водохранилища, но и поступают в этих точках в некотором дополнительном количестве, что регистрируется в тесте Эймса.

Выводы

Методы биотестирования позволяют определить не только содержание отдельных ксенобиотиков, но и синергические эффекты, а также результаты трансформации соединений под действием различных факторов среды. В результате проведенного исследования показано, что генотоксические соединения обнаружены во всех изученных компонентах водных и околотовных экосистем Воронежского водохранилища. Наиболее активными аккумуляторами ксенобиотиков в водной среде являются водоросли, а в наземной – почва. Частота обнаружения мутагенного эффекта в различных компонентах экосистем возрастает по направлению стока водохранилища. Наибольшее количество экстрактов,

которые выявляют мутагенную активность, зафиксировано в районе Северного моста и моста ВОГРЭС. Результаты нашего исследования могут свидетельствовать о недостаточной очистке сточных вод. Кроме того, в водохранилище поступают стоки ливневой канализации, которая вовсе не подвергается очистке. В условиях возрастания количества автомобилей учащается использования противогололедных реагентов, которые, в свою очередь, попадают в ливневые стоки и становятся значительными источниками загрязнения.

Накопление в экосистеме Воронежского водохранилища генотоксических соединений может привести к большому сокращению видового разнообразия в результате возникновения неблагоприятных мутаций и канцерогенеза гидробионтов.

Список литературы

1. Александрова В.В. 2009. Применение метода биотестирования в анализе токсичности природных и сточных вод. Нижневартовск, Изд-во Нижневарт. гуманит. ун-та, 94 с.
2. Бакаева Е.Н. 2008. Оценка токсичности вод методом биотестирования: вопросы методического обеспечения. Материалы конференции Экология. Экономика. Информатика. Ростов-на-Дону, Изд-во «ЦВВР»: 93–95.
3. Воронцов А.И., Николаевская Н.Г. 2011. Вопросы экологии и охраны водной среды. М., Инфра-М, 98 с.
4. Иванова Е.Ю. 2017. Мониторинг генотоксического загрязнения Воронежского водохранилища. Германия, LAP, 60 с.
5. Иванова Е.Ю., Скрипкина А.В. 2016. Оценка химических и токсикологических свойств воды участка реки Хопёр. Вестник Воронежского гос. ун-та. Серия География. Геоэкология, 2: 67–72.
6. Иванова Е.Ю., Родионова М.В., Родионов В.В. 2001. Аккумуляции генотоксических соединений некоторыми компонентами водных и околоводных биогеоценозов Воронежского водохранилища. Сборник «Труды молодых ученых ВГУ», 3: 245–252.
7. Ильницкий А.П. 1979. О распределении канцерогенных углеводов в пресноводных водоемах. М., Наука, 236 с.
8. Ильницкий А.П., Королев А.А., Худолей В.В. 1993. Канцерогенные вещества в водной среде. М., Наука, 219 с.
9. Котелевцев С.В. 1986. Эколого-токсикологический анализ на основе биологических мембран. М., МГУ. 68 с.
10. Крайнюкова А.Н. 1988. Биотестирование в охране вод от загрязнения. Методы биотестирования вод. Черноголовка: 4–14.
11. Майстренко В.Н., Хамитов Р.З., Будников Г.К. 1996. Экологический мониторинг суперэкоотоксикантов. М., Химия, 320 с.
12. Мелехова О.П. 2008. Биологический контроль окружающей среды. Биоиндикация и биотестирование. М., Издательство Академия. 288 с.
13. Метелев В.В. 1971. Водная токсикология. М., Пищевая промышленность, 248 с.
14. Никаноров А.М. 2000. Мониторинг качества вод: оценка токсичности. Санкт-Петербург, Гидрометеоиздат, 156 с.
15. Орлов Д.С. 2012. Экология и охрана гидросферы при химическом загрязнении. М., Высшая школа, 167 с.
16. Протасов В.Ф. 2012. Экология, здоровье и охрана водной среды в России. М., Финансы и статистика, 289 с.
17. Руководство по определению методов биотестирования токсичности вод, донных отложений, загрязняющих веществ и буровых растворов. М., РЭФИА, НИА-Природа, 2002, 36 с.
18. Смольянинов В.М. 2007. Эколого – гидрологическая оценка состояния речных водосборов Воронежской области. Воронеж, Истоки, 98 с.
19. Томилина И.И., Комов В.Т. 2002. Донные отложения как объект токсикологических исследований (обзор). Биология внутренних вод, 2: 20–26.
20. Филенко О.Ф. 2007. Биологические методы в контроле качества окружающей среды. Экологические приборы и системы, 6: 18–20.
21. Фонштейн Л.М. 1977. Тест-система оценки мутагенной активности загрязнителей атмосферы на *Salmonella*. М., Изд-во МГУ, 107 с.
22. Ames B.N., McCann J., Yamasaki E. 1975. Method for detecting carcinogens and mutagens with the *Salmonella/mammalian* microsomes mutagenicity test. Mutation Research. Environmental Mutagenesis and Related Subjects, 31: 347–364.



References

1. Alexandrova V.V. 2009. Application of the method of biotesting in the analysis of toxicity of natural and wastewater. Nizhnevartovsk, publishing house of Signiert. gumanit. Univ, 94 p. (in Russian)
2. Bakaeva E.N. 2008. Assessment of water toxicity by biotesting: issues of methodological support. Materials of the conference Ecology. Economy. Informatics. Rostov-on-don, Publishing house "CVVR": 93–95. (in Russian)
3. Vorontsov A.I., Nikolaev N.G. 2011. Issues of ecology and protection of the aquatic environment. Moscow, Infra-M, 98 p. (in Russian)
4. Ivanova E.Yu. 2017. Monitoring of genotoxic pollution of the Voronezh reservoir. Germany, LAP, 60 p. (in Russian)
5. Ivanova E.Yu., Skripkina A.V. 2016. Assessment of chemical and Toxicological properties of the water section of the river hopper. Bulletin of the Voronezh state University. Series Geography. Geoecology, 2: 67–72. (in Russian)
6. Ivanova E.Yu., Rodionova M.V., Rodionov V.V. 2001. The accumulation of genotoxic compounds some components of aquatic and semi-aquatic ecosystems of the reservoir. Collection "Works of young scientists of VSU", 3: 245–252. (in Russian)
7. Ilnitsky A.P. 1979. O raspredelenii kantserogennykh uglevodorodov v presnovodnykh vodoyemakh [On the distribution of carcinogenic hydrocarbons in freshwater]. Moscow, Science, 236 p.
8. Ilnitsky A.P., Korolev A.A., Khudoley V.V. 1993. Kantserogennyye veshchestva v vodnoy srede [Carcinogenic substances in the aquatic environment]. Moscow, Science, 219 p.
9. Kotelevtsev S.V. 1986. Ekologo-toksikologicheskiy analiz na osnove biologicheskikh membran [Ecological and Toxicological analysis based on biological membranes]. Moscow, Moscow state University, 68 p.
10. Krainyukova A.N. 1988. Biotesting in the protection of water from pollution. Methods of biotesting water. Chernogolovka: 4–14. (in Russian)
11. Maistrenko V.N., Khamitov R.Z., Budnikov G.K. 1996. Ekologicheskiy monitoring superekotoksikantov [Ecological monitoring of superecotoxicants]. Moscow, Chemistry, 320 p.
12. Melekhova O.P. 2008. Biological control of the environment. Bioindication and biotesting. Moscow, Publishing house Academy, 288 p. (in Russian)
13. Metelev V.V. 1971. Vodnaya toksikologiya [Aquatic toxicology]. Moscow, Food industry, 248 p.
14. Nikanorov A.M. 2000. Monitoring of water quality: evaluation of the toxicity. Saint-Petersburg, Gidrometeoizdat, 156 p.
15. Orlov D.S. 2012. Ecology and protection of the hydrosphere in chemical pollution. Moscow, Higher school, 167 p. (in Russian)
16. Protasov V.F. 2012. Ecology, health and protection of the aquatic environment in Russia. M., Finance and statistics, 289 p. (in Russian)
17. Guidelines for determining methods of biotesting toxicity of water, sediments, pollutants and drilling fluids. Moscow, REFIA, NIA-Nature, 2002, 36 p. (in Russian)
18. Smolyaninov V.M. 2007. Ecological and hydrological assessment of the river catchments of the Voronezh region. Voronezh, Sources, 98 p. (in Russian)
19. Tomilina I.I., Komov V.T. 2002. Sediments as an object of Toxicological studies (review). Biology of internal waters, 2: 20–26. (in Russian)
20. Filenko O.F. 2007. The Biological methods in the control of environmental quality. Environmental instruments and systems, 6: 18–20. (in Russian)
21. Fonstein L.M. 1977. Test-system of evaluation of mutagenic activity of atmospheric pollutants on Salmonella. Moscow, Moscow state University Publ., 107 p.
22. Ames B.N., McCann J., Yamasaki E. 1975. Method for detecting carcinogens and mutagens with the Salmonella/mammalian microsomes mutagenicity test. Mutation Research. Environmental Mutagenesis and Related Subjects, 31: 347–364.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

Иванова Е.Ю., кандидат биологических наук, доцент кафедры геоэкологии и МОС факультета Географии, Геоэкологии и Туризма Воронежского государственного университета, г. Воронеж, России

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Ekaterina Yu Ivanova., candidate of biological Sciences, associate Professor of the Department of Geoecology and MOS of the faculty of Geography, Geoecology and Tourism of Voronezh state University, Voronezh, Russia