

# РЕГИОНАЛЬНЫЕ ГЕОСИСТЕМЫ

---

# REGIONAL GEOSYSTEMS

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

Том 44, № 4

16+

# РЕГИОНАЛЬНЫЕ ГЕОСИСТЕМЫ

## 2020. Том 44, № 4

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

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

#### Ведущий редактор

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

#### Ответственный секретарь

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

#### Члены редколлегии:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

*Чендев Ю.Г.*, 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. Коханова. Корректура, компьютерная верстка и оригинал-макет Л.П. Коханова. E-mail: [goleusov@bsu.edu.ru](mailto:goleusov@bsu.edu.ru).  
Гарнитура Times New Roman, Arial Narrow, Impact. Уч.-изд. л. 12,1. Дата выхода 30.12.2020. Оригинал-макет подготовлен отделом объединенной редакции научных журналов НИУ «БелГУ». Адрес: 308015, г. Белгород, ул. Победы, 85.

## СОДЕРЖАНИЕ

- 363 **Ушаков Е.А.**  
Влияние географических факторов на формирование среднемесячной заработной платы и занятости населения в муниципальных образованиях субъектов юга Дальнего Востока
- 375 **Буринчик А.С., Лисецкий Ф.Н.**  
Особенности охраны и государственной регистрации объектов археологического наследия на территории Белгородской области
- 388 **Иванов М.А., Абдуллин Х.М., Губайдуллин А.М., Гайнуллин И.И., Гафуров А.М., Усманов Б.М.**  
Использование архивных пространственных данных при анализе истории землепользования территории болгарских городищ Предволжья Республики Татарстан
- 404 **Дмитриева В.А., Жигулина Е.В.**  
Динамика водности малых водотоков Верхнедонского бассейна и ее роль в структурно-динамической организации ландшафтов
- 415 **Мелкий В.А., Верхотуров А.А., Братков В.В.**  
Влияние климата на состояние северной части елово-пихтовой подзоны темнохвойных бореальных лесов острова Сахалин
- 432 **Клевцова М.А., Михеев А.А.**  
Экодиагностика урбанизированной среды по морфометрическим показателям листовых пластинок *Betula pendula* Roth.
- 446 **Дергачева М.И., Кулижский С.П., Никифоров А.Н., Захарова Е.Г.**  
Физические свойства почв с признаками древнего педогенеза Барнаульского Приобья (Алтайский край, Россия)
- 462 **Голеусов П.В., Чугунова Н.В., Марциневская Л.В., Польшина М.А., Симон А.И.**  
Пространственное распределение и ренатурационная динамика постселитебных геосистем Центрально-Черноземного района
- 474 **Артищев В.Е.**  
Роль постселитебных геосистем в восстановлении связности экологических сетей

# REGIONAL GEOSYSTEMS

## 2020. Volume 44, No. 4

*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 (РИИЦ).

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. Nedealcov*, Member corr. Academy of Sciences of Moldova, Doctor, professor, (Institute of Ecology and Geography ASM, Chişinău Municipality, Republica 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. Kokhanova. Pag Proofreading, computer imposition L.P. Kokhanova. E-mail: [goleusov@bsu.edu.ru](mailto:goleusov@bsu.edu.ru). Typeface Times New Roman, Arial Narrow, Impact. Publisher's signature 12.1. Date of publishing 30.12.2020. 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

- 363 Ushakov E.A.  
Influence of geographical factors on forming the average monthly wage and employment of the population in municipalities of the federal territorial units in the south of the Far East
- 375 Burinchik A.S., Lisetskii F.N.  
Features of protection and state registration of objects of archaeological heritage in the Belgorod region
- 388 Ivanov M.A., Abdullin H.M., Gubaidullin A.M., Gainullin I.I., Gafurov A.M., Usmanov B.M.  
Using archival spatial data in the analysis of land use history of the territory of Bulgarian settlements in the PreVolga of Tatarstan
- 404 Dmitrieva V.A., Zhigulina E.V.  
Water dynamics of small water currents of the Upper Don basin and its role in the structural-dynamic organization of landscapes
- 415 Melkiy V.A., Verkhoturov A.A., Bratkov V.V.  
Climate influence on the state of the northern part of the spruce-fir subzone of the dark coniferous boreal forests of Sakhalin Island
- 432 Klevtsova M.A., Mikheev A.A.  
The ecodiagnosics of the urbanized environment by morphometric indicators of the leaves *Betula pendula* Roth.
- 446 Dergacheva M.I., Kulizhsky S.P., Nikiforov A.N., Zakharova E.G.  
Physical properties of soils with features of ancient pedogenesis in Barnaul Ob region (Altai territory, Russia)
- 462 Goleusov P.V., Chugunova N.V., Martsinevskaya L.V., Polshina M.A., Simon A.I.  
Spatial distribution and renaturation dynamics of post-settlement geosystems of the Central Chernozem region
- 474 Artishchev V.E.  
The role of post-settlement geosystems in restoring the connectivity of ecological networks



УДК 571(63)

DOI 10.18413/2712-7443-2020-44-4-363-374

## **Влияние географических факторов на формирование среднемесячной заработной платы и занятости населения в муниципальных образованиях субъектов юга Дальнего Востока**

**Ушаков Е.А.**

Тихоокеанский институт географии ДВО РАН,  
Россия, 690041, г. Владивосток, ул. Радио, 7  
E-mail: ushakov.tig.dvo@gmail.com

**Аннотация.** В статье рассматриваются вопросы, связанные с важнейшими характеристиками уровня развития социальной сферы, которая отражает не только состояние экономики, но и качество жизни населения – размеры среднемесячной заработной платы и структуру занятого населения в муниципальных образованиях. Объектом исследования выбраны муниципальные образования субъектов юга Дальнего Востока. Главной целью работы является территориальный анализ уровня жизни населения на примере данных двух статистических показателей. Дано объяснение территориальных различий этих показателей и указаны географические факторы, влияющие на этот процесс. Предложен специальный коэффициент, с помощью которого можно выявить зависимость между размером среднемесячной заработной платы и среднесписочной численностью работников организации с учетом стоимости жизни для каждого субъекта. Выявлены географические факторы, влияющие на значение коэффициента, представлены причины неравенства муниципальных образований по этому показателю. Отмечено особое положение административных центров субъектов. Показаны различия в динамике значений коэффициента для всех видов муниципальных образований – от административных центров субъектов до сельских районов. Отмечены изменения значений коэффициента, особенности его динамики в муниципальных образованиях, обусловленные влиянием общероссийских социально-экономических процессов.

**Ключевые слова:** среднемесячная заработная плата, число занятых, сфера деятельности, географические факторы, субъекты юга Дальнего Востока.

**Благодарности:** результаты исследований получены в рамках государственного задания Минобрнауки РФ (тема «Географические и геополитические факторы в инерционности, динамике и развитии разно ранговых территориальных структур хозяйства и расселения населения Тихоокеанской России», № АААА-А16-116110810013-5. Раздел 1). Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта №18-05-80006.

**Для цитирования:** Ушаков Е.А. 2020. Влияние географических факторов на формирование среднемесячной заработной платы и занятости населения в муниципальных образованиях субъектов юга Дальнего Востока. Региональные геосистемы, 44(4): 363–374. DOI: 10.18413/2712-7443-2020-44-4-363-374

---

## **Influence of geographical factors on forming the average monthly wage and employment of the population in municipalities of the federal territorial units in the south of the Far East**

**Evgeniy A. Ushakov**

Pacific Geographical Institute FEB RAS,  
7 Radio St., Vladivostok, 690041, Russia  
E-mail: ushakov.tig.dvo@gmail.com



**Abstract.** The article examines the issues associated with important characteristics of the development of the social sphere, which reflects not only the state of an economy, but also the quality of life of the population, the size of the average monthly wage and the structure of the employed population in municipalities. The object of the study is the municipalities of the federal territorial units in the South of the Far East. The main goal of the work is a territorial analysis of the living standards of the population using the example of data from two statistical indicators. An explanation is given for the territorial differences of these indicators and the geographical factors influencing this process are indicated. A special coefficient to reveal the relationship between the size of the average monthly wage and the average number of employees, taking into account the different cost of living in the territorial units, has been proposed. The geographic factors influencing the value of the coefficient were defined, and the reasons for the inequality of municipalities by this indicator were represented. The special position of such municipalities as administrative centers of the federal territorial units was noted. The differences in the dynamics of the calculated values of the coefficient for all types of municipalities, from administrative centers to rural areas were shown. Changes in the values of the coefficient and features of its dynamics in municipalities, caused by the influence of all-Russian socio-economic processes, were considered as well.

**Key words:** average monthly wage, number of employees, economic activity, geographical factors, federal territorial units in the South of the Far East.

**Acknowledgements:** The reported study was funded by RFBR according to the research project №18-05-80006.

**For citation:** Ushakov E.A. 2020. Influence of geographical factors on forming the average monthly wage and employment of the population in municipalities of the federal territorial units in the south of the Far East. *Regional Geosystems*, 44(4): 363–374. (in Russian). DOI: 10.18413/2712-7443-2020-44-4-363-374

---

## Введение

Субъекты юга Дальнего Востока имеют неравномерное социально-экономическое развитие на муниципальном уровне. На такую дифференциацию накладывается ряд факторов – ресурсная база, экономико-географическое положение, специализация территории, историческое развитие и т. д. Также стоит учитывать, что данная территория относится к районам нового освоения, которая также накладывает определенную степень на ее развитие [Романов, 2009; Бакланов и др., 2012a]. Это обусловлено высокими затратами на освоение территорий – суровыми природно-климатическими условиями, преимущественно горным рельефом местности и слабой транспортной доступностью. Любой вид деятельности в этих регионах сопряжен с удорожанием производства продукции и предоставлением различных услуг [Бакланов и др., 2012б; Zemtsov, Baburin, 2016; Кузнецова и др., 2019].

Данное неравенство и факторы, влияющие на этот процесс, можно проанализировать с помощью ряда статистических показателей. Одними из наиболее доступных являются размер среднемесячной заработной платы и среднесписочная численность работников организации на 1000 человек населения. Они, в сочетании с другими важными показателями, характеризуют уровень социально-экономического развития территории. К ним можно отнести: состояние промышленного производства, уровень развития сферы услуг, бюджетной сферы (сфера деятельности, оплачиваемая за счет бюджетных расходов). От доходов населения зависит оборот розничной торговли и объем платных услуг, оказываемых населению [Потанин, 2011]. Совокупное воздействие отмеченных факторов вызывает значительные диспропорции в социально-экономическом развитии отдельных видов экономической деятельности и муниципальных образований на территории субъектов юга Дальнего Востока [Бакланов и др., 2011; Baklanov, Moshkov, 2017; Шуняев, 2015].

## Объекты и методы исследования

Необходимо обращать внимание, за счет каких сфер деятельности формируется общая численность занятых и учитывать, что каждый вид экономической деятельности сильно различается по размеру среднемесячной заработной платы [Кадомцева, Пивкина, 2018]. Наибольший ее размер представлен в таких видах деятельности субъектов юга Дальнего Востока, как добыча полезных ископаемых, транспорт, строительство, государственное управление [Антонова, Ломакина, 2018; Бардаль, 2018]. Наименьшие ее значения – в ряде бюджетных видов деятельности, а также в сельском хозяйстве [Калашникова, Филиппова, 2013; Каспарьянц, 2017]. Данные показатели во многом зависят от особенностей сложившейся структуры занятого населения на территории, в т. ч. от градиента «центр-периферия» [Сидоркина, Романов, 2013; Мошков, 2016; Локтюхина и др., 2018; Moshkov, 2020].

На территориальном уровне исследуются муниципальные районы субъектов юга Дальнего Востока – Хабаровского и Приморского края, Амурской области и Еврейской автономной области.

Для оценки взаимосвязи между размером среднемесячной заработной платы,  $n$  численностью занятых и их влиянием на уровень жизни населения в муниципальных образованиях предлагается использовать коэффициент соотношения заработной платы и занятости:

$$K = (Z / S) \cdot (C / N),$$

где  $Z$  – размер среднемесячной заработной платы,  $S$  – стоимость фиксированного набора товаров и услуг в субъекте,  $C$  – среднесписочная численность работников организации,  $N$  – численность населения муниципального образования.

Использовались следующие методы: статистические методы обработки данных, картографический, ГИС-технологии, сравнения, обобщения, метод сопоставления, сравнительно-описательный, сравнительно-географический. В качестве информационной базы использовались статистические данные Росстата.

## Результаты и их обсуждение

При рассмотрении полученных результатов предложенного коэффициента в рассматриваемых субъектах необходимо отметить следующее. Наибольшие его значения фиксируются в Хабаровском крае и Амурской области. Заметно отстают от них Приморский край и Еврейская автономная область. Следует сказать, что все субъекты юга Дальнего Востока имели общую динамику коэффициента (рис. 1). Необходимо выделить Амурскую область, где в последние годы был более заметный рост значений рассчитанного коэффициента. Это обусловлено значительными инвестициями, вложенными в субъект, связанными со строительством космодрома «Восточный» и нового города на территории Свободненского района. Для реализации этих проектов было задействовано большое число занятых по виду деятельности «строительство», где был отмечен весьма высокий размер среднемесячной заработной платы.

Главными лидерами среди муниципальных образований являются северные муниципальные районы Хабаровского края и Амурской области, экономика которых представлена преимущественно добычей полезных ископаемых (драгоценных металлов) (рис. 2). Здесь наблюдаются самые большие размеры среднемесячной заработной платы и числа занятых на душу населения [База данных ..., 2020]. Несмотря на то что в этих районах затраты на проживание заметно выше, чем в целом по субъектам (на 10–25 %), по рассчитанным значениям коэффициента эти районы опережают другие муниципалитеты с заметным преимуществом [Регионы России..., 2014; 2019]. По итогам 2018 г. лидерами являлись: Аяно-Майский район (5,119), Тындинский (2,327), Селемджинский (2,054). Также





высокие значения имеют районы, где развит транспорт, в частности, обслуживание магистральных железных дорог (Байкало-Амурской магистрали и Транссиба), а также крупные морские порты (например, Ванинский район).

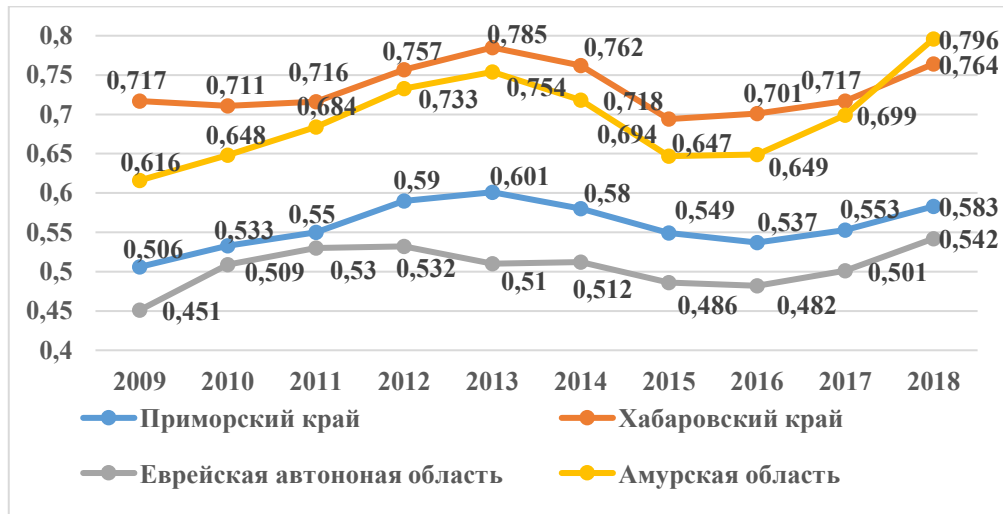


Рис. 1. Динамика коэффициента соотношения размера среднемесячной заработной платы и среднесписочной численности работников организации по субъектам юга Дальнего Востока  
 Fig. 1. Dynamics of the coefficient of the size of the average monthly wage and the average number of employees of the organization in the regions of the South of the Far East

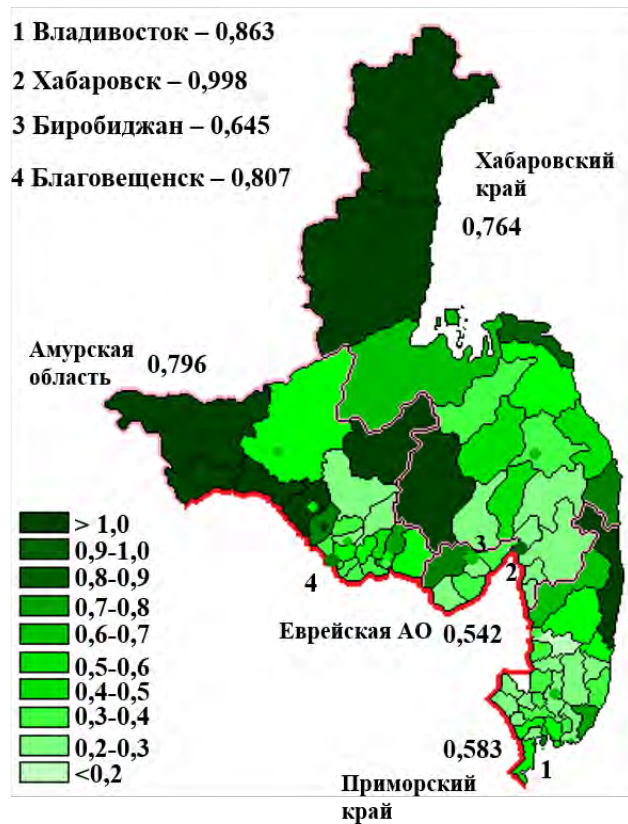


Рис. 2. Коэффициент соотношения размера среднемесячной заработной платы и среднесписочной численности работников организации по муниципальным районам юга Дальнего Востока  
 Fig. 2. The coefficient of the ratio of the size of the average monthly wages and the average number of employees of the organization in the municipal regions of the south of the Far East

Большие значения коэффициента отмечаются в административных центрах субъектов – Владивосток, Хабаровск, Благовещенск. Данные города оказывают заметное влияние на рассчитанные значения коэффициента в целом по субъекту, а также на его динамику. На их долю приходится до половины и более фонда заработной платы региона. Например, доля Владивостока – 49–52 % всего фонда заработной платы Приморского края); Хабаровска – 60–65 % Хабаровского края; Биробиджана – 54–58 % Еврейской автономной области; Благовещенска – 35–37 % Амурской области (рис. 3).

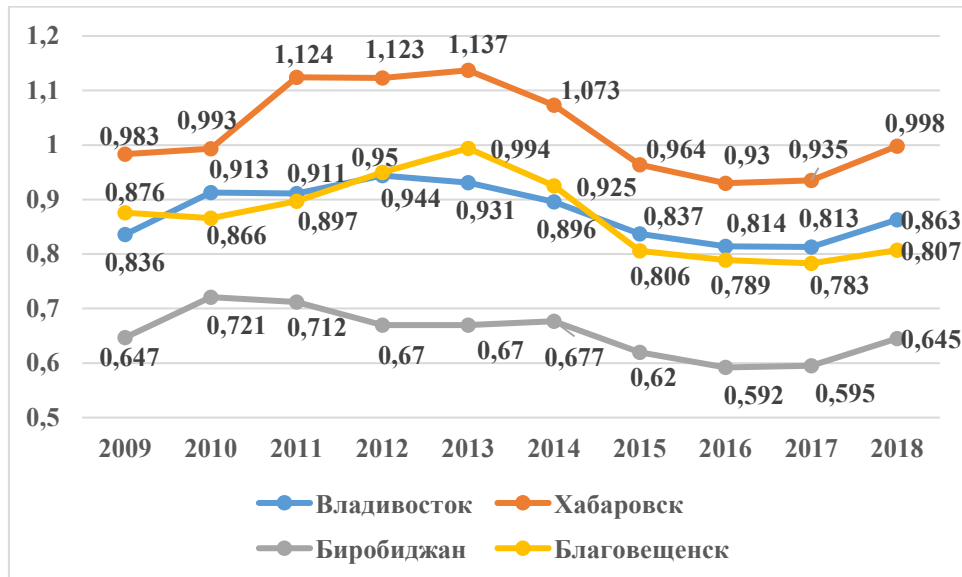


Рис. 3 Динамика коэффициента соотношения размера среднемесячной заработной платы и среднесписочной численности работников организации по административным центрам субъектов юга Дальнего Востока.

Fig. 3. Dynamics of the coefficient of the ratio of the size of the average monthly wage and the average number of employees of the organization by the administrative centers of the subjects of the South of the Far East

На муниципальном уровне преобладают значения коэффициента в пределах 0,2–0,4. Это, как правило, сельские муниципальные районы, где небольшой размер среднемесячной заработной платы и количество работающих на 1000 человек населения, а более половины занятых приходится на бюджетную сферу (табл. 1). Самые же низкие показатели коэффициента характерны для пригородных районов, где ощущается влияние притяжения крупного города. Жители этих районов имеют возможность сравнительно легко находить высокооплачиваемую работу в городе.

Динамика коэффициента имеет следующие особенности. После кризиса 2008–2009 гг. отмечался значительный рост вплоть до 2013 г. В последующем 2014 г. отмечено начало социально-экономического кризиса, в результате которого вновь начало происходить снижение коэффициента, пик которого пришелся на 2015. В дальнейшем начался его рост и в 2018 г. было зарегистрировано максимальное число городов и районов, где отмечалась эта тенденция (табл. 2).

За период 2010–2018 гг. рост отмечался в 74 из 85 рассмотренных муниципальных районов (рис. 4). Из них 11 районов имели двойной рост и еще 10 показали прирост не менее чем наполовину. Лидерами среди городов и районов были: Свободненский (в 5,3 раза), Шимановский (в 4,7 раза), Николаевский (в 2,9 раза), Амурский (в 2,8 раза), город Свободный, Селемджинский и Советско-Гаванский (в 2,5 раза), Благовещенский (в 2,4 раза), Верхнебурейский (в 2,3 раза), Тугуро-Чумиканский (в 2,2 раза), Тындинский (в 2,0 раза). Наибо-



лее активный рост был в период 2010–2014 гг., и менее активный в 2014–2018 гг. Основными лидерами по положительной динамике были районы, где основными видами деятельности являются добыча полезных ископаемых (драгоценные металлы), а также строительство. Рост был вызван увеличением числа занятых в этих двух видах деятельности, которые отличались высоким размером среднемесячной заработной платы.

Таблица 1  
Table 1

Количество городов и районов по коэффициенту соотношения заработной платы и среднесписочной численности работников организации<sup>1</sup>  
The number of cities and regions by the of the coefficient of the ratio of wages and the average number of employees of the organization

Годы	Коэффициент соотношения заработной платы и среднесписочной численности работников организации										Нет данных
	> 1	0,9–1,0	0,8–0,9	0,7–0,8	0,6–0,7	0,5–0,6	0,4–0,5	0,3–0,4	0,2–0,3	< 0,2	
2009	3	2	4	1	5	7	4	9	32	18	2
2010	5	3	3	3	4	4	8	14	24	17	2
2011	6	2	2	4	3	7	6	14	30	11	2
2012	7	2	3	5	2	8	12	14	23	9	2
2013	7	2	4	5	4	9	13	16	25	1	1
2014	8	1	4	2	6	6	10	19	26	3	2
2015	7	2	4	2	5	6	11	13	32	4	1
2016	7	3	1	5	6	6	10	15	25	7	2
2017	10	1	2	6	6	4	13	15	25	5	0
2018	11	2	6	2	8	4	14	18	21	1	0

Таблица 2  
Table 2

Количество городов и районов по динамике коэффициента соотношения заработной платы и среднесписочной численности работников организации  
The number of cities and districts by the dynamics of the coefficient of the ratio of the average monthly wages and the average number of employees in the

Динамика коэффициента	Годы									Периоды		
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2010–2014	2014–2018	2010–2018
Рост	58	54	68	55	22	11	47	61	79	68	58	74
0	1	1	0	2	2	0	2	2	0	0	0	0
Снижение	26	30	17	28	61	74	37	22	9	17	27	11
Из них:												
– рост более 10 %	30	27	46	25	4	1	14	21	29	–	–	–
– снижение более 10 %	7	12	7	5	11	31	3	3	1	–	–	–
– нет данных по муниципалитетам	2	2	2	2	2	2	1	2	0	–	–	–
– рост более 20 %	–	–	–	–	–	–	–	–	–	39	20	51
– снижение более 20 %	–	–	–	–	–	–	–	–	–	4	1	3
– нет данных по муниципалитетам	–	–	–	–	–	–	–	–	–	2	2	2

<sup>1</sup> Рассчитано на основе статистических данных:

1. База данных показателей муниципальных образований Росстата. Электронный ресурс. URL: <https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/munst.htm> (дата обращения: 10.09.2020)

2. Регионы России. Социально-экономические показатели. 2014. Москва, Росстат, 900 с.

3. Регионы России. Социально-экономические показатели. 2019. Москва, Росстат, 1204 с.

Снижение коэффициента отмечалось в следующих муниципальных районах: район имени Полины Осипенко (–51,1 %), Вяземский (–31,7 %), Дальнереченский (–23,6 %). Это вызвано завершением реализации ряда крупных инвестиционных проектов. Например, завершено строительство газопровода Восточная Сибирь – Тихий океан на территории последних двух районов. Как правило, реализация крупных инвестиционных проектов за счет строительства объектов влечет за собой резкий рост значений коэффициента, а по завершении происходит его резкий спад, вплоть до первоначальных значений.

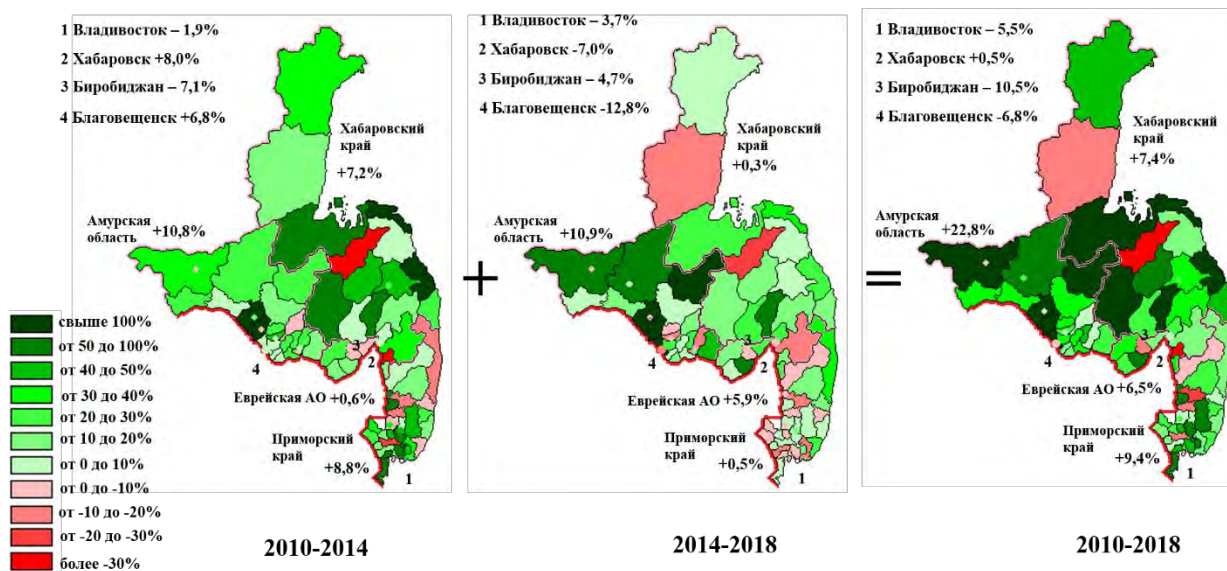


Рис. 4. Динамика коэффициента соотношения размера среднемесячной заработной платы и среднесписочной численности работников организации по муниципальным районам юга Дальнего Востока

Fig. 4. Dynamics of the coefficient of the ratio of the size of the average monthly wages and the average number of employees of the organization in the municipal regions of the south of the Far East

Максимальные значения коэффициента фиксировались в течение двух периодов – в 2012–2013 гг., и в 2018 г. В первом периоде максимум приходился на 32 муниципальных района (2012 г. – 12, 2013 г. – 20). В основном это были городские округа, с преимущественным развитием промышленных видов деятельности и развитой сферой услуг. Прежде всего, административные центры субъектов – города Владивосток, Хабаровск, Благовещенск. Исключением стал Биробиджан, который достиг максимума в 2010 г. Основное количество муниципалитетов с максимумом пришлось на 2018 г. – 38. Это, как правило, сельские районы, а также ряд городских округов – Комсомольск-на-Амуре, Находка, Арсеньев, Свободный. Среди субъектов стоит отметить, что первый период пика больше был характерен для муниципалитетов Приморского края, а второй период пика – для большинства районов других субъектов.

Минимальные значения коэффициента были характерны для большинства районов (особенно сельских) в период 2009–2011 гг. (в большей степени в 2009 г.). Второй же минимум (2015–2017 гг.) был характерен в основном для городских округов, особенно крупных: Хабаровск и Биробиджан – в 2016 г., Владивосток и Благовещенск – в 2017 г. Необходимо отметить, что социально-экономический кризис, который начался в 2014 г., в большей степени негативно отразился на городских округах, особенно на крупных и больших.

Важнейшим фактором, который влияет на значения коэффициента, является наличие видов деятельности, которые финансируются за счет бюджетных расходов – образо-



вание, здравоохранение, государственное управление, культура и т. д. Большинство официально зарегистрированных занятых в муниципальных образованиях (районах) приходится именно на эти виды деятельности. Даже в больших городах на них приходится около половины всех занятых. В сельских районах их доля еще выше, а в ряде случаев достигает не только 70 %, но и превышает 80 % (район имени Лазо, Вяземский, Биробиджанский, Облученский, Мазановский районы). Наименьшая же доля бюджетной сферы – северные районы Хабаровского края и Амурской области (Аяно-Майский, Охотский, Тында и Тындинский, Зейский, Магдагачинский, Сковородинский, Селемджинский) – менее 30 %. Здесь преимущественно развита добыча полезных ископаемых, в которой задействована основная часть занятых, в т. ч. вахтовым методом. В Амурской области в ряде районов задействовано большое число занятых в транспорте. В отдельных муниципальных районах доля бюджетных видов деятельности составляет менее 40 % из-за развитости других видов деятельности – лесопереработки (Тернейский район), рыбодобычи (Лазовский район), морского транспорта (Находка, Ванинский район), строительства (город Свободный, Свободненский и Шимановский районы). Следует учесть, что размер среднемесячной заработной платы зависит от расположения предприятия или организации одного и того же вида деятельности – в городе или в сельской местности (как правило, в городе он выше). Существует разница в размере среднемесячной заработной платы внутри вида деятельности. Например, в добыче полезных ископаемых размер заработной платы зависит от вида добываемого минерального ресурса (драгоценные металлы или полиметаллические руды), в обрабатывающей сфере и транспорте – от вида производственной деятельности и вида транспорта.

Выделяются следующие группы муниципальных образований юга Дальнего Востока по особенностям отраслевой структуры занятых по видам деятельности:

1. Административные центры субъектов с диверсифицированной структурой занятых. Стоит учитывать, что в них число занятых в бюджетных видах деятельности достигает около половины всех занятых, а в Биробиджане – свыше 70 %. Другая особенность – это более высокий размер среднемесячной заработной платы (в т. ч. и в бюджетных видах деятельности), чем в других муниципальных образованиях субъекта.

2. Пригородные муниципальные образования. Находятся в зоне тяготения крупных городов, включены в формирующуюся агломерацию. Их главная особенность – небольшое число занятых на 1000 человек населения и невысокий размер среднемесячной заработной платы. Причина – притягивание трудовых ресурсов в крупный город. К ним можно отнести Надеждинский район и города Артём (Владивосток), Хабаровский район (Хабаровск), Благовещенский район (Благовещенск). В некоторой степени, к этой группе можно отнести и Комсомольский район (Комсомольск-на-Амуре), Свободненский район (Свободный), Белогорский район (Белогорск), Биробиджанский район (Биробиджан), Смидовичский район (Хабаровск), Анучинский и Яковлевский район (Арсеньев), Шкотовский район (Владивосток), Партизанский район (Находка), сельские поселения Уссурийского городского округа (Уссурийск). При этом крупный город может оказывать свое влияние на структуру занятого населения как на весь район, так и фрагментарно – когда граничащие с городом населенные пункты полностью испытывают данное явление, а часть населенных пунктов района, удаленных от города, не испытывают даже косвенного влияния.

3. Районы с более высокой долей занятых в отдельных видах деятельности. В эту группу входят 16 районов, где определенные виды деятельности преобладают над бюджетными видами деятельности района. В этих районах отмечаются высокие значения коэффициента и в большинстве случаев его более положительная динамика, особенно, где преобладает сфера добычи полезных ископаемых и транспорта. В эту группу входят следующие районы: Аяно-Майский и Николаевский районы (добыча полезных ископаемых); Тында, Сковородинский, Ванинский и Верхнебурейский районы (транспорт); Свободный и Свободненский район (строительство); Арсенев и Большой Камень (обрабатывающие произ-



водства); Лазовский район (рыбодобыча); Тернейский район (лесозаготовки и лесопереработка). Необходимо выделить районы, где большая занятость сразу в нескольких видах деятельности – Магдагачинский (добыча полезных ископаемых и транспорт), Тындинский (добыча полезных ископаемых и строительство), Шимановский (транспорт и строительство).

4. Многоотраслевые районы с высокими значениями коэффициента. В этих районах существует несколько видов деятельности, в которых занято большинство населения района. Доля занятых в бюджетных видах деятельности невелика. Для них характерны высокие значения рассчитанного коэффициента. Основная доля занятых приходится на энергетику (Пожарский, Тугуро-Чумиканский, Бурейский), добычу полезных ископаемых (Пожарский и Тугуро-Чумиканский), обрабатывающие виды деятельности (Амурский район и Находка), транспорт (Находка).

5. Многоотраслевые районы с невысокими значениями коэффициента. В эту группу входят Дальнегорск, Шкотовский и Хасанский районы Приморского края. В Дальнегорске развиты добыча полезных ископаемых (полиметаллы, бор), а также связанные с ними обрабатывающие производства. Но из-за высокой себестоимости производства и низких цен на эту продукцию на мировых рынках размер заработной платы здесь невысокий. В Шкотовском и Хасанском районах наиболее развиты транспорт, обрабатывающие производства, но в этих видах деятельности также отмечается небольшой размер среднемесячной заработной платы из-за небольших объемов выпускаемой продукции и предоставляемых услуг. Также в эту группу отнесены два района Амурской области – Зейский и Белогорский. В Зейском районе действует диверсифицированная структура занятых с небольшим размером среднемесячной заработной платы. В Белогорском районе развито сельское хозяйство, связанное с ним обрабатывающее производство, которое традиционно малооплачиваемое.

6. Районы с преобладанием бюджетных видов деятельности над всеми другими видами деятельности. Здесь численность занятых в бюджетных видах деятельности значительно больше половины всего занятого населения муниципального района. К этим районам относится значительная часть муниципалитетов Приморского края, Смидовичский район Еврейской автономной области, а также городские округа (Белогорск, Райчихинск, Шимановск) и Октябрьский район Амурской области. Значения рассчитанного коэффициента здесь невысокие, зачастую даже низкие.

7. Муниципальные районы с преобладанием бюджетных видов деятельности и одного из видов деятельности. В эту группу включены Комсомольск-на-Амуре (обрабатывающее производство), пгт Прогресс (электроэнергетика), Спасский (обрабатывающие производства), Охотский (добыча полезных ископаемых), Завитинский (транспорт) и Тамбовский районы (сельское хозяйство).

8. Муниципальные районы с преобладанием бюджетных видов деятельности с высокими значениями коэффициента. В эту группу можно отнести три муниципальных образования – Облученский, Советско-Гаванский районы и городской округ г. Зея. Здесь отмечается небольшое число занятых не в бюджетных видах деятельности, где более высокий уровень заработной платы.

9. Муниципальные районы с преобладанием бюджетных видов деятельности с невысокими значениями коэффициента. В эту группу попадает основная часть сельских районов.

10. Муниципальные районы с низкими значениями коэффициента. В этих муниципальных районах отмечается наибольшая зависимость занятых от бюджетных видов деятельности при отсутствии других видов деятельности (крайне низкие значения показателя занятых на 1000 человек населения). В эту группу попали все аутсайдеры по значению рассчитанного коэффициента. Это пригородные районы, а также ряд районов Приморского края.



## Заключение

Предложенный коэффициент соотношения среднемесячной заработной платы и среднесписочной численности работников организации можно использовать для оценки уровня жизни населения в муниципальных образованиях. Коэффициент учитывает особенности отраслевой структуры занятого населения, характеризуя экономическую сферу районов.

По территориальным различиям коэффициента и их географических факторов формирования можно отметить следующее:

1. Ресурсная база (природно-ресурсный фактор). Районы, обладающие данным фактором, имеют в подавляющем большинстве случаев высокие значения коэффициента. Ярким примером служат северные районы Хабаровского края и Амурской области, где главным видом деятельности является добыча драгоценных металлов.

2. Экономико-географическое положение. Здесь отдельно нужно выделить транспортно-географическое положение. Особенно это касается тех районов, где проходят крупные транспортные пути (прежде всего, Транссиб и БАМ). Другим ярким примером служат прибрежные районы. В таких районах часто развиты портовые функции, а также осуществляется рыболовство и рыбопереработка.

3. Большие и крупные города, особенно административные центры субъектов. Для них характерны высокие значения коэффициента, а также в большинстве случаев диверсифицированная структура занятости. Сами же такие города негативно влияют на пригородные районы, забирая себе значительную часть их трудовых ресурсов (маятниковая миграция). Также эти города подвержены влиянию общероссийских социально-экономических процессов. Яркий пример – кризисные явления 2014–2015 гг., от которых города до сих пор не восстановились.

4. Большинство муниципальных районов, основным видом деятельности которых является бюджетная сфера (образование, здравоохранение, культура, государственное управление). На ее долю, приходится более половины зарегистрированных работающих. Наименьшие значения коэффициента отмечаются в депрессивных сельских муниципальных районах, где бюджетная сфера составляет не менее 70 % занятого населения.

5. Строительство – сфера деятельности, которая обладает наибольшей динамичностью. Она, прежде всего, связана с реализацией инвестиционных проектов (строительство различных крупных объектов и сетей). И в период осуществления этих проектов она оказывает положительное значение для социально-экономической сферы районов. Но после реализации инвестиционных проектов такие районы, как правило, возвращаются в свое первоначальное положение. Яркий пример – строительство нефте- и газопроводов.

6. Большая разница размера среднемесячной заработной платы на муниципальном уровне по каждому из видов деятельности (в т. ч. бюджетных). В городах она больше, чем в сельских районах. Также ее размер различен внутри самих видов деятельности – добыча полезных ископаемых (драгоценные металлы или полиметаллические руды), обрабатывающие производства (машиностроение или пищевая), транспорт (железнодорожный или автомобильный) и т.д.

## Список литературы

1. Антонова Н.Е., Ломакина Н.В. 2018. Природно-ресурсные отрасли Дальнего Востока: новые факторы развития. Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз, 11 (1): 43–56 DOI: 10.15838/esc.2018.1.55.3
2. Бакланов П.Я., Мошков А.В., Романов М.Т. 2011. Территориальные структуры хозяйства и экономические районы в долгосрочном развитии российского Дальнего Востока. Вестник Дальневосточного отделения Российской академии наук, 2: 18–28.



3. Бардаль А.Б. 2018. Транспортный комплекс Дальнего Востока: тенденции развития и роль в экономике. Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз, 11 (2): 24–36. DOI: 10.15838/esc.2018.2.56.2
4. Мошков А.В. Территориально-отраслевые структуры промышленности и их изменения. В кн.: Геосистемы Дальнего Востока России на рубеже XX и XXI веков. Под ред. П.Я. Бакланова. В 3-х томах. Том. 3 Территориальные социально-экономические системы. 2012а. Владивосток, Дальнаука: 222–289.
5. Бакланов П.Я., Мошков А.В., Романов М.Т. Основные тенденции изменения территориальных структур хозяйства Тихоокеанской России. В кн.: Тихоокеанская Россия: страницы, прошлого, настоящего, будущего. Под ред. П.Я. Бакланова. 2012б. Владивосток, Дальнаука: 313–341.
6. Кадомцева С.В., Пивкина Н.Ю. 2018. Качество жизни населения в административных центрах субъектов Российской Федерации (на примере Дальневосточного федерального округа). Экономический анализ: теория и практика, 17 (11): 2091–2106. DOI: 10.24891/ea.17.11.2091
7. Калашникова И.В., Филиппова К.В. 2013. Некоторые социально-демографические аспекты кадрового обеспечения промышленности в регионах российского Дальнего Востока. Региональная экономика: теория и практика, 26: 12–17.
8. Каспарьянц Н.М. 2017. Региональный рынок труда: особенности его формирования и функционирования. Научно-методический электронный журнал «Концепт», 31: 1096–1100.
9. Кузнецова Н.В., Матев Н.А., Кочева Е.В. 2019. Социально-экономические риски Дальневосточного федерального округа. Менеджмент в России и за рубежом, 5: 36–46.
10. Локтюхина И.В., Забелина О.В., Новикова И.В. 2018. Регулирование занятости населения Дальнего Востока России. Экономика и управление: проблемы, решения, 4 (1): 3–12.
11. Мошков А.В. 2016. Особенности изменений в структуре занятого населения федеральных округов России. Региональные исследования, 4 (54): 45–55.
12. Потанин М.М. 2011. Инструменты государственного стимулирования экономического развития Дальнего Востока. Таможенная политика на Дальнем Востоке, 2 (55): 37–54.
13. Романов М.Т. 2009. Территориальная организация хозяйства слабоосвоенных регионов России. Владивосток, Дальнаука, 317 с.
14. Сидоркина З.И. Романов М.Т. 2013. Региональные особенности занятости и уровня жизни населения в Дальневосточном макрорегионе. Уровень жизни населения регионов, 1: 61–71.
15. Шуняев А.В. 2015. Уровень и качество жизни населения как основа формирования конкурентоспособности рабочей силы региона. Уровень жизни населения регионов, 3 (197): 142–150.
16. Baklanov P.Ya., Moshkov A.V. 2017. Geographical differentiation of territorial structures of the economy in Pacific Russia, Geography and Natural Resources, 38 (1): 1–11.
17. Moshkov A.V. 2020. Structural Dynamics of the Employed Population of the Far Eastern Federal District of Russia. International Journal of Psychosocial Rehabilitation, 24: 3283–3297.
18. Zemtsov S.P., Baburin V.L. 2016. How to assess advantages of economic-geographical position for Russian regions. R-Economy, 3: 385–401. <https://doi.org/10.15826/recon.2016.2.3.035>.

## Reference

1. Antonova N.E., Lomakina N.V. 2018. Natural resource-based industries of the Far East: new drivers of development. Economic and Social Changes: Facts, Trends, Forecast, 11 (1): 43–56. (in Russian) DOI: 10.15838/esc.2018.1.55.3
2. Baklanov P.Ya., Moshkov A.V., Romanov M.T. 2011. Territorial structures of economy and economic regions in the long-term development of the Russian Far East. Vestnik of the Far East Branch of the Russian Academy of Sciences, 2: 18–28. (in Russian)
3. Bardal' A.B. 2018. The transport complex of the Far East: development trends and economic role. Economic and Social Changes: Facts, Trends, Forecast, 11 (2): 24–36. (in Russian) DOI: 10.15838/esc.2018.2.56.2
4. Moshkov A.V. Territorial and sectoral structures of industry and their changes. In: Geosystems of Far East of Russia on boundary of XX-XXI centuries. In 3 vol. Volume 3. Territorial socio-economic systems. Ed. P.Ya. Baklanov. 2012a. Vladivostok, Publ. Dal Nauka: 222-289 (in Russian).





5. Baklanov P.Ya., Moshkov A.V., Romanov M.T. The main trends in the change in the territorial structures of the economy of Pacific Russia. In: Tikhookeanskaya Rossiya: stranitsy. proshlogo. nastoyashchego. budushchego [Pacific Russia: pages of the past, present, future]. 20126 Ed. P.Ya. Baklanov. Vladivostok, Dalnauka: 313-341(in Russian).
6. Kadomtseva S.V., Pivkina N.Yu. 2018. Living standards in administrative centers of constituent entities of the Russian Federation: the Far Eastern Federal District case study. *Economic Analysis: Theory and Practice*, 17 (11): 2091–2106. (in Russian) DOI: 10.24891/ea.17.11.2091
7. Kalashnikova I.V., Filippova K.V. 2013. Nekotoryye sotsialno-demograficheskiye aspekty kadrovogo obespecheniya promyshlennosti v regionakh rossiyskogo Dalnego Vostoka [Some Socio-demographic aspects of industrial staffing in the regions of the Russian Far East]. *Regionalnaya ekonomika: teoriya i praktika*, 26: 12–17.
8. Kasparyants N.M. 2017. Regionalnyy rynek truda: osobennosti ego formirovaniya i funktsionirovaniya [Regional labor market: features of its formation and functioning]. *Nauchno-metodicheskiy elektronnyy zhurnal «Kontsept»*, 31: 1096–1100.
9. Kuznetsova N.V., Matev N.A. Kocheva E.V. 2019. Socio-economic risks of Far Eastern federal district. *Management in Russia and Abroad*, 5: 36–46. (in Russian)
10. Loktyukhina N.V., Zabelina O.V., Novikova I.V. 2018. Regulation of employment of the population of the Far East of Russia. *Economy and Management: problems, solutions*, 4 (1): 3–12. (in Russian)
11. Moshkov A.V. 2016. Special aspects of employment structure change in Russian Federation regions. *Regionalnyye issledovaniya*, 4 (54): 45–55. (in Russian)
12. Potanin M.M. 2011. Instrumenty gosudarstvennogo stimulirovaniya ekonomicheskogo razvitiya Dalnego Vostoka [Instruments of State Stimulation of Economic Development of the Far East]. *Tamozhennaya politika na Dalnem Vostoke*, 2 (55): 37–54.
13. Romanov M.T. 2009. Territorialnaya organizatsiya khozyaystva slaboosvoyennykh regionov Rossii [Territorial organization of the economy of poorly developed regions of Russia]. Vladivostok, Dalnauka, 317 p.
14. Sidorkina Z.I., Romanov M.T. 2013. Regionalnyye osobennosti zanyatosti i urovnya zhizni naseleniya v Dalnevostochnom makroregione [Regional features of employment and living standards of the population in the Far-Eastern Macro-Region]. *Uroven zhizni naseleniya regionov*, 1: 61–71.
15. Shunyaev A.V. 2015. The Standard of Living and Quality of Life of the Population as the Foundation for Building a Competitive Workforce in the Region. *Living Standards of the Population in the Regions of Russia*, 3 (197): 142–150.
16. Baklanov P.Ya., Moshkov A.V. 2017. Geographical differentiation of territorial structures of the economy in Pacific Russia, *Geography and Natural Resources*, 38 (1): 1–11.
17. Moshkov A.V. 2020. Structural Dynamics of the Employed Population of the Far Eastern Federal District of Russia. *International Journal of Psychosocial Rehabilitation*, 24: 3283–3297.
18. Zemtsov S.P., Baburin V.L. 2016. How to assess advantages of economic-geographical position for Russian regions. *R-Economy*, 3: 385–401. <https://doi.org/10.15826/recon.2016.2.3.035>

#### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

**Ушаков Евгений Александрович**, младший научный сотрудник лаборатории территориально-хозяйственных структур Тихоокеанского института географии ДВО РАН, г. Владивосток, Россия

#### INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

**Evgeniy A. Ushakov**, Junior Researcher of Laboratory of Territorial and Economic Structures of the Pacific Institute of Geography of Far East Branch Russian Academy of Sciences, Vladivostok, Russia



УДК 332.36+904

DOI 10.18413/2712-7443-2020-44-4-375-387

## **Особенности охраны и государственной регистрации объектов археологического наследия на территории Белгородской области**

**Буринчик А.С., Лисецкий Ф.Н.**

Белгородский государственный национальный исследовательский университет,  
Россия, 308015, г. Белгород, ул. Победы, 85  
E-mail: 1091243@bsu.edu.ru, liset@bsu.edu.ru

**Аннотация.** Проведение мероприятий по кадастровому учету объектов археологического наследия затруднено в силу действующей процедуры внесения сведений о памятниках археологии в Единый государственный реестр недвижимости. Проблемы, связанные с необходимостью совершенствования кадастрового учета и регистрации прав на земельные участки, на которых расположены объекты историко-культурного назначения, до сих пор не решены. Цель работы состояла в критическом анализе современной практики включения сведений в ЕГРОКН и в ЕГРН и предложение вариантов мер, обеспечивающих сохранность памятников археологии. Результаты данного исследования, использующего в качестве примера территорию Белгородской области, показали, что совершенствование мер по установлению охранных зон и территорий объектов археологического наследия и повышение доступности информации о них будет являться эффективным инструментом для сохранения археологических комплексов, а, в итоге, и исторической изученности территории. Обоснованы предложения по включению охранных зон, в границах которых расположены памятники археологии, в документы территориального планирования всех уровней.

**Ключевые слова:** объекты археологического наследия, зоны охраны, Белгородская область, границы территорий, особые условия землепользования, охрана археологического наследия.

**Для цитирования:** Буринчик А.С., Лисецкий Ф.Н. 2020. Особенности охраны и государственной регистрации объектов археологического наследия на территории Белгородской области. Региональные геосистемы, 44(4): 375–387. DOI: 10.18413/2712-7443-2020-44-4-375-387

---

## **Features of protection and state registration of objects of archaeological heritage in the Belgorod region**

**Anna S. Burinchik, Fedor N. Lisetskii**

Belgorod National Research University,  
85 Pobedy St, Belgorod, 308015, Russia  
E-mail: 1091243@bsu.edu.ru, liset@bsu.edu.ru

**Abstract.** Carrying out measures for the cadastral registration of archaeological heritage sites is difficult due to the current procedure for entering information about archaeological monuments into the Unified State Register of Real Estate (USRN). The problems associated with the need to improve cadastral registration and registration of rights to land plots on which objects of historical and cultural significance are located have not yet been resolved. The aim of the work was to critically analyze the current practice of including information in the Unified State Register of Capital Construction Objects and in the USRN and to propose options for measures to ensure the safety of archaeological monuments. The results of this study, where the territory of the Belgorod region was used as an example, showed that improving measures to establish protected zones and territories of archaeological heritage sites and increasing the availability of information about them will be an effective tool for preserving archaeological complexes,



and, as a result, for historical study of the territory. Proposals for the inclusion of protected zones, within the boundaries of which archaeological monuments are located, in the territorial planning documents of all levels were substantiated.

**Keywords:** objects of archaeological heritage, protection zones, borders of territories, special conditions of land use, protection of archaeological heritage.

**For citation:** Burinchik A.S., Lisetskii F.N. 2020. Features of protection and state registration of objects of archaeological heritage in the Belgorod region. *Regional Geosystems*, 44(4): 375–387. DOI: 10.18413/2712-7443-2020-44-4-375-387

## Введение

В настоящее время большое количество памятников археологии уничтожено. Сохранение сложившейся ситуации в данной сфере может привести к утрате значимых историко-культурных ценностей, к тому же некоторые объекты и территории археологического наследия, сохранившие почвенно-растительный покров, обладают большой естественной научной значимостью [Чендев и др., 2001; Barczy, 2003; Чендев, 2013; Deák et al., 2016]. Анализ накопленного опыта научных исследований памятников археологии свидетельствует о том, что существуют различные варианты обеспечения их сохранности. Например, масштабные обследования и охранные раскопки [Серегин, 2014]; геофизические исследования [Кол и др., 2012], археологический мониторинг [Зайцева и др., 2013], разработка алгоритма изучения памятников [Журбин, 2018] и другие. Некоторые исследователи находят решение в модернизации действующего законодательства [Сумачев, Черепашкин, 2015], чтобы минимизировать вероятность случаев грабительских раскопок, а также разрушений на пашне и при проведении строительных работ [Семыкин, 2017], начиная с уровня субъектов РФ [Чернядьева, 2001]. Имеются также проблемы, связанные с необходимостью совершенствования кадастрового учета и регистрации прав для земель, на которых расположены объекты историко-культурного назначения [Вершинин, Краева, 2008].

Следует отметить, что для обеспечения задачи охраны памятников археологии эффективным направлением в обнаружении, координатной привязке, инвентаризации и включения в государственные реестры является применение ГИС-технологий, интегрированных с данными и технологиями дистанционного зондирования. У используемого для этих целей мультидисциплинарного геоархеологического анализа, который активно вовлекает методы наук о Земле [Лисецкий и др., 2017; Cordova, 2018], есть общая черта, которая заключается в использовании ГИС-технологий и смежных с геоинформатикой методов (дистанционного, геодезического, картографического и др.) [Крупочкин, 2009; Смекалова и др., 2016; Крупочкин и др., 2019; Сидорина и др., 2019]. В последнее время совершенствуются технологии съемки археологических ландшафтов и 3D-моделирования объектов и территорий на базе систем БПЛА коптерного типа [Крупочкин, Папин, 2018].

Пример комплексных решений на региональном уровне – аналитическая ГИС «Археологические памятники Крыма», в которой реализованы новые подходы к мониторингу и охране объектов историко-культурного наследия с использованием средств цифрового картографирования и пространственного анализа [Буряк и др., 2018]. Разработанная единая база геоданных археологических памятников (в том числе не включённых в официальный реестр), её совмещение с векторными слоями земельных угодий и административно-кадастрового деления позволили выявить ситуации, когда целевое использование земель с расположенными на них археологическими памятниками создаёт угрозы их сохранению. На геопортале реализован механизм удалённого редактирования и пополнения базы, что позволяет вести мониторинг состояния нуждающихся в охране памятников [Буряк и др., 2018; Лисецкий и др., 2018].

ГИС-технологии используются и в зарубежных странах для оценки плотности расположения памятников археологии в административных границах, что позволяет ответственно управлять территориями, на которых расположены объекты культурного наследия [Ciski et al., 2019]. Данные, полученные в результате ГИС-анализа, могут стать инструментом, который упростит работу органов власти при разработке документов территориального планирования [Rzasa et al., 2019].

Наиболее полным решением, использующим возможности кадастрового учета, является включение археологических объектов в Единый государственных реестр недвижимости (далее – ЕГРН), поскольку это позволит идентифицировать местоположение памятников и обеспечить их сохранность при предоставлении земельных участков [Колонцов, 2010]. Большинство памятников находятся в плачевном состоянии в связи с отсутствием в ЕГРН сведений о местоположении их границ, что затрудняет уполномоченным органам выполнение мероприятий по охране [Михальченко, 2018]. Алгоритм действий, изложенный в работе А.П. Михальченко, представляется универсальным, аналогичный порядок действий осуществляется при формировании границ памятников археологии на территории Белгородской области.

Несмотря на то что на законодательном уровне предусмотрена государственная охрана памятников, в нормативно-правовых актах не содержится единой методики по приватизации земельного участка, в границах которого располагается объект археологического наследия [Лавров, 2019].

В связи с участвовавшими случаями грабительских раскопок целесообразно ограничить доступ к сведениям о местоположении границ памятников. Создание геоинформационной аналитической системы (ГИАС) «Археологические памятники региона» для органов государственной власти и местного самоуправления – решение, обеспечивающее проведение эффективного мониторинга земельно-правовой ситуации по каждому археологическому памятнику. Система, построенная на базе данных учтенных в ЕГРН археологических памятников с визуализацией на электронной карте также упростит процедуру формирования отчетов и запросов в территориальные органы государственной охраны историко-культурного наследия [Лисецкий и др., 2018].

Цель работы – анализ современной практики включения сведений в Единый государственный реестр объектов культурного наследия (далее – ЕГРОКН) и в ЕГРН, а также – предложение вариантов мер, обеспечивающих сохранность памятников археологии.

### **Объекты исследования**

Объекты археологического наследия – разновидность объектов культурного наследия в категории федерального историко-культурного значения. Памятники археологии – частично или полностью скрытые в земле или под водой следы существования человека в прошлых эпохах [Об объектах культурного ..., 2002].

Курганы среди объектов археологического наследия наиболее многочисленны. В современных условиях сохранились преимущественно более крупные насыпи (рис. 1), но состояние большинства вызывает сильную тревогу. Курганы, построенные степными кочевниками, широко распространены от Венгрии до Монголии, их количество составляет приблизительно 600 тысяч [Deák et al., 2019]. Результаты исследований профессора Ю.Г. Чендева, основанных на анализе Военно-топографической карты Курской губернии 1863 г. и топографических карт в период 1955–1959 гг. и отраженных в справочнике 1993 г. [Дьяченко и др., 1993], показали, что на территории Белгородской области сосредоточено 2450 курганов. Однако, как отмечено в указанном источнике [Дьяченко и др., 1993], за более продолжительный период, начиная с эпохи позднего энеолита и до середины XIII в., на территории Белгородчины, было сооружено (с учетом уничтоженных до середины 1950-х гг.) около 3000 курганов.



Рис. 1. Примеры современного состояния курганов: *а* – группа курганов к северо-востоку от Евпатории, вблизи поселений поздней бронзы и античного времени; *б* – объект культурного наследия федерального значения, охраняемый с 1871 г. Мелек-Чесменский курган

IV в. до н. э., г. Керчь

Fig. 1. Examples of the current state of mounds: *a* – a group of mounds to the North-East of Yevpatoria, near settlements of late bronze and ancient times; *b* – a Federal cultural heritage site, protected since 1871 Melek-Chesmensky mound of the IV century BC, Kerch

Для систематизации и учета сведений об историко-культурном наследии ведется ЕГРОКН, при регистрации в котором каждому объекту присваивается уникальный номер. База такого реестра пополняется на основании нормативно-правового акта о принятии на государственную охрану объектов. На май 2020 г. в ЕГРОКН содержатся сведения о 2155 объектах, расположенных на территории Белгородской области, включая памятники археологии, которых насчитывается свыше 800 (перечень объектов размещен на сайте Управления государственной охраны объектов культурного наследия Белгородской области). Однако для объектов археологического наследия набор сведений несколько меньше, чем для других категорий памятников в связи с повышенным риском уничтожения. К та-

ким сведениям относятся, прежде всего, данные о местоположении объекта, его фотографическое изображение, сведения о предмете охраны [Об утверждении перечня ..., 2015].

Следует отметить, что сформированные под памятниками археологии земельные участки необходимо относить к категории «земли особо охраняемых территорий и объектов» в связи с особым научным, историко-культурным, эстетическим значением и подверженностью высокому риску повреждения (уничтожения) (рис. 2, а), поскольку они в основном расположены на землях, относящихся к категории земель сельскохозяйственного назначения (рис. 2, б).



Рис. 2. Примеры повреждения курганов: а – курган, нарушенный грабительским раскопом (в 1,6 км к югу от с. Героевское) вблизи поселений IV–I вв. до н. э.; б – курган в агроландшафте (Борисовский р-н Белгородской области)

Fig. 2. Examples of damage to mounds: а – a mound disturbed by a predatory excavation (1.6 km South of the village of Geroevskoe) near settlements of the IV–I centuries BC; б – a mound in the agricultural landscape (Borisovsky district of the Belgorod region)



В этой связи представляется очень своевременной инициатива ученых Венгрии (*MTA-DE Biodiversity and Ecosystem Services Research Group*) [Deák et al., 2019] по разработке информационного ресурса – Евразийской базы данных курганов (*Eurasian Kurgan Database* (<http://openbiomaps.org/projects/kurgan>)), которая открыта для наполнения, в том числе по регионам РФ [Брагина и др., 2019].

### Результаты и их обсуждение

В рамках исследования была проанализирована процедура внесения сведений в ЕГРОКН посредством сервиса «ТехнокадМуниципалитет» (<https://tm.technokad.ru/>).

Первая проблема – неосуществимость выбора земельного участка в качестве вида объекта, что приводит к невозможности внесения сведений в ЕГРН как об объектах культурного наследия, поскольку памятники археологии, как правило, представлены именно как земельные участки. Данная возможность пресекается на уровне действующего законодательства. Скорректированные заявки с видом объекта «земельный участок», направленные в Управление Росреестра, возвращаются с уведомлением о невозможности внесения в ЕГРН.

Вторая особенность заключается в том, что при первоначальном межевании земель сельскохозяйственного назначения на основании проектов перераспределения земель сельскохозяйственной организации, не учитывались границы курганных насыпей. В связи с чем многие курганы включены в границы участков из категории земель сельскохозяйственного назначения.

На территории Белгородской области в период 2011–2016 гг. на основании государственных контрактов проводились работы, предусматривающие исключение курганных групп из состава земель сельскохозяйственного назначения: кадастровые работы по разделу земельных участков, находящихся в собственности субъекта РФ. Однако права на земельные участки, занятые памятниками археологии, не зарегистрированы, в связи с чем их юридический статус в ЕГРН – «временные». Также эти участки принадлежат к категории «земли сельскохозяйственного назначения» (рис. 3).

Во времена СССР охранные зоны, зоны регулирования застройки и зоны охраняемого природного ландшафта устанавливали для всех видов памятников, в том числе для археологических объектов [Об охране и использовании ..., 1978]. Ныне сведения об объектах археологического наследия представлены в виде территорий и охранных зон.

Границы территорий памятников археологии определяются на основании археологических полевых работ. В действующем законодательстве не закреплено единых параметров охранных зон и территорий таких объектов. В связи с этим некоторые регионы ввели местные законы, содержащие параметры границ охранных зон для каждого вида объектов культурного наследия [Об объектах культурного наследия ..., 2015]. В Белгородской области нет нормативного акта, который бы устанавливал единые параметры для всех объектов. Территории формируются на основании утвержденного уполномоченным органом приказа для конкретного памятника. Следует отметить, что территория памятника археологии и его охранная зона носят теоретический характер, т.к. процедура закрепления границ таких зон на местности не предполагается.

В настоящее время на территории Белгородской области активно проводятся работы по формированию и наполнению базы данных ЕГРН сведениями о местоположении границ территорий объектов археологического наследия. В период 2016–2020 гг. приказами уполномоченного органа в области охраны объектов культурного наследия были утверждены границы территорий 64 объектов археологического наследия, рассредоточенных по всем районам региона (рис. 4).



Рис. 3. Исключенные из состава земельного участка, относящегося к землям сельскохозяйственного назначения, объекты археологического наследия: *а* – фрагмент проекта перераспределения земель сельскохозяйственного предприятия; *б* – фрагмент публичной кадастровой карты

Fig. 3. Objects of archaeological heritage excluded from the composition of the land plot related to agricultural land: *a* – a fragment of the project for the redistribution of land of an agricultural enterprise; *b* – a fragment of a public cadastral map

Еще одна особенность обеспечения охраны путем внесения сведений в ЕГРН заключается в том, что на текущий момент не разработана форма, согласно которой сведения о территории памятника необходимо включать в единый реестр. Приказом Минэкономразвития РФ № 650 от 23.11.2018 г. утверждены формы графического и текстового описаний местоположения, касающиеся границ населенных пунктов, территориальных зон, особо охраняемых природных территорий, зон с особыми условиями использования территорий [Об установлении формы ..., 2016].

В рамках соблюдения формата документов, в виде которых материалы направляются в Управление Росреестра для наполнения базы данных ЕГРН, сведения о территориях объектов культурного наследия вносятся в виде утвержденных XML-схем, включающих информацию о местоположениях границ территории и сведения, содержащиеся в решении уполномоченного органа. Схема расположения территории вычерчивается на картографической основе с отображением кадастровой базы. Готовый пакет документов заверяется электронной цифровой подписью представителя уполномоченного органа [Об утверждении Правил ..., 2015]. Сведения о границах зон и территорий, внесенные в ЕГРН, воспроизводятся на общедоступной Публичной кадастровой карте.

Еще одной мерой по обеспечению сохранности объектов археологического наследия является информирование собственников земельных участков, сведения о которых содержатся в реестре прав, о наличии на их объекте археологического памятника, – рассылка Охранных обязательств. Мера может быть действенной, лишь в случае, когда в ЕГРН содержатся сведения о земельном участке и данные о правообладателе, но





зачастую памятники расположены на не разграниченных или общих долевых землях. Данное мероприятие осуществляет Управление государственной охраны объектов культурного наследия.

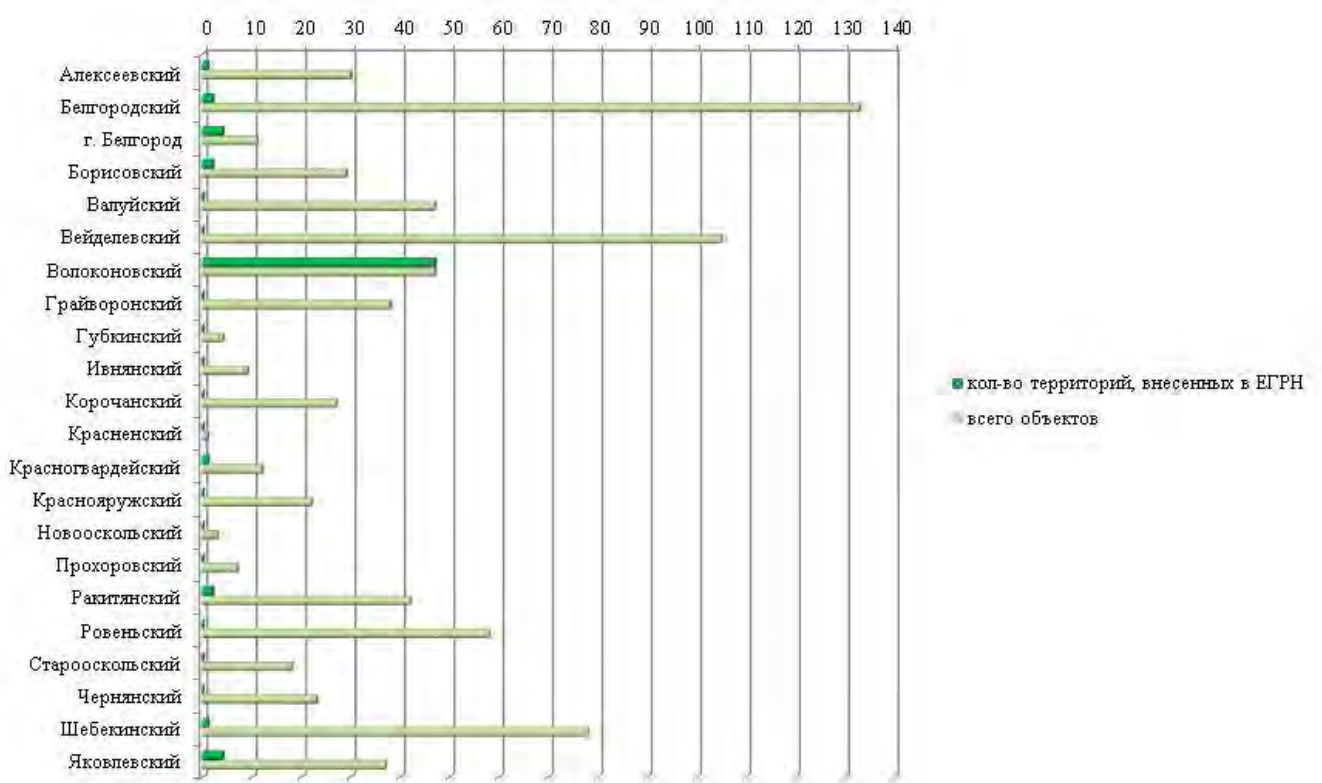


Рис. 4. Распределение установленных границ территорий объектов археологического наследия Белгородской области, сведения о которых содержатся в едином государственном реестре недвижимости, по муниципальным образованиям

Fig. 4. Distribution of the boundaries of the territories of objects of the archaeological heritage of the region, information about which is available in the unified state register of real estate, by the municipal districts

Следует отметить, что существует положительная практика действия предписаний. Правообладатели выводят из оборота части земельных участков, занятые памятником, для последующего исключения таких площадей из состава земельного участка. При этом вновь возникает вопрос о приватизации таких земель. Согласно вышеизложенному, регистрация прав на земельные участки, занятые археологическими памятниками, сведения о которых уже внесены в ЕГРН, не осуществляется. Поэтому предлагается следующее решение – разработка нормативно-правового акта на уровне РФ, устанавливающего формы координации деятельности субъектов хозяйствования в отношении объектов культурного наследия [Федорова, 2012].

### Заключение

Обобщая вышеизложенное, определено, что для достижения цели сохранения историко-культурного наследия необходимо осуществлять совокупность взаимосвязанных мероприятий: наполнение баз ЕГРОКН и ЕГРН. Кроме того, необходим учет памятников археологии в документах территориального планирования всех уровней и, соответственно, в информационной системе обеспечения градостроительной деятельности.



Период ограниченного режима использования земельных участков, в границах которых расположен памятник, законодательно не регламентирован. Целесообразно, чтобы действие этого режима осуществлялось до тех пор, пока не будут проведены научно-исследовательские работы (археологические раскопки), и продолжало действовать, в случае, если на данном объекте выявлены археологические предметы, обладающие историко-культурной ценностью [Даниленко, Буринчик, 2019].

Разработка проекта охранных зон – процедура, требующая наличия более двух специалистов-экспертов и должного финансирования, из-за этого она затруднена и не осуществляется на территории Белгородской области. В то же время, по мере финансирования в рамках новостроечных археологических экспедиций, в Белгородской области осуществляются научно-исследовательские работы, включающие выявление и сохранение объектов культурного наследия – памятников археологии – и совершенствование методики охранных раскопок.

Наиболее выдающиеся курганы хорошей сохранности, преимущественно представленные в степной части Белгородской области, авторы предполагают после специальных обследований включить в состав информационного ресурса *Eurasian Kurgan Database* (<http://openbiomaps.org/projects/kurgan>), что позволит стимулировать процесс постановки на кадастровый учет таких объектов в приоритетном порядке.

#### Список источников

1. Дьяченко А.Г., Михеев В.К., Чендев Ю.Г., Ряполов В.М. 1993. Археологические памятники Белгородской области. Вып. 2. Государственный список №1 (продолжение): регистрационный номер 456 680. Управление культуры администрации Белгородской области. Белгород, 25 с.
2. Об объектах культурного наследия (памятниках истории и культуры) народов Российской Федерации: Федеральный закон от 25.06.2002 № 73-ФЗ. СПС КонсультантПлюс. URL: [http://www.consultant.ru/document/Cons\\_doc\\_LAW\\_37318/](http://www.consultant.ru/document/Cons_doc_LAW_37318/) (дата обращения 10.04.2020).
3. Об объектах культурного наследия (памятниках истории и культуры) народов Российской Федерации, расположенных на территории Краснодарского края: закон Краснодарского края от 23.07.2015 № 3223-КЗ. Электронный фонд правовой и технической документации. URL: <http://docs.cntd.ru/document/428618032> (дата обращения 10.04.2020).
4. Об охране и использовании памятников истории и культуры: Закон РСФСР от 15.12.1978. СПС «Гарант». URL: <https://base.garant.ru/2306262/> (дата обращения 10.04.2020).
5. Об установлении формы графического описания местоположения границ населенных пунктов, территориальных зон, особо охраняемых природных территорий, зон с особыми условиями использования территории, формы текстового описания местоположения границ населенных пунктов, территориальных зон, требований к точности определения координат характерных точек границ населенных пунктов, территориальных зон, особо охраняемых природных территорий, зон с особыми условиями использования территории, формату электронного документа, содержащего сведения о границах населенных пунктов, территориальных зон, особо охраняемых природных территорий, зон с особыми условиями использования территории, и о признании утратившими силу приказов Минэкономразвития России от 23 марта 2016 г. № 163 и от 4 мая 2018 г. № 236: Приказ Министерства экономического развития РФ от 23.11.2018 № 650. СПС «Гарант». URL: <https://base.garant.ru/72167790/> (дата обращения 10.04.2020).
6. Об утверждении Правил предоставления документов, направляемых или предоставляемых в соответствии с частями 1, 3 – 13, 15, 15(1), 15.2 статьи 32 Федерального закона "О государственной регистрации недвижимости" в федеральный орган исполнительной власти (его территориальные органы), уполномоченный Правительством Российской Федерации на осуществление государственного кадастрового учета, государственной регистрации прав, ведение Единого государственного реестра недвижимости и предоставление сведений, содержащихся в Едином государственном реестре недвижимости: Постановление Правительства РФ от 31.12.2015 № 1532. СПС Консультант Плюс. URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_192045/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_192045/) (дата обращения 10.04.2020).



7. Об утверждении перечня отдельных сведений об объектах археологического наследия, которые не подлежат опубликованию: Приказ Министерства культуры РФ от 01.09.2015 № 2328. СПС «Гарант». URL: <https://base.garant.ru/71204930/> (дата обращения 10.04.2020).

### Список литературы

1. Брагина Т.М., Лисецкий Ф.Н., Буряк Ж.А., Беде А., Апостолова И., Тот С.А., Батори Ф., Бан М., Дик Б. 2019. Евразийская база данных о курганах поможет сохранить биоразнообразие степей. *Степной бюллетень*, 53: 36–40.
2. Буряк Ж.А., Лисецкий Ф.Н., Ильяшенко С.В. 2018. Геоинформационная аналитическая система «Археологические памятники Крыма». *Геодезия и картография*, 79 (12): 29–40. <https://doi.org/10.22389/0016-7126-2018-942-12-29-40>
3. Вершинин В.В., Краева И.Л. 2008. Теоретические положения рационального использования земель объектов историко-культурного назначения. *Землеустройство, кадастр и мониторинг земель*, 1: 14–22.
4. Даниленко Е.П., Буторин А.С. 2019. Формирование территорий объектов археологического наследия в Белгородской области. *Вектор ГеоНаук*, 1 (2): 33–43.
5. Журбин И.В. 2018. Комплексные исследования археологических памятников и геоинформационный анализ междисциплинарных данных. *Историческая информатика*, 3: 89–105. <https://doi.org/10.7256/2585-7797.2018.3.27100>
6. Зайцева Е.А., Кениг А.В., Соболенкова Т.Н. 2013. Археологический мониторинг как фактор сохранности объектов культурного наследия (по материалам работ 2010–2012 годов в Ханты-Мансийском автономном округе – Югре). *Вестник НГУ. Серия: История, филология*, 3: 86–92.
7. Кол Ф., Магомедов Р.Г., Мисевич К. 2012. Геофизические исследования 2007 г. на Великентском поселении эпохи бронзы. *Краткие сообщения Института археологии*, 226: 93–104.
8. Колонцов С.В. 2010. Земельный кадастр и охрана археологического наследия. *Вестник Новосибирского гос. ун-та. Серия: История, филология*, 9 (5): 64–68.
8. Крупочкин Е.П., Папин Д.В. 2018. О перспективах использования беспилотной съемки в археологических исследованиях. *Теория и практика археологических исследований*, 4: 71–83.
9. Крупочкин Е.П., Суханов С.И., Воробьев Д.А. 2019. Дистанционное зондирование как инструмент археологической разведки и картографирования археологических памятников (на примере модельных площадок Алтая). *Геодезия и картография*, 80 (9): 40–54.
10. Лавров В.В. 2019. Земельно-правовые нормы в законодательстве об охране объектов культурного наследия. *Вопросы российского и международного права*, 9 (1–2): 279–289.
11. Лисецкий Ф.Н., Буряк Ж.А., Украинский П.А., Полетаев А.О. 2018. Информационное обеспечение задач мониторинга и охраны объектов историко-культурного наследия Крыма с использованием ГИС-технологий. *Землеустройство, кадастр и мониторинг земель*, 6 (161): 42–48.
12. Лисецкий Ф.Н., Маринина О.А., Буряк Ж.А. 2017. Геоархеологические исследования исторических ландшафтов Крыма. Воронеж, Изд. дом ВГУ, 431 с.
13. Михальченко А.П. 2018. Кадастровый учёт как способ сохранения объектов археологического наследия в Приморье. *Россия и АТР*, 4 (102): 190–204.
14. Серегин Н.Н. 2014. Охранные раскопки погребальных комплексов раннесредневековых тюрок на территории Алтая (историографический аспект). *Сохранение и изучение культурного наследия Алтайского края*, 20: 171–177.
15. Семькин Ю.А. 2017. Проблемы сохранения и использования археологического наследия в Ульяновской области. *Поволжская Археология*, 2 (20): 288–302.
16. Сидорина И.Е., Позднякова Н.А., Паниди Е.А., Андреева Т.А., Литвинова М.В. 2019. Интеграция традиционных и современных методов в геоинформационном картографировании. *ИнтерКарто. ИнтерГИС*, 25 (1): 35–46.
17. Смекалова Т.Н., Яцишина Е.Б., Лисецкий Ф.Н., Чудин А.В., Гарипов А.С., Пасуманский А.Е., Кецо Р.С. 2016. Высокие технологии в археологии на примере Крыма. *Боспорские исследования*, 33: 445–502.
18. Сумачев А.В., Черепашкин А.С. 2015. Охрана культурных ценностей (объектов культурного наследия): административно-правовой и уголовно-правовой аспекты. *Правопорядок: история, теория, практика*, 2 (5): 46–50.



19. Федорова Л.В. 2012. Правовое регулирование приватизации недвижимых объектов культурного наследия. Автореферат дис. ... кандидата юридических наук: 12.00.03. Москва, 22 с.
20. Чендев Ю.Г. Памятники археологии как объекты палеогеографических реконструкций в лесостепи центра Восточной Европы. 2013. Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Естественные науки, 3 (146): 151–159.
21. Чендев Ю.Г., Медведев А.П., Матвеев Ю.П. 2001. Изучение почв курганных систем и реконструкция природной среды в бассейне нижнего течения Воронежа. В кн.: Верхнедонской археологический сборник. Выпуск 2. Липецк, изд. Успех-Инфо: 168–179.
22. Чернядьева Н.А. 2001. О правовых основах охраны памятников археологии (на материалах Пермской области). Труды камской археолого-этнографической экспедиции, 1–2: 087–089.
23. Barczy A. 2003. Data for the botanical and pedological surveys of the Hungarian kurgans (Great Hungarian Plain, Hortobagy). *Thaiszia. J. Bot.*, 13: 113–126.
24. Ciski M., Rzasza K., Ogryzek M. 2019. Use of GIS tools in sustainable heritage management—the importance of data generalization in spatial modeling. *Sustainability (Switzerland)*, 11 (20): 5616.
25. Cordova C. 2018. *Geoarchaeology: The human-environmental approach*. Bloomsbury Publishing, 294 p.
26. Deák B., Tóth C.A., Bede Á., Apostolova I., Bragina T.M., Báthori F., Bán M. 2019. Eurasian Kurgan Database - a citizen science tool for conserving grasslands on historical sites. *Hacquetia*, 18 (2): 179–187. DOI: 10.2478/hacq2019-0007.
27. Deák B., Tóthmérész B., Valkó O., Török P., Sudnik-Wójcikowska B., Dembicz I., Moysiyenko I.I., Bragina T.M., Apostolova I., Bykov N.I. 2016. Cultural monuments and nature conservation: a review of the role of kurgans in the conservation and restoration of steppe vegetation. *Biodiversity and Conservation*, 25 (12): 2473–2490.
28. Krupochkin E.P. 2009. Methodological issues in the digital mapping of archaeological sites. *Archaeology, Ethnology and Anthropology of Eurasia*, 37 (3): 95–102.
29. Rzasza K., Ciski M., Ogryzek M. 2019. Application of GIS tools in spatial distribution modeling of historical monuments. *Geomatics and Environmental Engineering*, 13 (2): 61–71.

## References

1. Bragina T.M., Lisetskii F.N., Buryak Zh.A. Bede A., Apostolova I., Tot S.A., Batori F., Ban M., Dik B. 2019. Eurasian database on kurgans will help to preserve biodiversity of steppes. *Stepnoi byulleten'*, 53: 36–40. (in Russian)
2. Buryak Zh.A., Lisetskii F.N., Ilyashenko S.V. 2018. Geoinformation analytical system “Archaeological sites of Crimea”. *Geodesy and cartography*, 79 (12): 29–40. <https://doi.org/10.22389/0016-7126-2018-942-12-29-40> (in Russian)
3. Vershinin V.V., Kraeva I.L. 2008. Teoreticheskie polozheniya racional'nogo ispol'zovaniya zemel' ob'ektov istoriko-kul'turnogo naznachenija [Theoretical provisions of the rational use of lands of objects of historical and cultural purposes]. *Land management, monitoring and cadastre*, 1: 14–22.
4. Danilenko E.P., Burinchik A.S. 2019. Formation of territories of archaeological heritage sites in the Belgorod Region. *Vector of Geosciences*, 1 (2): 33–43. (in Russian)
5. Zhurbin I.V. 2018. Integrated research of archaeological sites and geoinformation analysis of interdisciplinary data. *Historical Information Science*, 3: 89–105. <https://doi.org/10.7256/2585-7797.2018.3.27100> (in Russian)
6. Zaitseva E.A., Kenig A.V., Sobol'nikova T.N. 2013. Archaeological monitoring as a factor of safety of objects of cultural heritage (based on fieldwork materials 2010–2012 in Khanty-Mansi Autonomous area – Yugra). *Novosibirsk State University Bulletin. Series: History and Philology*, 3: 86–92. (in Russian)
7. Kol Ph., Magomedov R., Misiewicz K. 2012. Geophysical prospecting of the Bronze age site Velikent in 2007. *Kratkiye soobshcheniya Instituta arkheologii – KSIA (Brief Communications of the Institute of Archaeology)*, 226: 93–104. (in Russian)
8. Kolontsov S.V. 2010. Land cadastre and protection of archaeological heritage. *Novosibirsk State University Bulletin. Series: History and Philology*, 9 (5): 64–68. (in Russian)
9. Krupochkin E.P., Papin D.V. 2018. About the perspectives of using unmanned shooting in archaeological research. *Theory and practice of archaeological research*, 4: 71–83. (in Russian)



10. Krupochkin E.P., Sukhanov S.I., Vorobiev D.A. 2019. Remote sensing as a tool for archaeological exploration and mapping of archaeological sites (on the example of Altai model sites). *Geodesy and cartography*, 80 (9): 40–54. (in Russian)
11. Lavrov V.V. 2019. Land legal norms in the legislation on the protection of cultural heritage. *Matters of Russian and International Law*, 9 (1–2): 279–289. (in Russian)
12. Lisetskiy F.N., Buryak Zh.A., Ukrainskiy P.A., Poletaev A.O. 2018. Information support of monitoring and protection of the objects of historical and cultural heritage in Crimea using GIS technologies. *Land management, monitoring and cadastre*, 6 (161): 42–48. (in Russian)
13. Lisetskiy F.N., Marinina O.A., Buryak Zh.A. 2017. Geoarchaeological researches of historical landscapes of Crimea. *Voronezh, Publ. VGU*, 431 p. (in Russian)
14. Mikhal'chenko A.P. 2018. Cadastral Registration as a Archaeological Heritage Preservation in Primorye. *Russia and the Pacific*, 4 (102): 190–204. (in Russian)
15. Seregin N.N. 2014. Ohrannye raskopki pogrebal'nykh kompleksov rannesrednevekovykh tjurok na territorii Altaja (istoriograficheskij aspekt) [Security excavations of burial complexes of the early medieval Turks in the Altai (historiographic aspect)]. *Sohranenie i izuchenie kul'turnogo nasledija Altajskogo kraja*, 20: 171–177.
16. Semykin Yu. A. 2017. Conservation and use of archaeological heritage in Ulyanovsk oblast. *The Volga River Region Archaeology*, 2 (20): 288–302. (in Russian)
17. Sidorina I.E., Pozdnyakova N.A., Panidi E.A., Andreeva T.A., Litvinova M.V. 2019. Integration of traditional and modern methods in GIS-based mapping. *InterCarto. InterGIS*, 25 (1): 35–46. (in Russian)
18. Smekalova T.N., Yacishina E.B., Lisetskiy F.N., Chudin A.V., Garipov A.S., Pasumanskii A.E., Ketsko R.S. 2016. High technologies in archeology with the examples of Crimea. *Bosporos studies*, 33: 445–502. (in Russian)
19. Sumachev A.V., Cherepashkin A.S. 2015. Protection of cultural property (cultural heritage): administrative-and-legal and criminal-and-legal aspects. *Legal order: history, theory, practice*, 2 (5): 46–50. (in Russian)
20. Fedorova L.V. 2012. Pravovoe regulirovanie privatizacii nedvizhimykh ob'ektov kul'turnogo nasledija [Legal regulation of the privatization of immovable cultural heritage objects]. Abstract dis. ... candidate of legal sciences : 12.00.03. Moscow, 22 p.
21. Chendev Yu.G. 2013. Archaeological monuments as objects of paleogeographical reconstructions within the forest-steppe center of Eastern Europe. *Belgorod State University Scientific Bulletin. Natural sciences*, 3 (146): 151–159. (in Russian)
22. Chendev Yu.G., Medvedev A.P., Matveev Ju.P. 2001. Izuchenie pochv kurgannykh sistem i rekonstrukcija prirodnoj sredy v bassejne nizhnego techenija Voronezha [Study of the soils of the kurgan systems and the reconstruction of the natural environment in the basin of the lower reaches of the Voronezh]. In: *Verhnedonskoj arheologicheskij sbornik [Upper Don archaeological collection]*, Issue 2. Lipetsk. Publ. Uspekhi-Info, 168–179.
23. Chernjad'eva N.A. 2001. O pravovykh osnovah ohrany pamjatnikov arheologii (na materialah Permskoj oblasti) [On the legal basis for the protection of archaeological monuments (based on materials from the Perm region)]. *Trudy kamskoj arheologo-etnograficheskoy ekspeditsii*, 1-2: 87–89.
24. Barczy A. 2003. Data for the botanical and pedological surveys of the Hungarian kurgans (Great Hungarian Plain, Hortobagy). *Thaiszia. J. Bot.*, 13: 113–126.
25. Ciski M., Rzasa K., Ogryzek M. 2019. Use of GIS tools in sustainable heritage management—the importance of data generalization in spatial modeling. *Sustainability (Switzerland)*, 11 (20): 5616.
26. Cordova C. 2018. *Geoarchaeology: The human-environmental approach*. Bloomsbury Publishing, 294 p.
27. Deák B., Tóth C.A., Bede Á., Apostolova I., Bragina T.M., Báthori F., Bán M. 2019. Eurasian Kurgan Database - a citizen science tool for conserving grasslands on historical sites. *Hacquetia*, 18 (2): 179–187. DOI: 10.2478/hacq2019-0007.
28. Deák B., Tóthmérész B., Valkó O., Török P., Sudnik-Wójcikowska B., Dembicz I., Moysiyyenko I.I., Bragina T.M., Apostolova I., Bykov N.I. 2016. Cultural monuments and nature conservation: a review of the role of kurgans in the conservation and restoration of steppe vegetation. *Biodiversity and Conservation*, 25 (12): 2473–2490.



29. Krupochkin E.P. 2009. Methodological issues in the digital mapping of archaeological sites. *Archaeology, Ethnology and Anthropology of Eurasia*, 37 (3): 95–102.

30. Rzaşa K., Ciski M., Ogrzyzek M. 2019. Application of GIS tools in spatial distribution modeling of historical monuments. *Geomatics and Environmental Engineering*, 13 (2): 61–71.

#### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

**Буринчик Анна Сергеевна**, аспирант кафедры природопользования и земельного кадастра института наук о Земле Белгородского государственного национального исследовательского университета, г. Белгород, Россия

**Лицецкий Федор Николаевич**, доктор географических наук, профессор кафедры природопользования и земельного кадастра института наук о Земле Белгородского государственного национального исследовательского университета, г. Белгород, Россия

#### INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**Anna S. Burinchik**, Post-graduate student of the Department of nature management and land cadastre of the Institute of Earth Sciences Belgorod National Research University, Belgorod, Russia

**Fedor N. Lisetskii**, doctor of geographical sciences, professor of the Department of nature management and land cadaster, Institute of Earth Sciences, Belgorod National Research University, Belgorod, Russia



УДК 528.88

DOI 10.18413/2712-7443-2020-44-4-388-403

## Использование архивных пространственных данных при анализе истории землепользования территории болгарских городищ Предволжья Республики Татарстан

Иванов М.А.<sup>1</sup>, Абдуллин Х.М.<sup>2</sup>, Губайдуллин А.М.<sup>2</sup>,  
Гайнуллин И.И.<sup>3</sup>, Гафуров А.М.<sup>1</sup>, Усманов Б.М.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Казанский федеральный университет,

Россия, 420097, г. Казань, ул. Товарищеская, 5

<sup>2</sup>Институт археологии им. А.Х. Халикова АН РТ,

Россия, 420012, г. Казань, ул. Бутлерова, 30

<sup>3</sup>Университет «Иннополис»,

Россия, 420500, г. Иннополис, ул. Университетская, д. 1

E-mail: stranagorodov2020@gmail.com

**Аннотация.** Историческая картография продолжает свое развитие в современной России. Многие новейшие исследования по исторической картографии не всегда в полной мере попадают в историографический обзор. Целью настоящего исследования является оценка динамики структуры земель на территории расположения средневековых городищ Волжской Булгарии за 200-летний период. Решается задача оценки антропогенного воздействия на памятники археологии по результатам исследования динамики структуры земель за 200-летний период на территории расположения 9 средневековых городищ периода Волжской Булгарии (X–XIII вв.). В качестве источника информации о землепользовании на территории исследуемых памятников археологии использованы планы генерального межевания конца XVIII – начала XIX веков и снимки Landsat 8 за бесснежный период 2015–2018 гг. По результатам векоризации архивных планов и автоматизированного дешифрирования космоснимков были рассчитаны площади и доли различных типов землепользования в пределах буферной зоны 10 × 10 км. В результате получены новые данные о структуре и динамике землепользования вблизи рассматриваемых объектов культурного наследия, позволяющие судить об антропогенном воздействии на рассматриваемую территорию и оценить степень риска их уничтожения. Можно сделать вывод о том, что исторические карты и современные данные дистанционного зондирования Земли являются ценным источником данных, позволяющих проводить качественный и количественный анализ структуры землепользования вблизи памятников культурного наследия. Их совместное использование, однако, затрудняется несопоставимостью их масштабов, детальности и качества.

**Ключевые слова:** исторические карты, планы генерального межевания, данные дистанционного зондирования, структура землепользования, средневековые городища, антропогенное воздействие.

**Благодарности:** работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проект № 18-09-40114 Древности. «Страна городов» – комплексное изучение городищ Волжской Булгарии современными методами.

**Для цитирования:** Иванов М.А., Абдуллин Х.М., Губайдуллин А.М., Гайнуллин И.И., Гафуров А.М., Усманов Б.М. 2020. Использование архивных пространственных данных при анализе истории землепользования территории болгарских городищ Предволжья РТ. Региональные геосистемы, 44(4): 388–403. DOI: 10.18413/2712-7443-2020-44-4-388-403



# Using archival spatial data in the analysis of land use history of the territory of Bulgarian settlements in the PreVolga of Tatarstan

Maxim A. Ivanov<sup>1</sup>, Halim M. Abdullin<sup>2</sup>, Airat M. Gubaidullin<sup>2</sup>,  
Iskander I. Gainullin<sup>3</sup>, Artur M. Gafurov<sup>1</sup>, Bulat M. Usmanov<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Kazan Federal University

5 Tovarishcheskaya St., Kazan, 420097, Russia

<sup>2</sup> Institute of Archaeology named after A. Kh. Khalikov of Tatarstan Academy of Sciences

30 Butlerova St., Kazan, 420012, Russia

<sup>3</sup>Innopolis University,

1 Universitetskaya St., Innopolis, 420500, Russia

E-mail: stranagorodov2020@gmail.com

**Abstract.** Historical cartography continues its development in modern Russia. Many recent studies of historical cartography do not always fully fit into the historiographical review. The purpose of the present study is to assess the dynamics of land structure on the territory of the medieval settlement of Volga Bulgaria over a 200-year period. The task of estimating the anthropogenic impact on medieval fortified settlements is being solved based on the results of the study of land structure dynamics for 200-year period within the territory of 9 medieval fortified settlements of Volga Bulgaria. The general surveying plans of the late XVIII – early XIX centuries and Landsat 8 images for the snow-free period 2015–2018 were used as a source of information about land use. Based on the results of archival plans verification and automated space images interpretation the areas and percentage of different types of land use within the 10×10 km buffer zone was calculated. As a result, new data about land use structure and dynamics near cultural heritage objects was obtained, allowing to assess the anthropogenic impact on the considered territory and to estimate the risk of their destruction. A conclusion can be made that historical maps and modern remote sensing data are a valuable source of data allowing qualitative and quantitative analysis of land use structure near cultural heritage monuments. Their combined use, however, is difficult because of their incomparability in scale, detail and quality.

**Keywords:** historical maps, general surveying plans, remote sensing data, land use structure, medieval settlements, anthropogenic impact.

**Acknowledgements:** The research was carried out with financial support of Russian Foundation for Basic Research, project No. 18-09-40114.

**For citation:** Ivanov M.A., Abdullin H.M., Gubaidullin A.M., Gainullin I.I., Gafurov A.M., Usmanov B.M. 2020. Using archival spatial data in the analysis of land use of the territory of Bulgarian settlements in the PreVolga of Tatarstan (in Russian). *Regional Geosystems*, 44(4): 388–403. DOI: 10.18413/2712-7443-2020-44-4-388-403

---

## Введение

Историческая картография как одна из вспомогательных исторических дисциплин продолжает свое развитие в современной России. Если работы даже предыдущего десятилетия по этой тематике хорошо знакомы специалистам [Хренов, 1987; Кашин, 2001; Берлянт и др., 2003; Кусов, 2003; Жмойдяк, Атоян, 2006; Глушков, 2007], то многие новейшие исследования по исторической картографии не всегда в полной мере попадают в историографический обзор. Однако именно эти работы отражают вектор развития современной отечественной истории картографии как отдельной отрасли науки.

В статье А.Ю. Жукова и Е.В. Ляля [2010] описывается разработанный в рамках проекта РГНФ электронный каталог населенных мест, когда-либо существовавших на территории Карелии в промежутке XV–XXI вв. Большую работу в области исторической





картографии проводит исследователь Е.С. Гришин. Ему принадлежит целый ряд статей, посвященных проблемам ГИС, использующих картографические источники [Гришин, 2017, 2019]. Р.Н. Баталов и Л.К. Радченко [2020] в своем исследовании «Обзор основных направлений использования ГИС-технологий в историко-картографических исследованиях» рассматривают теоретические и прикладные аспекты применения ГИС в исторических исследованиях, приводят примеры различных проектов ГИС на историческую тематику. На конкретных примерах авторами описан процесс формирования базы данных исторических источников, раскрыты основные направления и возможности применения ГИС в исторической науке. В итоге авторы приходят к выводу, что карта служит основой для многих исследований, а ГИС-технологии помогают совершенствовать методики исторических исследований.

Последние достижения в области цифровых технологий открыли новые и ранее недоступные возможности для использования картографического наследия. В частности, географическая привязка преобразует старые карты из чисто архивных документов в реальные географические данные. На сегодняшний день использование исторических карт в цифровой среде – распространенное явление как во многих исторических дисциплинах, в том числе в археологии, так и при охране и управлении историко-культурным наследием. При этом одним из ценных свойств исторических карт является отображение на них объектов археологического наследия, которые были разрушены в силу воздействия различных негативных факторов [Svedjemo, 2010].

Кроме того, крупномасштабные исторические карты предоставляют исследователям ценную информацию об изменении окружающей среды, ландшафтов, как естественных, так и созданных руками человека, до активного хозяйственного и промышленного освоения, что позволяет оценить древнее распределение населенных пунктов, дорожную сеть и доступность ресурсов в определенных регионах [Šulte, Gunnarsson, 2017]. Чаще всего для изучения антропогенных и природных явлений используются данные дистанционного зондирования. Исторические карты позволяют расширить временной охват изучения воздействия человека на окружающую среду и вовлечение картографических материалов XVIII и XIX вв. в научный анализ, что является актуальной задачей.

В настоящий момент активно развивается междисциплинарное историко-географическое направление исследований. Особо можно выделить исследования, посвященные оценке динамики как отдельных типов земель, таких как леса [Буняева и др., 2017] и сельскохозяйственные земли [Matasov et al., 2019], так и структуры земель в целом за долгосрочный период, охватывающий сотни лет [Valent et al., 2016; Statuto et al., 2017; Lieskovský et al., 2018].

Одной из ключевых проблем является то, что включение оцифрованных исторических материалов в среду ГИС возможно только после их пространственной привязки в необходимой системе координат [Флейс и др., 2008]. Такая привязка осуществляется с использованием опорных точек, в качестве которых могут выступать церкви, мосты и иные объекты, сохранившихся до сегодняшнего дня. При этом основой для привязки могут выступать как современные топографические карты, так и космические снимки [Brovelli, Minghini, 2012]. Не всегда исторические карты можно соотнести с современной ситуацией, что связано, с одной стороны, с точностью первых, а с другой – со сложностью поиска опорных точек для привязки. В итоге даже современные алгоритмы не гарантируют необходимую точность геопривязки [Timár, Biszak, 2010].

Тем не менее, эти материалы являются достаточным основанием для проведения анализа изменений характера и границ землепользования: пашни, лесных угодий, расширения границ населенных пунктов, изменений русла рек и пр. – т.е. факторов, непосредственно влияющих на сохранение объектов археологического наследия. Исследо-

вание исторических карт позволяет понять эволюцию ландшафта и дает представление о пространственных и контекстных особенностях исследуемого региона. Анализ изменений сельскохозяйственных земель, а также ландшафтных условий, в которых они происходят, важен для понимания глубоких преобразований, связанных с вмешательством человека и природными явлениями [Skokanová et al., 2016; Statuto et al., 2017; Lieskovský et al., 2018].

Важной задачей, решаемой с использованием географически привязанных архивных материалов и современных данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) является оценка антропогенного воздействия на средневековые городища и прилегающую к ним территорию. Одним из ключевых показателей, по изменению которого можно судить о рисках разрушения памятников археологии, является использование земель. Изменения землепользования за все время интенсивного земледелия позволит оценить причины и определить период, когда началось воздействие, а также составить прогноз дальнейшего состояния памятника.

Целью настоящего исследования является оценка динамики структуры земель на территории расположения средневековых городищ Волжской Булгарии за 200-летний период.

Исследования городищ Волжской Булгарии занимают особую страницу в истории изучения археологических памятников периода средневековья территории Волго-Камья. В условиях полного отсутствия булгарских письменных источников периода X–XIII в. именно городища предоставляют уникальные свидетельства о городской жизни Волжской Булгарии, пространственного распределения военных, административных, торговых пунктов и их взаимосвязей, фортификационного зодчества и пр. Благодаря своим характерным отличительным чертам – фортификационным сооружениям, выделяющим их в окружающем ландшафте, уже с XVIII в. они привлекают внимание ученых [Губайдуллин, 2017] и представляют историческую и культурную ценность как объекты культурного наследия народов Российской Федерации.

В рамках проекта РФФИ «Древности» исследуется состояние и определение границ как сохранившихся, так и разрушенных городищ. В качестве объектов изучения были выбраны укрепленные поселения (городища) с системой оборонительных сооружений [Коробов, 2011], расположенные на территории Предволжья Республики Татарстан (РТ). Этот регион характеризуется очень высоким уровнем развития сельского хозяйства (76,4 % распаханых и 40 % эродированных земель). Здесь расположены 20 городищ Волжской Булгарии, из которых большинство находятся под негативным антропогенным и экзогенным воздействием. Вопрос оценки разрушительных процессов на ряде из этих памятников был уже освещен авторами [Гайнуллин, 2017], для этого исследования были выбраны 9 городищ первого – подчиненного, и третьего – неподчиненного рельефу местности типов (по П.А. Раппопорту [1961]) памятников, занимающих сравнимую площадь, кроме Деушевского городища, площадью 98 га). Подобный выбор продиктован зависимостью между типами городищ и позднейшим использованием их территорий. На основании проведенного анализа с использованием разновременных данных ДЗЗ, было определено, что третий тип городищ наиболее подвержен разрушительному антропогенному воздействию, так как эти памятники обычно располагаются на ровных поверхностях, пригодных для распашки, в то время как подчиненные рельефу местности городища первого типа, как правило, труднодоступны и непригодны для сельскохозяйственного освоения, даже с использованием техники.

### **Объекты и методы исследования**

Территория исследования охватывала местность, прилегающую к 9 городищам Волжской Булгарии на территории Свяжского, Тетюшского и Буинского уездов Казан-



ской и Симбирской губерний (табл. 1). При работе с историческими картами были построены буферные зоны в виде квадрата  $10 \times 10$  км, что соответствует радиусу в 5 км экономической зоны вокруг населенного пункта, соответствующей оптимальным затратам на эксплуатацию конкретных территорий в средние века [Афанасьев и др., 2004]. Карты XVIII в. интересны в первую очередь тем, что эти данные отражают хозяйственное освоение земель в доиндустриальную эпоху, и, как наиболее близкие по системе к изучаемому периоду, могут предоставить материал для дальнейшего анализа характера землепользования и расположения дорог в эпоху средневековья.

Таблица 1  
Table 1

Перечень городищ, вблизи которых проводился анализ структуры землепользования  
 The list of settlement areas near which the analysis of land use structure was conducted

Название уезда	Современный муниципальный район	Городище / Тип	Площадь по аэрофотоснимкам 1950–1960 гг., га	Сохранность / основное воздействие
Свияжский	Зеленодольский	Тавлинское / 1	0,77	Менее 50 % / экзогенные процессы
		Луковское / 1	12,0	Менее 50 % / флювиальные процессы
Тетюшский	Апастовский	Чуру-Барышевское / 1	12,2	85 % / экзогенные процессы
		Староеналейское / 3	12,4	0 % / распашка
		Танай-Тураевское / 3	12,5	0 % / застройка
		Деушевское / 3	98,5	0 % / распашка, застройка
	Камско-Устьинский	Большекляринское / 3	16,3	35 % / распашка
		Уразлинское / 3	3,1	90 % / распашка
Буинский	Дрожжановский	Чувашско-Безднинское / 3	2,6	95 % / флювиальные процессы

Для оценки структуры земель в конце XVIII – начале XIX вв. использовались материалы двух основных государственных архивов, содержащих сведения о территории распространения болгарских городищ Волго-Камья: Российского государственного архива древних актов (РГАДА) и Государственного архива Республики Татарстан (ГА РТ), а также некоторые материалы, находящиеся в открытом доступе. Среди сайтов, на которых в открытом доступе представлены исторические карты, можно выделить «Коллекция старинных карт Российской Империи» [2020] и Retromap.

В Российском государственном архиве древних актов (РГАДА) были проанализированы описи фонда №1356 «Губернские, уездные и городские атласы, карты и планы генерального межевания 1766–1883 гг. (коллекция)», скопированы материалы, относящиеся к территории Казанской и Симбирской губерний. В качестве основных исходных материалов были использованы планы генерального межевания конца XVIII – начала XIX веков:

1. «Генеральный геометрический план города Свияжска и его уезда, состоящему в Казанской губернии. Сочинен в Казанской межевой конторе в 1798 г.» – это самый подробный план территории Свияжского уезда того периода. Масштаб – 1 верста в одном английском дюйме. Карта рукописная, в цвете. Так же как на атласе Казанского уезда в пяти частях здесь не просто указаны точкой населенные пункты, но и их реальные очертания. Более того, в отличие от атласа, приведены четкие изъяснения знаков. На генеральном плане подробно прорисованы город Свияжск, пύстыни, слободы, сло-



бодки, села, сельцы, деревни, заводы, пруды, большие и проселочные дороги, болота, пески, каменные места, покосы, лесные сенокосы, леса, пашни, мосты, перевозки. Самое важное – были выделены четкие межевые линии: городская межа, владельческая межа, уездная межа и спорные участки.

2. Генеральный уездный план Тетюшского уезда – самый подробный план территории Тетюшского уезда того времени. Год создания плана, как и его название, не указаны. Можно предположить, что это 90-е гг. XVIII в. Масштаб – 2 версты в одном английском дюйме. Карта рукописная, в цвете. В изъяснение вынесены: город, села, сельцы, деревни, починки, заводы, мукомольные мельницы, дороги: большие и проселочные, овраги, болота, песчаные места, глинистые места, сенокосы, сенокосы с лесом, леса, пашни мосты, перевозки. Отдельно указаны границы-межи. Роза ветров прорисована. План подписан: «Межевой канцелярии в чертежной свидетельствовал старший землемер 8-го класса Александр Федоров».

3. «Геометрический атлас Буинского уезда» со всеми внутрилежащими градскими, казенными и владельческими землями, с показанием в нем каждого селения градскими и специальными от других межами. Сочинен в 1808 г.» составлен на основе планов генерального межевания. Масштаб – 2 версты в одном английском дюйме. На карте обозначены не просто населенные пункты, но и их реальные очертания в тот период. Кроме того, здесь прорисованы все пахотные земли вокруг сел, четко локализованы дороги, овраги, берега рек, леса и луга. А самое главное – здесь были локализованы границы земельных владений и дана их нумерация. Части атласа рукописные, в цвете. Буинск и окрестные села и деревни представлены в очертаниях начала XIX в. Это самые подробные карты отдельных регионов губернии того периода, которыми пользовались в течение многих десятилетий.

Для оценки современной структуры землепользования на изучаемых участках основными данными послужили снимки Landsat из открытого архива геологической службы США (USGS). Эти и дополнительные использованные материалы, а также методы их обработки описаны ниже.

### ***Привязка планов генерального межевания***

В качестве рабочей проекции для всех материалов была выбрана Универсальная поперечная проекция Меркатора (UTM, Universal Transverse Mercator) на эллипсоиде WGS84, 39 зона северного полушария.

Была осуществлена пространственная привязка планов генерального межевания (далее ПГМ) Свияжского (2 листа), Тетюшского (3 листа) и Буинского (1 лист) уездов. Уезды покрывают территорию Предволжья РТ и частично территории Чувашской Республики и Ульяновской области.

В качестве основных опорных данных для привязки выступали мозаики Landsat TM размером 5 градусов по широте и 6 градусов по долготе (Tri-Decadal TM Mosaics) из открытого архива Геологической службы США (USGS) с пространственным разрешением 30 м. Поскольку ПГМ выполнены в масштабе 1–2 версты в 1 дюйме, что равно масштабам 1:420000 и 1:840000 соответственно, разрешения снимков Landsat 5 более чем достаточно для поиска опорных точек. В качестве дополнительных данных использовался лист топографической карты 1-N-39 масштаба 1:300000 1946 г., привязанный по регулярной координатной сетке. На данной топокарте отражено состояние местности до создания и заполнения куйбышевского водохранилища (в отличие от спутниковых снимков), что позволило найти дополнительные опорные точки вблизи берегов р. Волги. Привязка ПГМ проводилась в программе ArcMAP и использованием инструмента «Georeferencing».

Поскольку ПГМ составлены в конце XVIII-начале XIX вв., поиск опорных точек достаточно затруднителен. В качестве таковых использовались характерные разветв-

ления долинной и овражно-балочной сети, места слияния рек (в случае, если конфигурация на ПГМ и снимке или топокарте визуально совпадала), центры небольших населенных пунктов (опять же в случае максимальной неизменности границ), устья рек, впадающих в р. Волгу. Для каждого плана использовалось достаточно большое количество опорных точек (не менее 30) (рис. 1). В силу больших искажений и неточности положения и конфигурации объектов на планах межевания количественная оценка точности привязки и ошибок практически теряет смысл. По этой же причине в качестве метода трансформации при осуществлении привязки использовался полином 3-го порядка, а в некоторых случаях сплайны. Оба метода применяются в подобных работах других исследователей [Horodnic et al., 2018]. Особенно это касается метода сплайнов. Он позволяет корректировать нерегулярно возникающие неточности, характерные для рисованных карт. Метод трансформирует изображение в соответствии с ближайшими опорными точками, корректируя область между ними, даже если ошибки не являются линейными [Cajthaml, 2011].

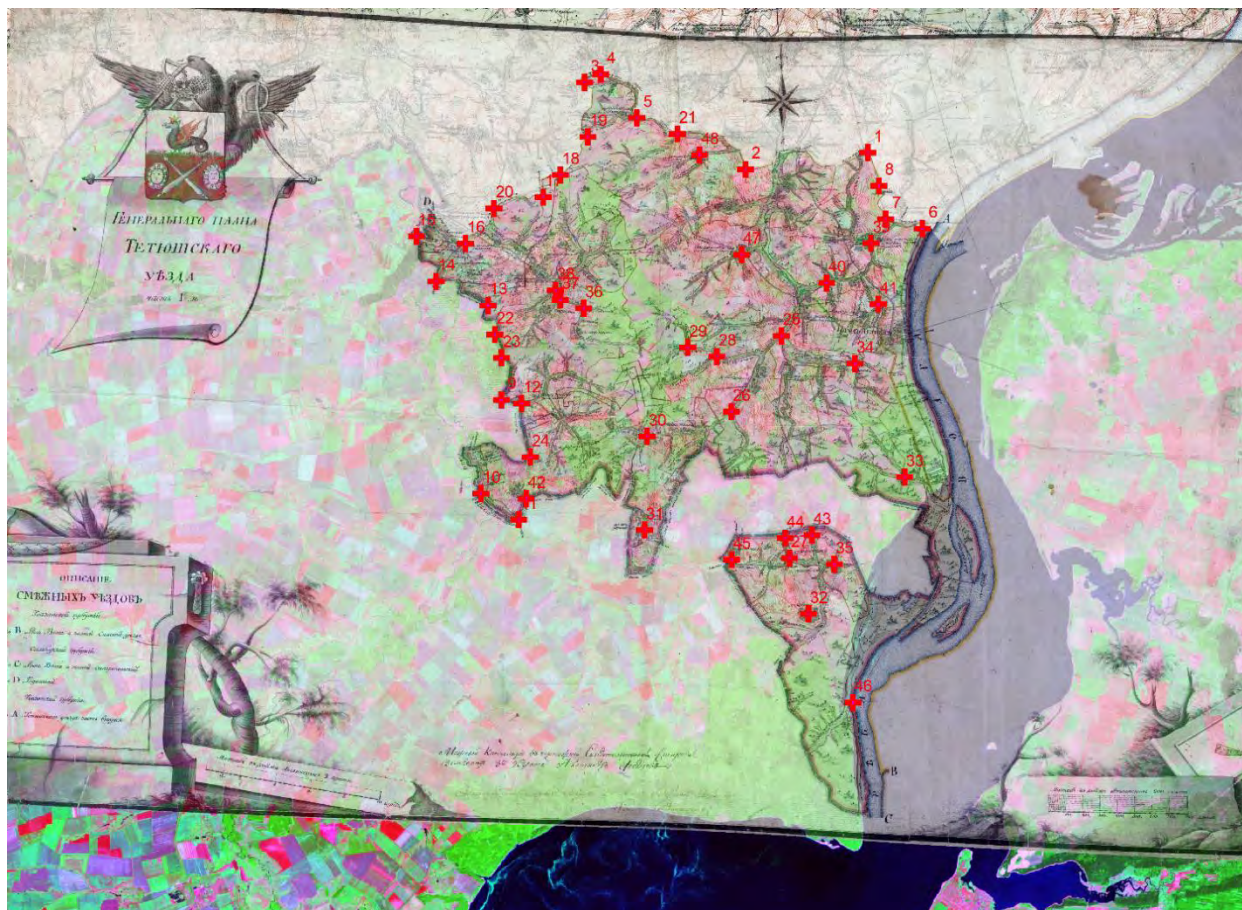


Рис. 1. Процедура координатной привязки планов генерального межевания по снимку Landsat 5 и топографической карте 1946 г.

Fig. 1. General surveying plans georeferencing based on Landsat 5 image and 1946 yr topographic map

Так как уезды и их части имеют смежные границы, каждый привязанный план выступал в качестве опорных данных при привязке следующих растров. Поворотные точки на смежных границах использовались как опорные, что позволило с одной стороны увеличить точность привязки, с другой стороны – обеспечить максимально возможное совмещение границ соседних уездов (или их частей). В результате для территории Предволжья было привязано 6 растров ПГМ (рис. 2).

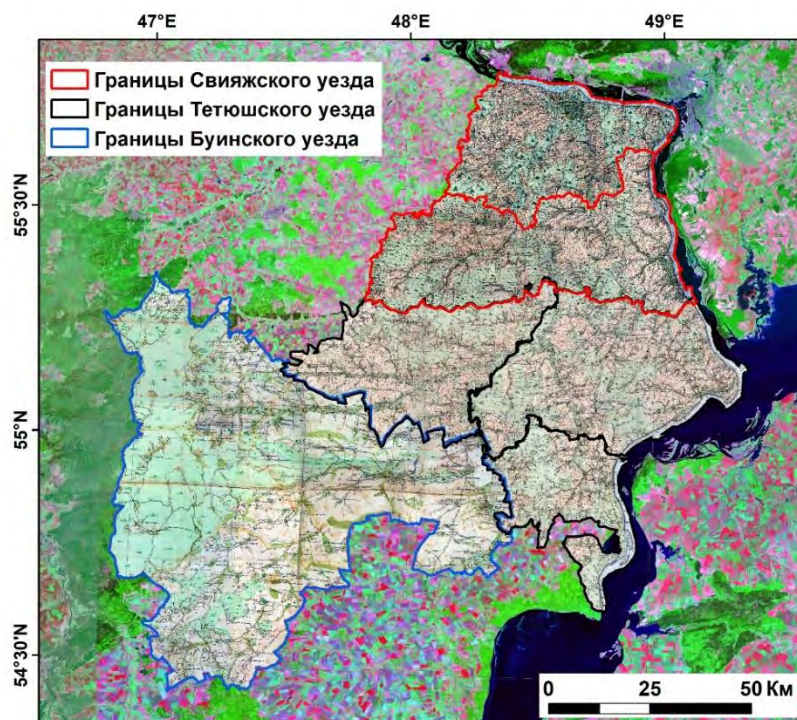


Рис. 2. Привязанные планы генерального межевания Свияжского, Тетюшского и Буинского уездов, наложенные на снимки Landsat 5

Fig. 2. Georeferenced general surveying plans of Sviyazhsky, Tetyushsky and Buinsky districts combined with Landsat 5 images

### ***Дешифрирование структуры землепользования***

На основе привязанных ПГМ была проведена оценка структуры землепользования вблизи указанных выше 9 городищ на период конца XVIII–начала XIX вв. Для этого в программе EasyTrace вручную были векторизованы основные категории земель: водные объекты (водоемы и реки); населенные пункты (оцифровывались отдельные кварталы, а не общая граница); леса; естественные сенокосы и пастбища (луга); пашня; болота; песчаная береговая полоса (рис. 3). По результатам векторизации были построены соответствующие карты.

Для анализа современной структуры земель были использованы безоблачные разносезонные снимки Landsat 8 (Surface Reflectance Level-2 Data Products) за бесснежный период 2015–2018 гг. Использование разносезонных снимков необходимо для учета фенологических особенностей различных типов земель.

Для распознавания был использован метод Random Forest, широко применяемый в настоящее время как для дешифрирования землепользования и земного покрова, в том числе и в историческом контексте [Liu et al., 2018].

Снимки, подобранные для рассматриваемого периода, были собраны в единый композит. В него вошли отдельные каналы (2–7), рассчитанные индексы NDVI по всем снимкам и метрики, рассчитанные на основе индексов, а именно: среднее, сумма, максимум, минимум, среднееквадратическое отклонение, медиана.

В качестве обучающей выборки были отобраны эталоны для шести типов земель:

- 1) водные объекты;
- 2) используемые пахотные земли;
- 3) луга (естественные сенокосы и пастбища);
- 4) лиственные и смешанные леса;
- 5) хвойные леса;
- 6) антропогенные объекты, населенные пункты.

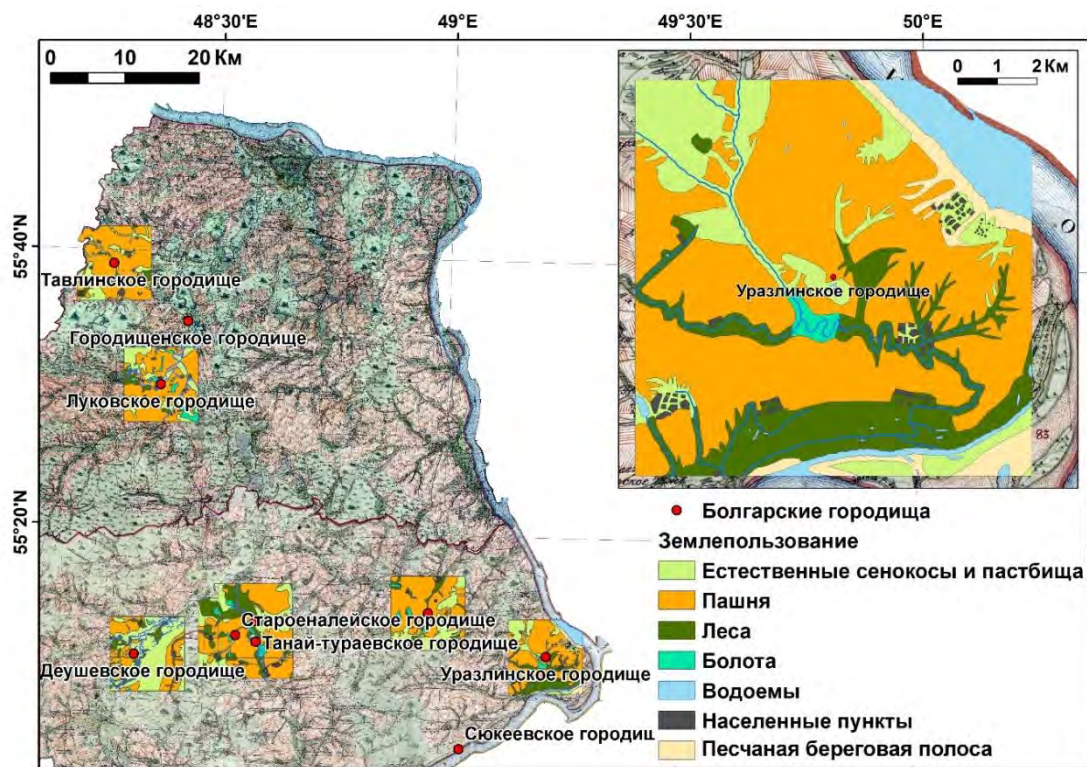


Рис. 3. Результаты векторизации структуры землепользования вблизи городищ по ПГМ  
Fig. 3. Results of the land use structure vectorization near the fortified settlements according to the general surveying plans

Эталоны представляют собой векторные полигоны. Контроль при наборе эталонов осуществлялся по снимкам высокого разрешения, представленным в Google Earth. Классификация проводилась в модуле EnMAP для QGIS методом Random Forest с количеством деревьев, равным 100. При этом 80 % эталонных пикселей использовалось для классификации, а 20 % – для валидации результатов. С помощью матрицы ошибок были рассчитаны точность производителя (Producer's accuracy) и точность пользователя (User's accuracy) (табл. 2).

Таблица 2  
Table 2

Результаты оценки точности классификации  
Classification Accuracy Assessment Results

Тип землепользования	Точность пользователя, %	Точность производителя, %
Водоемы	99,94	99,23
Пашня	95,21	97,23
Сенокосы и пастбища	74,05	64,27
Лиственные и смешанные леса	99,30	98,72
Хвойные леса	97,81	99,49
Населенные пункты	87,16	87,16

Результаты и их обсуждение

Результаты дешифрирования за 2 рассматриваемых периода были экспортированы в векторный формат. Для каждого городища были рассчитаны площади и доли различных типов землепользования (табл. 3).

Таблица 3  
Table 3

Структура землепользования вблизи городищ по данным планов генерального межевания  
и данным ДЗЗ из космоса  
Land use structure near the fortified settlements according to the general survey plans  
and remote sensing data

Тип землепользования	По планам генерального межевания		По снимкам Landsat 8		Изменения, га	Изменения, % от общей площади	Изменения, % от категории XVIII–XIX вв.
	Площадь, га	Доля, %	Площадь, га	Доля, %			
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>
Тавлинское городище							
Луга	2609,0	26,1	2266,0	22,7	-343,0	-3,4	-13,1
Пашня	6835,5	68,4	6353,5	63,5	-482,0	-4,8	-7,1
Леса	358,6	3,6	468,0	4,7	109,4	1,1	30,5
Болота	1,9	0,02	0,0	0,0	-1,9	0,0	-100,0
Водоемы	34,7	0,3	14,9	0,1	-19,8	-0,2	-57,0
Населенные пункты	160,3	1,6	897,6	9,0	737,3	7,4	460,0
Луковское городище							
Луга	2053,1	20,5	2732,4	27,3	679,3	6,8	33,1
Пашня	6368,8	63,7	5640,0	56,4	-728,8	-7,3	-11,4
Леса	554,2	5,5	745,4	7,5	191,2	1,9	34,5
Болота	631,5	6,3	45,7	0,5	-585,8	-5,9	-92,8
Водоемы	327,6	3,3	300,2	3,0	-27,4	-0,3	-8,4
Населенные пункты	64,9	0,6	536,3	5,4	471,4	4,7	726,3
Чуру-Барышевское городище							
Луга	2036,0	20,4	2148,6	21,5	112,6	1,1	5,5
Пашня	5248,2	52,5	6878,6	68,8	1630,4	16,3	31,1
Леса	2125,9	21,3	642,2	6,4	-1483,7	-14,8	-69,8
Болота	433,6	4,3	15,2	0,2	-418,4	-4,2	-96,5
Водоемы	127,4	1,3	58,0	0,6	-69,4	-0,7	-54,5
Населенные пункты	28,9	0,3	257,4	2,6	228,5	2,3	791,0
Староеналейское городище							
Луга	2102,8	21,0	2049,6	20,5	-53,2	-0,5	-2,5
Пашня	4503,1	45,0	6378,4	63,8	1875,4	18,8	41,6
Леса	2645,7	26,5	679,2	6,8	-1966,5	-19,7	-74,3
Болота	493,2	4,9	5,5	0,1	-487,7	-4,9	-98,9
Водоемы	132,5	1,3	68,2	0,7	-64,3	-0,6	-48,5
Населенные пункты	122,8	1,2	819,1	8,2	696,3	7,0	567,2
Танай-Тураевское городище							
Луга	2038,9	20,4	2172,2	21,7	133,4	1,3	6,5
Пашня	5588,7	55,9	7034,9	70,3	1446,2	14,5	25,9
Леса	1706,0	17,1	382,3	3,8	-1323,7	-13,2	-77,6
Болота	391,3	3,9	5,5	0,1	-385,8	-3,9	-98,6
Водоемы	142,4	1,4	40,5	0,4	-101,9	-1,0	-71,6
Населенные пункты	132,7	1,3	364,6	3,6	231,9	2,3	174,7





Окончание табл. 3

1	2	3	4	5	6	7	8
Деушевское городище							
Луга	5348,1	53,5	2416,1	24,2	-2932,0	-29,3	-54,8
Пашня	2989,5	29,9	5524,2	55,2	2534,7	25,3	84,8
Леса	1177,5	11,8	1319,6	13,2	142,1	1,4	12,1
Болота	133,1	1,3	0,0	0,0	-133,1	-1,3	-100,0
Водоемы	270,7	2,7	120,4	1,2	-150,3	-1,5	-55,5
Населенные пункты	81,0	0,8	619,7	6,2	538,7	5,4	665,1
Большекляринское городище							
Луга	2836,5	28,4	1458,8	14,6	-1377,7	-13,8	-48,6
Пашня	5986,2	59,9	6798,2	68,0	812,0	8,1	13,6
Леса	742,3	7,4	1146,4	11,5	404,1	4,0	54,4
Болота	334,4	3,3	0,0	0,0	-334,4	-3,3	-100,0
Водоемы	9,2	0,1	28,3	0,3	19,1	0,2	209,0
Населенные пункты	91,5	0,9	568,3	5,7	476,8	4,8	521,3
Уразлинское городище							
Луга	1483,6	15,2	2441,4	24,4	957,8	9,6	64,6
Пашня	5216,9	53,4	3464,6	34,6	-1752,3	-17,5	-33,6
Леса	1675,2	17,1	808,5	8,1	-866,7	-8,7	-51,7
Болота	93,2	1,0	0,0	0,0	-93,2	-0,9	-100,0
Водоемы	706,7	7,2	2410,4	24,1	1703,7	17,0	241,1
Населенные пункты	110,8	1,1	875,1	8,8	764,3	7,6	689,8
Песчаная береговая полоса	483,1	4,9	0,0	0,0	-483,1	-4,8	-100,0
Чувашско-Безднинское городище							
Луга	4157,8	41,6	2053,0	20,5	-2104,8	-21,0	-50,6
Пашня	4834,8	48,3	5978,3	59,8	1143,5	11,4	23,7
Леса	679,8	6,8	1568,8	15,7	889,0	8,9	130,8
Болота	268,5	2,7	0,0	0,0	-268,5	-2,7	-100,0
Водоемы	4,7	0,05	0,8	0,01	-3,9	0,0	-83,0
Населенные пункты	54,4	0,5	399,1	4,0	344,7	3,4	633,6

Из табл. 2 видно, что вблизи большинства городищ преобладают пахотные земли и в первый рассматриваемый период они занимают 45–74 % площади. Исключением является территория рядом с Деушевским городищем, где доминировала естественная луговая растительность.

В современный период наблюдается закономерный рост площади населенных пунктов. Для большей части участков также увеличилась площадь пашни на 13–85 % от площади соответствующей категории в первый период. Такое увеличение обусловлено в первую очередь масштабным сведением лесов на территории современной Республики Татарстан в последние 200 лет для расширения посевных площадей [Ермолаев и др., 2007]. Иная картина наблюдается на участках вокруг Тавлинского и Луковского городищ, где отмечается незначительное (7–12 %) сокращение пахотных угодий, которое может быть связано с их забрасыванием, характерное для территории бывшего СССР в последние десятилетия [Люри и др., 2010; Prishchepov et al., 2012].

Существенно сократилась площадь пашни на участке около Уразлинского городища. Однако здесь причиной послужило создание и заполнение Куйбышевского водохранилища.

Как уже упоминалось выше, хозяйственная деятельность является одним из ключевых антропогенных факторов разрушения объектов культурного наследия. Об этом говорит современное состояние исследуемых городищ, большая часть из которых, наряду с природными факторами, разрушена в результате распашки (например, Большекляринское распаханно более чем на 60 %, а Староеналейское – полностью) [Gainullin et al., 2016]. Таким образом, изменение структуры землепользования (особенно увеличение площади пашни и населенных пунктов), выявленное в результате проведенного исследования, свидетельствует о высокой степени риска уничтожения изучаемых объектов культурного наследия.

### Заключение

По результатам проделанной работы было выявлено существенное изменение структуры земель и выявлены общие тренды динамики землепользования. Территория исследования является зоной интенсивного сельского хозяйства, что объясняет существенное увеличение площади пахотных земель за рассмотренный период. Даже в случае незначительного сокращения пахотных земель на некоторых участках, этот тип землепользования все равно является преобладающим. Это подтверждается данными о современном состоянии изученных городищ – большинство из них подверглось распашке, в той или иной степени, однако нельзя утверждать, что городища были распаханы в современный период, а не до создания используемых ПГМ.

Также можно отметить рост площади поселений, яркими примерами чего являются Деушевское и Танай-Тураевское городища, большая часть которых застроена. Стоит учитывать, что развитие сельского хозяйства и рост поселений влечет за собой и развитие инфраструктуры (в первую очередь дорожной сети), которая также является причиной разрушения городищ.

Подводя окончательный итог работы, можно сказать, что исторические карты и современные данные ДЗЗ являются ценным источником данных, позволяющих проводить качественный и количественный анализ структуры землепользования вблизи памятников культурного наследия. Их совместное использование, однако, затрудняется несопоставимостью их масштабов, детальности и качества. Одним из главных недостатков исторических материалов являются существенные искажения в изображении объектов. Все это, наряду с мелким масштабом, делает невозможным анализ структуры землепользования и состояния непосредственно территории самих городищ в прошлом.

Тем не менее, анализ территории, близлежащей к археологическим памятникам, может дать представление о трендах трансформации структуры землепользования и ключевых антропогенных факторах рисков их разрушения.

### Список источников

1. Берлянт А.М., Востокова А.В., Кравцова В.И. 2003. Картоведение. Учебник для вузов. М., Аспект Пресс, 478 с.
2. Жмойдяк Р.А., Атоян Л.В. 2006. Картография. Курс лекций. Минск, БГУ, 194 с.
3. Кашин Л.А. 2001. Топографическое изучение России (исторический очерк). М., Картоцентр-Геодиздат, 114 с.
4. Коллекция старинных карт Российской Империи. Электронный ресурс. URL: <http://raremmaps.ru/> (дата обращения: 06 ноября 2020).
5. Кусов В.С. 2003. Памятники отечественной картографии. Учебное пособие. Москва, Издательство Московского университета, 150 с.



6. Cajthaml J. 2011. Methods of georeferencing old maps on the example of Czech early maps. 25th international cartographic conference, Paris. Electronic resource. URL: <https://www.researchgate.net/publication/259495942> (accessed: 06.11.2020).

### Список литературы

1. Афанасьев Г.Е., Савенко С.Н., Коробов Д.С. 2004. Древности Кисловодской долины. Москва, Научный мир, 240 с.
2. Баталов Р.Н., Радченко Л.К. 2020. Обзор основных направлений использования ГИС-технологий в историко-картографических исследованиях. Вестник Сибирского государственного университета геосистем и технологий, 25 (1): 119–135. DOI: 10.33764/2411-1759-2020-25-1-119-135.
3. Буняева А.Г., Буряк Ж.А., Лисецкий Ф.Н. 2017. Реконструкция лесных массивов на Тарханкутском полуострове в условиях лесостепи в античное время. Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Естественные науки, 40 (18(267)): 164–175.
4. Гайнуллин И.И., Хомяков П.В., Ситдииков А.Г., Усманов Б.М. 2017. Качественная оценка состояния средневековых городищ Республики Татарстан по данным дистанционного зондирования. Поволжская археология, 2 (20): 303–320. DOI: 10.24852/ra2017.2.20.303.320
5. Глушков В.В. 2007. История военной картографии в России (XVIII-начало XX в.). Москва, Издательский дом «Экономическая литература», 527 с.
6. Гришин Е.С. 2017. Технологии и методика применения пространственно-временного анализа в специально исторических ГИС-проектах. Историческая информатика, 2: 74–84. DOI: 10.7256/2585-7797.2017.2.23295
7. Гришин Е.С. 2019. Фонд историко-картографических материалов как средство унификации исторических ГИС и цифровой картографии. Историческая информатика, 1: 133–142. DOI: 10.7256/2585-7797.2019.1.29260
8. Губайдуллин А.М. 2017. Фортификация в Среднем Поволжье в X – первой половине XVI вв. Казань, Академия наук Республики Татарстан, 323 с.
9. Ермолаев О.П., Игонин М.Е., Бубнов А.Ю., Павлова С.В. 2007. Ландшафты Республики Татарстан. Региональный ландшафтно-экологический анализ. Казань, Слово, 411 с.
10. Жуков А.Ю., Ляля Е.В. 2010. ГИС «Электронный каталог населенных мест Карелии XV-XXI вв.». Ученые записки Петрозаводского государственного университета. Общественные и гуманитарные науки, 7 (112): 7–15.
11. Коробов Д.С. 2011. Основы геоинформатики в археологии. М., Издательство МГУ, 224 с.
12. Люри Д.И., Горячкин С.В., Караваева Н.А., Денисенко Е.А., Нефедова Т.Г. 2010. Динамика сельскохозяйственных земель России в XX веке и постагрогенное восстановление растительности и почв. Москва, Издательство ГЕОС, 415 с.
13. Раппопорт П.А. 1961. Очерки по истории военного зодчества северо-восточной и северо-западной Руси X–XV вв. Москва, Ленинград, Издательство Академии наук СССР, 242 с.
14. Флейс М.Э., Борисов М.М., Александрович М.В. 2008. Картографические проекции и согласование разновременных карт России и Советского союза в геоинформационной среде. Известия Российской академии наук. Серия географическая, 5: 118–125.
15. Хренов Л.С. 1987. Хронология отечественной геодезии с древнейших времен и до наших дней: Геодезия, астрометрия, гравиметрия, фотогеодезия и картография. Л., ГАО, 288 с.
16. Brovelli M.A., Minghini M. 2012. Georeferencing old maps: a polynomial-based approach for Como historical cadastres. e-Perimetre, 7 (3): 97–110.
17. Gainullin I.I., Khomyakov P.V., Sitdikov A.G., Usmanov B.M. 2016. Study of anthropogenic and natural impacts on archaeological sites of the Volga Bulgaria period (Republic of Tatarstan) using remote sensing data. Fourth International Conference on Remote Sensing and Geoinformation of the Environment (RSCy2016), 9688: 96880Z. DOI: 10.1117/12.2240728
18. Horodnic V.-D., Graur D.-S., Afloari M., Efros V. 2018. Geospatial analysis of land use dynamics using historical maps and GIS techniques. Case study of Rădăuți. Romania. International Scientific Conference GEOBALCANICA 2018. Albena, Bulgaria: 577–597. DOI: 10.18509/GBP.2018.63



19. Lieskovský J., Kaim D., Balázs P., Boltžiar M., Chmiel M., Grabska E., Király G., Konkoly-Gyuró É., Kozak J., Antalová K., Kuchma T., Mackovčín P., Mojses M., Munteanu C., Ostafin K., Ostapowicz K., Shandra O., Stych P., Radeloff V. C. 2018. Historical land use dataset of the Carpathian region (1819–1980). *Journal of Maps*, 14 (2): 644–651. DOI: 10.1080/17445647.2018.1502099
20. Liu D., Toman E., Fuller Z., Chen G., Londo A., Zhang X., Zhao K. 2018. Integration of historical map and aerial imagery to characterize long-term land-use change and landscape dynamics: An object-based analysis via Random Forests. *Ecological Indicators*, 95: 595–605. DOI: 10.1016/j.ecolind.2018.08.004
21. Matasov V., Prishchepov A.V., Jepsen M.R., Müller D. 2019. Spatial determinants and underlying drivers of land-use transitions in European Russia from 1770 to 2010. *Journal of Land Use Science*, 14 (4–6): 362–377. DOI: 10.1080/1747423X.2019.1709224
22. Prishchepov A.V., Radeloff V.C., Baumann M., Kuemmerle T., Müller D. 2012. Effects of institutional changes on land use: agricultural land abandonment during the transition from state-command to market-driven economies in post-Soviet Eastern Europe. *Environmental Research Letters*, 7 (2): 024021.
23. Skokanová H., Falt'an V., Havlíček M. 2016. Driving forces of main landscape change processes from past 200 years in Central Europe – differences between old democratic and post-socialist countries. *Ekológia (Bratislava)*, 35 (1): 50–65. DOI: 10.1515/eko-2016-0004
24. Statuto D., Cillis G., Picuno P. 2017. Using historical maps within a GIS to analyze two centuries of rural landscape changes in Southern Italy. *Land*, 6 (3): 65. DOI: 10.3390/land6030065
25. Šulte A., Gunnarsson D.S. 2017. 17th Century Large-Scale Historical Maps Of Vidzeme As Sources For Archaeological Research. *Journal Of The Institute Of Latvian History/Latvijas Vēstures Institūta Žurnāls*, 1 (102): 111–126.
26. Svedjemo G. 2010. Swedish Large-Scale Historical Maps as Sources for Archaeological Research: Examples from Gotlandic Maps from 1693-1705. VII International Conference on Easter Island and the Pacific: Migration, Identity, and Cultural Heritage. Sweden, Gotland University: 475–490.
27. Timár G., Biszak S. 2010. Digitizing and georeferencing of the historical cadastral maps (1856-60) of Hungary. 5th international workshop on digital approaches in cartographic heritage. Vienna, Austria, 22: 22–24.
28. Valent P., Rončák P., Maliariková M., Behan Š. 2016. Utilization of historical maps in the land use change impact studies: A case study from Myjava River basin. *Slovak Journal of Civil Engineering*, 24 (4): 15–26.

## References

1. Afanasyev G.E., Savenko S.N., Korobov D.S. 2004. *Drevnosti Kislovodskoy doliny [Ancients of the Kislovodsk Valley]*. Moscow, Nauchnyy mir, 240 p.
2. Batalov R.N., Radchenko L.K. 2020. Overview of main directions of using GIS technologies in historical and cartographical research. *Vestnik of the Siberian State University of Geosystems and Technologies*, 25 (1): 119–135. (in Russian). DOI: 10.33764/2411-1759-2020-25-1-119-135.
3. Bunyaeva A.G., Buryak J.A., Lisetsky F.N. 2017. Reconstruction of forests on the Tarhankut Peninsula in the conditions of forest-step in the Antique. *Belgorod State University Scientific Bulletin. Natural Sciences Series*, 40 (18(267)): 164–175. (in Russian)
4. Gainullin I.I., Khomiakov P.V., Sitdikov A.G., Usmanov B.M. 2017. Qualitative assessment of the condition of Tatarstan medieval fortified settlements under the data of remote sensing. *The Volga River Region Archaeology*, 2 (20): 303–320. DOI: 10.24852/pa2017.2.20.303.320 (in Russian)
5. Glushkov V.V. 2007. *Istoriya voyennoy kartografii v Rossii (XVIII-nachalo XX v.) [History of military cartography in Russia (XVIII-beginning of the XX century)]*. Moscow, Publ. «Ekonomicheskaya literatura», 527 p.
6. Grishin E.C. 2017. Spatiotemporal Technologies and Technique in Special Historical GIS-projects. *Historical Informatics*, 2: 74–84. <https://doi.org/10.7256/2585-7797.2017.2.23295>. (in Russian)
7. Grishin E.C. 2019. A Fund of Historical and Cartographic Materials as a Means to Unify Historical GIS and Digital Cartography. *Historical Informatics*, 1: 133–142. DOI: 10.7256/2585-7797.2019.1.29260 (in Russian).



8. Gubaidullin A.M. 2017. Archaeology of the Eurasian steppes. Kazan, Akademiya nauk Respubliki Tatarstan, 323 p. (in Russian).
9. Ermolaev O.P., Igonin M.E., Bubnov A.U., Pavlova S.V. 2007. Landscapes of Tatarstan Republic. Regional landscape and ecological analysis. Kazan, «Slovo», 411 p. (in Russian).
10. Zhukov A.Y., Lyalla E.B. 2010. GIS "Elektronnyy katalog naseleennykh mest Karelii XV-XXI vv." [GIS "Electronic catalog of settlements in Karelia XV-XXI centuries"]. Proceedings of Petrozavodsk State University. Social and Humanities Sciences, 7 (112): 7–15.
11. Korobov D.S. 2011. Osnovy geoinformatiki v arkheologii [Basics of Geoinformatics in Archaeology]. Moscow, Publ. MSU, 224 p.
12. Lyuri D.I., Goryachkin S.V., Karavaeva N.A., Denisenko E.A., Nefedova T.G. 2010. Dynamics of Agricultural Lands of Russia in XX Century and Postagrogenic Restoration of Vegetation and Soils. Moscow, Publ. GEOS, 415 p. (in Russian)
13. Rappoport P.A. 1961. Ocherki po istorii voyennogo zodchestva severo- vostochnoy i severo-zapadnoy Rusi X–XV vv. [Essays on the history of military architecture of north-eastern and north-western Russia X-XV centuries]. Moskva, Leningrad, Izdatelstvo Akademii nauk SSSR, 242 p.
14. Fleis M.E., Borisov M.M., Alexandrovich M.V. 2008. Cartographic Projections and Geographic Media of Maps of Russia and the Soviet Union Created at Different Times. Izvestiya Rossiiskoi Akademii Nauk. Seriya Geograficheskaya, 5: 118–125. (in Russian)
15. Khrenov L.S. 1987. Khronologiya otechestvennoy geodezii s drevneyshikh vremen i do nashikh dney: Geodeziya. astrometriya. gravimetriya. fotogeodeziya i kartografiya. [Chronology of Russian Geodesy from ancient times to the present day: Geodesy, Astrometry, Gravimetry, Photogeodesy and Cartography]. Leningrad, GAO, 288 p.
16. Brovelli M.A., Minghini M. 2012. Georeferencing old maps: a polynomial-based approach for Como historical cadastres. e-Perimetron, 7 (3): 97–110.
17. Gainullin I.I., Khomyakov P.V., Sitdikov A.G., Usmanov B.M. 2016. Study of anthropogenic and natural impacts on archaeological sites of the Volga Bulgaria period (Republic of Tatarstan) using remote sensing data. Fourth International Conference on Remote Sensing and Geoinformation of the Environment (RSCy2016), 9688: 96880Z. DOI: 10.1117/12.2240728
18. Horodnic V.-D., Graur D.-S., Afloari M., Efros V. 2018. Geospatial analysis of land use dynamics using historical maps and GIS techniques. Case study of Rădăuți. Romania. International Scientific Conference GEOBALCANICA 2018. Albena, Bulgaria: 577–597. DOI: 10.18509/GBP.2018.63
19. Lieskovský J., Kaim D., Balázs P., Boltižiar M., Chmiel M., Grabska E., Király G., Konkoly-Gyuró É., Kozak J., Antalová K., Kuchma T., Mackovčín P., Mojses M., Munteanu C., Ostafin K., Ostapowicz K., Shandra O., Stych P., Radeloff V. C. 2018. Historical land use dataset of the Carpathian region (1819–1980). Journal of Maps, 14 (2): 644–651. DOI: 10.1080/17445647.2018.1502099
20. Liu D., Toman E., Fuller Z., Chen G., Londo A., Zhang X., Zhao K. 2018. Integration of historical map and aerial imagery to characterize long-term land-use change and landscape dynamics: An object-based analysis via Random Forests. Ecological Indicators, 95: 595–605. DOI: 10.1016/j.ecolind.2018.08.004
21. Matasov V., Prishchepov A.V., Jepsen M.R., Müller D. 2019. Spatial determinants and underlying drivers of land-use transitions in European Russia from 1770 to 2010. Journal of Land Use Science, 14 (4–6): 362–377. DOI: 10.1080/1747423X.2019.1709224
22. Prishchepov A.V., Radeloff V.C., Baumann M., Kuemmerle T., Müller D. 2012. Effects of institutional changes on land use: agricultural land abandonment during the transition from state-command to market-driven economies in post-Soviet Eastern Europe. Environmental Research Letters, 7 (2): 024021.
23. Skokanová H., Falťan V., Havlíček M. 2016. Driving forces of main landscape change processes from past 200 years in Central Europe – differences between old democratic and post-socialist countries. Ekológia (Bratislava), 35 (1): 50–65. DOI: 10.1515/eko-2016-0004
24. Statuto D., Cillis G., Picuno P. 2017. Using historical maps within a GIS to analyze two centuries of rural landscape changes in Southern Italy. Land, 6 (3): 65. DOI: 10.3390/land6030065
25. Šulte A., Gunnarsson D.S. 2017. 17th Century Large-Scale Historical Maps Of Vidzeme As Sources For Archaeological Research. Journal Of The Institute Of Latvian History/Latvijas Vēstures Institūta Žurnāls, 1 (102): 111–126.



26. Svedjemo G. 2010. Swedish Large-Scale Historical Maps as Sources for Archaeological Research: Examples from Gotlandic Maps from 1693-1705. VII International Conference on Easter Island and the Pacific: Migration, Identity, and Cultural Heritage. Sweden, Gotland University: 475–490.
27. Timár G., Biszak S. 2010. Digitizing and georeferencing of the historical cadastral maps (1856-60) of Hungary. 5th international workshop on digital approaches in cartographic heritage. Vienna, Austria, 22: 22–24.
28. Valent P., Rončák P., Maliariková M., Behan Š. 2016. Utilization of historical maps in the land use change impact studies: A case study from Myjava River basin. Slovak Journal of Civil Engineering, 24 (4): 15–26.

#### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

**Иванов Максим Андреевич**, кандидат географических наук, доцент кафедры ландшафтной экологии института экологии и природопользования Казанского федерального университета, г. Казань, Россия

**Абдуллин Халим Миннуллович**, кандидат исторических наук, старший научный сотрудник информационно-редакционного отдела института археологии им. А.Х. Халикова АН РТ, г. Казань, Россия

**Гайнуллин Искандер Ильгизович**, аналитик центра ГИС университета Иннополис, г. Иннополис, Россия

**Губайдуллин Айрат Маратович**, доктор исторических наук, главный научный сотрудник отдела средневековой археологии института археологии им. А.Х. Халикова АН РТ, г. Казань, Россия

**Гафуров Артур Маратович**, кандидат географических наук, ассистент кафедры ландшафтной экологии института экологии и природопользования Казанского федерального университета, г. Казань, Россия

**Усманов Булат Мансурович**, старший преподаватель кафедры ландшафтной экологии института экологии и природопользования Казанского федерального университета, г. Казань, Россия

#### INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**Maxim A. Ivanov**, Candidate of Geographical Sciences, Associate Professor, Department of Landscape Ecology Institute of Ecology and Nature Management of the Kazan Federal University, Kazan, Russia

**Halim M. Abdullin**, Candidate of Historical Sciences, Senior Researcher of the Information and Editorial Department of the Institute of Archaeology named after A. Kh. Khalikov of Tatarstan Academy of Sciences, Kazan, Russia

**Iskander I. Gainullin**, Analyst of GIS Center of the Innopolis University, Innopolis, Russia

**Airat M. Gubaidullin**, Doctor of Historical Sciences, Chief Researcher of the Department of Medieval Archeology of the Institute of Archaeology named after A. Kh. Khalikov of Tatarstan Academy of Sciences, Kazan, Russia

**Artur M. Gafurov**, Candidate of Geographical Sciences, Assistant of the Department of Landscape Ecology, Institute of Ecology and Nature Management, Kazan Federal University, Kazan, Russia

**Bulat M. Usmanov**, Senior Lecturer, Department of Landscape Ecology, Institute of Ecology and Nature Management, Kazan Federal University, Kazan, Russia



УДК 556.535 : 911.9  
DOI 10.18413/2712-7443-2020-44-4-404-414

## Динамика водности малых водотоков Верхнедонского бассейна и ее роль в структурно-динамической организации ландшафтов

Дмитриева В.А., Жигулина Е.В.

Воронежский государственный университет,  
Россия, 394000, г. Воронеж, ул. Университетская площадь, 1  
E-mail: verba47@list.ru, evkand@yandex.ru

**Аннотация.** Малые реки и их ландшафты играют значительную роль в поддержке экологического равновесия Воронежской области. Цель наших исследований – проследить динамику водности малых рек на примере реки Девица и выявить ее воздействие на современную структурно-динамическую организацию ландшафтов в бассейне реки. Рассматривается динамика годового, экстремумов максимального и минимального речного стока в бассейне Верхнего Дона на примере малой реки Девица, являющаяся ответной реакцией на климатические вызовы. Показано, что характерное для рек европейской территории России снижение объемов половодья, сокращение стока весны, является фактором динамики водности малых рек и одновременно их деградации в верховье. Климатические и гидрологические изменения в совокупности с антропогенным воздействием отражаются на трансформации ландшафтов. В результате установлено, что под воздействием негативных естественных и антропогенных факторов усиливаются тенденции регрессивного развития ландшафтов малых рек Верхнедонского бассейна, которые приводят к снижению ландшафтного разнообразия и устойчивости. На примере р. Ольшанка (притоке р. Девица), выявлена современная трансформация пойменного типа местности. В результате сокращения протяженности речного русла на 4 км за период 1964–2008 гг. произошла перестройка типов местности и замещение пойменного типа на постпойменный. Ландшафты склонового типа местности в большей степени реагируют на антропогенное вмешательство, чем на природные изменения, а ландшафты плакорного типа местности реактивно отражают водно-эрозионные процессы.

**Ключевые слова:** бассейн Дона, малая река, речной сток, ландшафт, типы местности, динамика ландшафтов, трансформация ландшафтов

**Для цитирования:** Дмитриева В.А., Жигулина Е.В. 2020. Динамика водности малых водотоков Верхнедонского бассейна и ее роль в структурно-динамической организации ландшафтов. Региональные геосистемы, 44(4): 404–414. DOI: 10.18413/2712-7443-2020-44-4-404-414

---

## Water dynamics of small water currents of the Upper Don basin and its role in the structural-dynamic organization of landscapes

Vera A. Dmitrieva, Evgeniya V. Zhigulina

Voronezh State University,  
1 ul. University Square, Voronezh, 394000, Russia  
E-mail: verba47@list.ru, evkand@yandex.ru

**Abstract.** The dynamics of the annual, extremes of the maximum and minimum river runoff in the Upper Don basin is considered on the example of the small river Devitsa. It is shown that a decrease in flood volumes, a decrease in spring runoff, characteristic of rivers in European Russia, is a factor in the dynamics of water content in small rivers and, at the same time, their degradation in the upper reaches. The decrease in spring runoff is accompanied by an increase in the summer-autumn and winter runoff, i.e. there is an intra-annual redistribution of river flow volumes. The most sensitive and susceptible to



changes in the hydrological regime are small streams. Climatic and hydrological changes, combined with anthropogenic impact, are reflected in the transformation of landscapes. As a result, it was found that under the influence of negative natural and anthropogenic factors, the tendencies of regressive development of landscapes of small rivers of the Upper Don basin intensify, which lead to a decrease in landscape diversity and stability. For example, R. Olshanka is a tributary of the r. Devitsa, revealed the modern transformation of the floodplain type of terrain. As a result of the reduction in the length of the river channel by 4 km for the period 1964–2008, there was a restructuring of the types of terrain and the replacement of the floodplain type by the post-floodplain. Landscapes of the slope type of terrain are more responsive to anthropogenic interference than to natural changes, and landscapes of the upland type of terrain reactively reflect water erosion processes.

**Keywords:** Don basin, small river, river water content, landscape, landscape structure, landscape dynamics, the transformation of landscapes.

**For citation:** Dmitrieva V.A., Zhigulina E.V. 2020. Water dynamics of small water currents of the Upper Don basin and its role in the structural-dynamic organization of landscapes. *Regional Geosystems*, 44(4): 404–414. (in Russian). DOI: 10.18413/2712-7443-2020-44-4-404-414

---

---

## Введение

Современный период характеризуется глобальным и региональным изменением климатических параметров всего северного полушария, за которым следует трансформация элементов природной среды [Смольянинов, Овчинникова, 2010; Dzhamalov et al., 2010; Climate Change, 2013; Гидрологические изменения, 2018]. Увеличение температуры приземной атмосферы, характерное как на глобальном, так и региональном уровнях, оказывает прямое или опосредованное воздействие на гидрологические процессы, способствуя их ускорению или замедлению, при этом меняется и качество воды в реках [Девятова и др., 2016; Дмитриева, Нефедова, 2018; Прожорина и др., 2018].

Малые реки и их ландшафты играют значительную роль в поддержке экологического равновесия Воронежской области. Они не только реагируют на любые изменения природной среды, но и влияют на работу экосистем смежных территорий, изменяя ландшафтно-экологическую ситуацию многих районов [Михно, Кандыбко, 2005; Никаноров и др., 2012; Реки и водные объекты..., 2015]. Цель наших исследований – проследить динамику водности малых рек на примере реки Девица и выявить ее воздействие на современную структурно-динамическую организацию ландшафтов в бассейне реки.

К малым рекам принято относить водотоки, имеющие протяженность до 100 км и площадь водосбора до 2000 км<sup>2</sup>. Таких водотоков абсолютное большинство среди рек любой территории, и в России они составляют 80 % от общего числа. Не является исключением и бассейн Верхнего Дона, где гидрографическая сеть представлена преимущественно данной категорией водотоков. К числу малых рек относится река Девица и ее приток Ольшанка, рассматриваемые в настоящем исследовании.

## Объекты и методы исследования

Девица или Красная Девица – правый приток Дона в границе Воронежской области. Современная длина реки составляет 80 км, что на 9 км меньше по сравнению с данными [Ресурсы поверхностных вод..., 1964]. Площадь водосбора – 1520 км<sup>2</sup>. Она берет начало у с. Кучугуры в Нижнедевицком районе и впадает в Дон у г. Семилуки. Речная сеть реки развита слабо, речную систему Девицы составляют всего 23 водотока. Наиболее значительные притоки: правобережные Еманча (31,8 км), Россошка (16,1 км), левобережные Ольшанка (22,9 км), Калатушка (12,0 км). Водность р. Девица создают 16 притоков 1-го порядка и 7 притоков 2-го порядка. Из них 12 водотоков без названия длиной от 1,4 км до 7,7 км. Из указанных притоков 4 пересыхают полностью и 3 пере-





сыхают частично. Реки Девица и Еманча частично зарегулированы, на них устроены плотины и созданы пруды.

Гидрографическая сеть реки Девица неразветвленная. В речной системе есть только притоки 2-го порядка. Самый большой приток Еманча принимает всего лишь один приток без названия длиной 2,7 км, пересыхающий ежегодно. Для реки такой протяженности в климатических условиях западной части Воронежской области это большая редкость. Ранее не имевшие названий водотоки Россошка и Калатушка теперь закреплены на картах. Водоток у с. Нижнедевицк имеет название – ручей Ясенок. А сама Девица именуется как Красная Девица, что отличает её от нижерасположенной Девицы у с. Девица, так же правого притока Дона 1-го порядка. Суммарная протяженность водотоков в бассейне Девицы – 220 км. Густота речной сети – 0,17 км/км<sup>2</sup>, что соответствует среднему значению (0,18 км/км<sup>2</sup>) по Воронежской области.

Речная долина Девицы располагается в широтном направлении. Она открыта западным атлантическим воздушным потокам, преобладающим в годовом цикле атмосферной циркуляции, и вследствие этого хорошо увлажнена. Годовая сумма осадков, по данным метеостанции Нижнедевицк, находящейся в бассейне реки, составляет 570 мм. В теплое полугодие выпадает 310 мм, а в холодное – 260 мм. Доля жидких осадков постепенно возрастает, что связано с увеличением продолжительности периода положительных температур воздуха и удлинением безморозного периода. В формировании речного стока половодья главную роль играют осадки холодного полугодия: твердые в виде снега и жидкие в виде дождя. Осадки теплого полугодия, хотя и преобладают над осадками второй половины года, но почти не участвуют в образовании речного стока, так как на 70 % затрачиваются на испарение. Величина снеготаяния и объемы воды в снеге к началу снеготаяния являются главными стокоформирующими факторами весеннего половодья в бассейне Верхнего Дона. Многочисленные особенности весеннего половодья текущего времени среди указанных и прочих факторов связаны еще и с температурным режимом приземного слоя атмосферы [Дмитриева, 2020].

Температура воздуха в бассейне Девицы, как в бассейне Верхнего Дона и на всей европейской части России, повышается, особенно в зимний сезон. Начиная с 1951 г., по данным стационарных наблюдений на Нижнедевицкой метеорологической станции и до настоящего времени, средняя температура воздуха зимы постепенно увеличивается. Устойчивый рост приземной температуры воздуха наблюдается и в текущем столетии. Средняя годовая температура воздуха составляет 7,6 °С, что превышает среднее многолетнее значение на 0,7 °С. Повышение температуры воздуха, особенно зимы, прямо или опосредованно влияет на гидрологические процессы и меняет гидрологический режим рек. Например, повышение средней температуры воздуха зимы провоцирует многочисленные оттепели, которые в свою очередь вызывают зимние паводки, хотя и небольшие по величине, но влияющие на водный режим реки. Вследствие роста температуры сдвинулись на более поздние даты ледообразования осенью и более ранние даты разрушения ледяного покрова весной. А эти изменения в продолжительности устойчивого ледостава оказывают воздействие на температурный режим воды в реках. Вследствие меняющихся климатических условий формируются характерные черты современного водного режима, поверхностного склонового и руслового стока [Дмитриева, 2020, Долгов и др., 2020], отмечается трансформация ландшафтов бассейнов малых рек [Жигулина, 2017].

### Результаты и их обсуждение

Водный режим реки Девица соответствует восточно-европейскому типу, характеризующемуся относительно высоким весенним половодьем и низкой меженью. Типовая форма гидрографа меняется, если устанавливаются особые метеорологические условия на подъеме или спаде половодья. К таким необычным условиям прохождения половодья

можно отнести нехарактерные для весны и начала лета обильные дождевые осадки, как, например, весной и в начале лета 2016 г. Они сформировали дождевые паводки на спаде половодья, продлили продолжительность половодья и тем самым существенно удлиннили период высокой водности в реке (рис. 1).

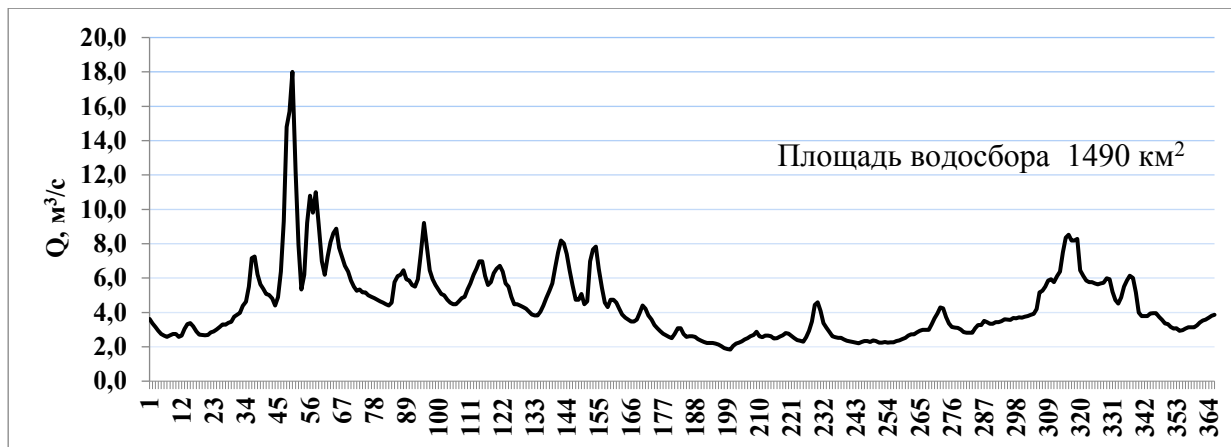


Рис. 1. Гидрограф р. Девица – с. Девица за 2016 г.  
Fig. 1. Hydrograph r. Devitsa – Devitsa for 2016

Фаза весеннего половодья по продолжительности приблизилась к половине годового периода. В бассейне Верхнего Дона сформировалась редкая аномалия половодья смешанного типа, одновременного от таяния снега и обильных жидких осадков. За данный период выпало по величине 4,5 нормы осадков. Но абсолютный летний минимум речного стока, тем не менее, наступил 18.07.2016, что аномально рано при такой водности. В текущем столетии абсолютный минимум летне-осенней межени в 67 % случаев приходится на август. В рассматриваемом году после прохождения паводковых вод началось стремительное истощение русловых запасов, что и привело к столь быстрому снижению расходов и уровней воды, летнего стока.

Характерной чертой водного режима рек Русской равнины является внутригодовое перераспределение речного стока. Указанная тенденция в водном режиме свойственна и реке Девица. Годовой сток реки уменьшается приблизительно на 35 % по данным [Долгов и др., 2020], а по нашим данным – на 15–20 %. В годы маловодья, с 2006 по 2017 гг., за исключением 2013 г., он был ниже среднемноголетнего значения, и лишь в 2018 г. достиг среднего многолетнего значения (рис. 2).

Временной период 2007–2015 гг. рассматривается как маловодный в бассейне Дона [Джамалов и др., 2017], что вполне справедливо для исследуемой реки. В последующие 2016–2018 гг. годовой сток оставался ниже среднего многолетнего значения и оказался равным ему лишь в 2018 г.

Климатические изменения стали причиной трансформации сезонного стока. Внутригодовое перераспределение речного стока привело к снижению объема стока половодья и увеличению стока межени. Доля объема весеннего стока в текущем столетии стремительно сокращается и составляет уже не более 40 %. На летний сток приходится 15 %, осенний сток – 20 % и зимний сток – 25 %. Это свидетельствует о том, что снеговое питание в бассейне Девицы теряет свою приоритетность. В настоящее время с полной уверенностью можно говорить о том, что река имеет смешанное питание с некоторым преобладанием снегового питания.

При этом изменился генезис экстремальных расходов воды. Максимумы стока устойчиво уменьшаются (рис. 3, а), а минимумы увеличиваются (рис. 3, б).

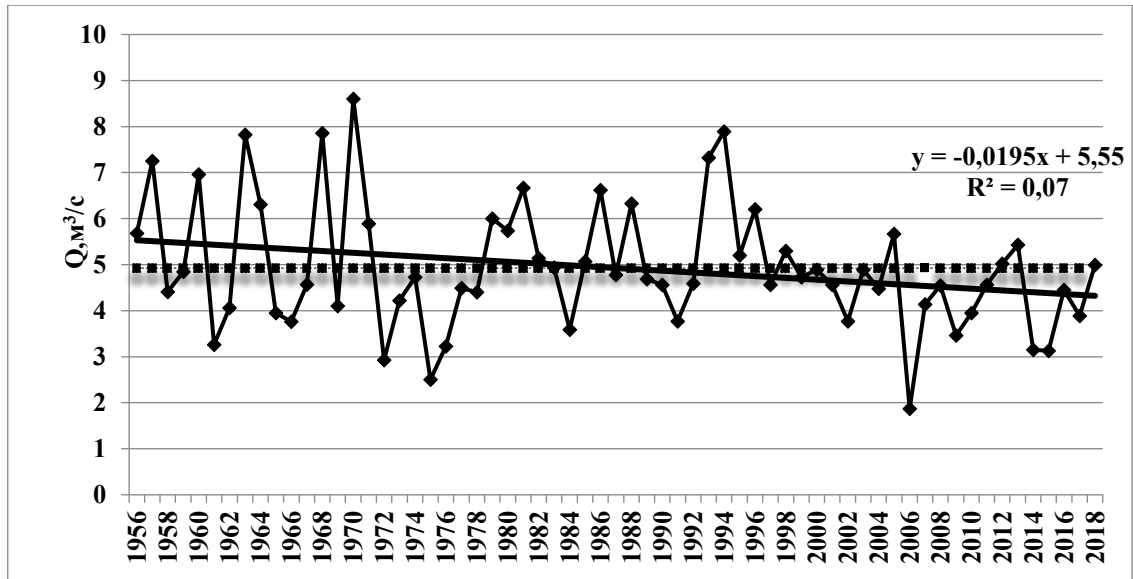
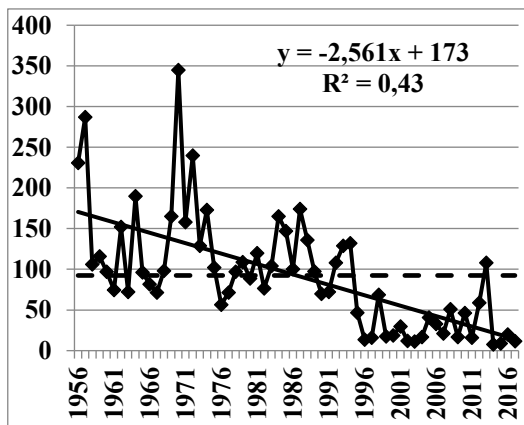
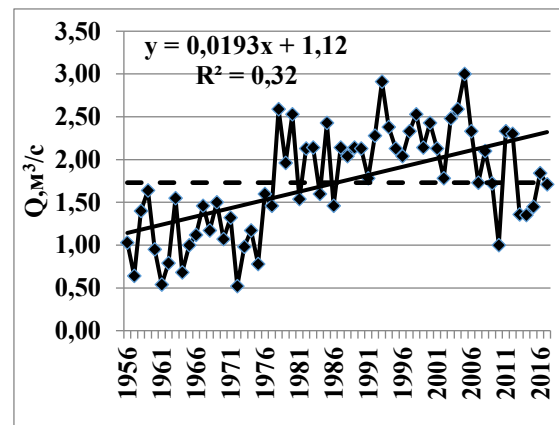


Рис. 2. Среднегодовые расходы воды р. Девица – с. Девица за период мониторинга  
 Fig. 2. The average annual water flow r. Devitsa – Devitsa for the monitoring period



а)



б)

Рис. 3. Экстремумы стока р. Девица – с. Девица: а – максимального; б – минимального  
 Fig. 3. Extremes of runoff r. Devitsa – Devitsa: а – maximum; б – minimum

Снижение экстремальных расходов весеннего половодья обусловливается своеобразием современного генезиса максимального стока. Наряду с прямыми стокоформирующими факторами огромную роль играют факторы подстилающей поверхности и, в частности, состояние почво-грунтов осенью и накануне снеготаяния. В связи с повышением зимних температур воздуха значительно уменьшилось их промерзание. Так, в зиму 2016–2017 гг. глубина промерзания почвы в бассейне Девицы не превысила 28 см, что примерно в 2 раза ниже средней величины для последнего десятилетия. При весеннем притоке солнечного тепла талая снеговая вода инфильтруется в почву, пополняя запасы грунтовых вод. И только после насыщения почвы водой и образования избытка и застоя на поверхности талая вода начинает стекать по склону в русло реки. Поэтому может отмечаться сдвигка во времени наступления максимума на более поздние сроки, но это не является закономерностью. Продолжительность весеннего половодья увеличивается, несмотря на сокращение фактических объемов стока вешних вод, что характерно для больших и средних рек Дона [Фролова и др., 2015; Дмитриева, 2020].

Одновременно увеличивается водность межени, особенно зимней. Этому способствуют многочисленные оттепели, которые уменьшают поверхностный предвесенний сток и пополняют запасы грунтовых вод. Возрастают также минимумы стока открытого русла (см. рис. 3, б). Вследствие разнонаправленных изменений в стоке половодья и межени сезонный сток выравнивается и становится более равномерным внутри года.

Динамика годового, весеннего, максимального и минимального стока в бассейне Верхнего Дона происходит на фоне сформировавшегося маловодья текущих лет. Но даже в условиях низкой водности в бассейне Девичы в очень маловодном 2014 г. абсолютный минимум летне-осенней межени оказался выше, чем в 1962 г., характеризующемся наименьшей водностью за период мониторинга. Данный факт свидетельствует о специфике образования экстремальных расходов в настоящее время.

Современная эволюция водности отражается на элементах природной среды и, в том числе, на ландшафтах. Своеобразие ландшафтов бассейна реки Девичы предопределено физико-географическими особенностями данного региона, и прежде всего повсеместным распространением мело-мергельных пород, выступающих в качестве важнейшего ландшафтообразующего фактора [Бережная и др., 2009].

В строении бассейна реки Девичы принимают участие четыре основных типа местности: плакорный, надпойменно-террасовый, склоновый и пойменный (табл. 1). Так, к долинно-речным ландшафтам относят надпойменно-террасовый, склоновый и пойменный типы местности, а водораздел бассейна реки Девичы представлен плакорным типом местности.

Таблица 1  
Table 1

Ландшафтно-типологическая структура бассейна реки Девича  
Landscape-typological structure of the Devitsa river basin

Типы местности	Площадь, км <sup>2</sup>	Площадь, %
Плакорный	880,829	58,0
Склоновый	523,270	34,4
Надпойменно-террасовый	35,259	2,30
Пойменный	80,642	5,30
Всего	1520	100

*Плакорный тип местности* занимает водораздельные пространства бассейна реки Девича, его площадь составляет 880,829 км<sup>2</sup> (см. табл. 1), а средняя высота – около 200 м. Но некоторые водораздельные массивы, особенно на северо-западе исследуемой территории, достигают абсолютных высот – 220–250 м. На плакорном типе местности, в пределах бассейна реки Девича, преобладают урочища распаханых полей и урочища лесных полос. Так же часто встречаются селитебные урочища.

*Надпойменно-террасовый тип местности* в пределах бассейна реки Девича развит на небольшой территории. Его площадь 35,259 км<sup>2</sup>. Так, в долине реки Девича надпойменно-террасовые местности предстают в виде узких (до 0,5–1,0 км) плоских или пологонаклонных песчано-суглинистых поверхностей с чернозёмными почвами. Ландшафтной особенностью надпойменно-террасового типа местности является широкое распространение в прошлом на его территории сосновых боров и суборей.

*Склоновый тип местности* на рассматриваемой территории занимает значительную площадь (523,270 км<sup>2</sup>). Это составляет 34,4 % от площади бассейна реки Девича (см. табл. 1). Он включает придолинные (крутизной более 3°) и коренные крутые склоны Девичы и Еманчи, а также многочисленные балки и овраги. Распространение его непосредственно зависит от густоты долинно-балочной и овражной сети. Характерными урочища-



ми данного типа местности являются обрывистые стенки, байрачные и нагорные дубравы, оползни, осыпи, скалистые мысы, балки и овраги. На западе бассейна р. Девица распространены урочища меловых тимьянников. Они занимают склоны, сложенные меловым делювием или покрытые тонким слоем остаточного-карбонатных почв.

*Пойменный тип местности* располагается в пределах затапливаемых в период половодий днище речной долины. Площадь его сравнительно невелика – 80,642 км<sup>2</sup>, это составляет 5,30 % от общей площади бассейна реки Девица. Характерными комплексами пойменного типа местности являются также лесные (дубравы, осинники, ольшаники, осокорники) и низинно-болотные типы урочищ.

В последние десятилетия под воздействием негативных естественных и антропогенных факторов усиливаются тенденции регрессивного развития ландшафтов бассейнов малых рек региона, в том числе и в пределах бассейна реки Девицы. Свидетельство тому – интенсивная деградация малой речной сети [Дмитриева, 2020], снижение ландшафтного разнообразия, устойчивости, бонитета и ряда других позитивных свойств природно-территориальных комплексов бассейнов малых рек. Исчезновение рек вызвало достаточно интенсивную трансформацию долинно-речных ландшафтов. В ряде речных долин деградировал пойменный тип местности, видоизменились надпойменно-террасовые и склоновые местности. Об этом наглядно свидетельствуют структурные изменения ландшафтов на уровне фаций и урочищ [Жигулина, 2017].

Так, плакорный тип местности в пределах бассейна реки Девица представлен в основном урочищами агрофитоценозов и лесных полос, поэтому он в первую очередь больше подвержен антропогенным факторам трансформации ландшафтов. Кроме того, территория бассейна р. Девица вблизи пгт Стрелица и с. Девица богата огнеупорными глинами, которые используются для изготовления огнеупорного кирпича в Семилуках. Здесь, на месте распаханных чернозёмных полей плакорного типа местности, возникли новые ландшафтные комплексы – глубокие котловинообразные понижения (заброшенные карьеры) с озёрами, низинными болотами, песчаными ровнядами, песчано-глинистыми отвальными холмами высотой до 40 м. Добыча глин ведётся открытым способом. Из-за этого после выработки на месте разработок остаются карьерно-отвальными комплексы. На их территории происходит изменение геологического строения, рельефа, гидрологической и геохимической обстановок, которые вызывают активизацию экзогенных геологических процессов, особенно гравитационных, в карьерах.

В пределах склонового типа местности активно проявляются негативные геоморфологические процессы, и прежде всего эрозия. Она связана с уклонами поверхностей. Так, по данным [Гальцева и др., 2012], в верхней части бассейна реки Девица площадь оврагов составляет 1,2 %, а в нижней части бассейна увеличивается до 1,4 %, причем на долю оползневых процессов приходится 1,25 %. В связи с этим, авторами был выделен интегральный коэффициент экологического состояния земель, который показал, что бассейн реки Девица относится к категории с неблагоприятным экологическим состоянием, причем значительную роль в снижении экологической устойчивости играют овражно-оползневые и карстовые процессы. В целом, интенсивное развитие глубинной и плоскостной эрозии приводит к деградации почвенного покрова, снижению урожайности, понижению уровня грунтовых вод и ухудшению микроклимата, что отрицательно сказывается на ландшафтно-экологической обстановке склонового типа местности.

Вследствие изменения водного режима рек, главным образом, сокращения стока половодья, а, следовательно, и сокращения основного источника питания малых рек, уменьшения протяженности речных русел в их верховьях [Лурье, Панов, 2018; Дмитриева, 2020] при одновременном воздействии антропогенных факторов пойменный тип местности претерпел заметные изменения. Резко сократилась площадь пойменных лесов, лугов и болот. В свою очередь возросла площадь пойменных полевых ландшафтов, искус-

ственных водоёмов и огородов. Проведенный мониторинг ландшафтов [Жигулина, 2013] на примере бассейна р. Ольшанки (притоке реки Девица) показал, что в результате сокращения русла реки на 4 км за период с 1964 по 2008 гг. произошла перестройка типов местности. Так, на рис. 4 видно, что в верховьях её долины происходит наибольшая перестройка типов местности, особенно это отразилось на пойменном типе местности, причем пойменный тип местности утратил свойственные ему признаки и перешел в стадию постпойменного состояния.

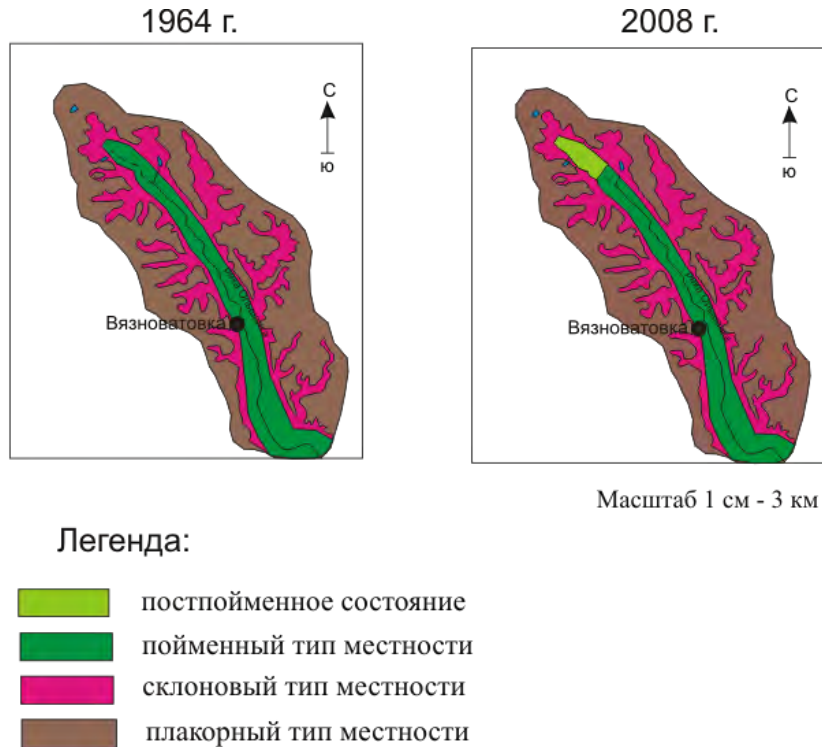


Рис. 4. Трансформация ландшафтов бассейна р. Ольшанка (приток р. Девица)  
Fig. 4. Transformation of landscapes of the Olshanka river basin (a tributary of the Devitsa river)

Можно лишь предположить, что дальнейшие изменения гидрологического состояния водотоков при сохраняющихся климатических тенденциях и уровне антропогенной нагрузки повлекут за собой трансформацию долинно-речных ландшафтов.

### Заключение

Современный водный режим реки Девица является отражением климатических изменений на планете. С ними связано преобразование фаз половодья и межени: снижение объема половодья и весеннего сезонного стока, увеличение продолжительности половодья; увеличение по продолжительности летней и сокращение зимней межени, смещение дат экстремумов максимального и минимального стока. Распределение стока по сезонам становится более равномерным и для р. Девица выражается следующими количественными показателями: доля объема весеннего стока – 40 %, летнего – 15 %, осеннего – 20 % и зимнего – 25 %. Снеговое питание теряет свою доминирующую роль, что отрицательно сказывается на питании и водности малых рек, ведет к их деградации (усыханию, превращению в суходолы), а далее к трансформации ландшафтов.

Климатические и гидрологические изменения, а также антропогенное воздействие негативно влияет на развитие и функционирование ландшафтов Верхнедонского бассейна. Так, в бассейне р. Девица наблюдается близость террасовых ландшафтов к водораздель-



ным. В прошлом на надпойменных террасах произрастали боры и суборы, но в настоящее время данный тип местности используется как сельскохозяйственные земли. После вырубки лесов на надпойменных террасах активизировались процессы эрозии, а нерегулируемая пастьба скота ведёт к увеличению площади низкопродуктивных пастбищных угодий. На примере реки Ольшанка (притоке р. Девица) было установлено, что пойменный тип местности трансформировался в постпойменный в верховье реки, а негативные эрозионные процессы, сопровождающиеся ростом оврагов на склоновых ландшафтах, увеличивают эродированность и ухудшают их экологическое состояние.

В текущих условиях особое внимание должно быть уделено ведению мониторинга ландшафтов в комплексе с анализом гидрологического состояния в бассейнах малых рек Воронежской области. Организация и развитие системы мониторинга ландшафтов бассейнов малых рек позволит углубить изучение и определить их современное состояние, а также будет способствовать решению задач, связанных с рациональным природопользованием в бассейне Верхнего Дона.

### Список источников

1. Ресурсы поверхностных вод СССР. Гидрологическая изученность. 1964. Л., Гидрометеиздат, 267 с.
2. Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Working Group I Contribution to the fifth Assessment report of the intergovernmental panel on climate change. Edited by Stocker T.F., Qin D., Plattner G.K., Tignor M.M., Allen S.K., Boschung J., Nauels A., Xia Y., Bex V., Midgley P.M. New York, 1535 p.

### Список литературы

1. Бережная Т.В., Бережной А.В., Горбунов А.С. 2009. Нижняя Девица: опыт ландшафтно-бассейновой характеристики территории. Воронеж, Научная книга, 103 с.
2. Гальцева Е.В., Смольянинов В.М., Шмыков В.И. 2012. Изучение природных условий и антропогенного воздействия на земельные ресурсы при проведении ландшафтно-экологического землеустройства на правом берегу Дона в пределах Воронежской области. Вестник Воронежского государственного аграрного университета, 2 (33): 304–310.
3. Гидрологические изменения. 2018. В сб.: Вопросы географии. Под ред. Котляков В.М., Коронкевич Н.И., Барабанова Е.А. М., ИД «Кодекс», 432 с.
4. Девятова Т.А., Яблонских Л.А., Чувьчкин А.Л., Титова Н.В. 2016. Экологический мониторинг малых рек бассейна Среднего Дона (на примере реки Девицы) Материалы заочной международной научно-практической конференции. Воронеж: 169–175.
5. Джамалов Р.Г., Киреева М.Б., Фролова Н.Л., Косолапов А.Е. 2017. Водные ресурсы бассейна Дона и их экологическое состояние. М., ГЕОС, 205 с.
6. Дмитриева В.А. 2020. Современные изменения водного режима и морфометрии рек Верхнедонского бассейна. Известия РАН. Серия географическая, 1: 103–113.
7. Дмитриева В.А., Нефедова Е.Г. 2018. Качество поверхностных вод Воронежской области. Воронеж, Научная книга, 212 с.
8. Долгов С.В., Коронкевич Н.И., Барабанова Е.А. 2020. Ландшафтно-гидрологические изменения в бассейне Дона. Водные ресурсы, 47 (6): 674–685.
9. Жигулина Е.В. 2013. Динамика ландшафтов бассейнов малых рек Воронежской области. Материалы Пятой международной конференции, посвященной 95-летию со дня рождения Ф.Н. Милькова. Воронеж: 151–153.
10. Жигулина Е.В. 2017. Некоторые аспекты трансформации ландшафтов бассейнов малых рек Воронежской области. Материалы 7-й Международной научной конференции (памяти Петина А.Н.). Белгород: 136–139.
11. Лисецкий Ф.Н., Дегтярь А.В., Буряк Ж.А., Павлюк Я.В., Нарожная А.Г., Землякова А.В., Маринина О.А. 2015. Реки и водные объекты Белогорья. Белгород, Константа, 362 с.
12. Лурье П.М., Панов В.Д. 2018. Река Дон: гидрография и режим стока. Ростов-на-Дону, Донской издательский дом, 592 с.



13. Михно В.Б., Кандыбко Е.В. 2005. Проблемы организация мониторинга ландшафтов бассейнов малых рек. Материалы 5 Межрегиональной научно-производственной конференции. Воронеж: 35–39.
14. Никаноров А.М., Брызгало В.А., Кондакова М.Ю. 2012. Реки России. В кн. Реки Приазовья (гидрохимия и гидроэкология). Ростов на Дону, НОК, 316 с.
15. Прожорина Т.И., Куролап С.А., Нагих Т.В. 2018. Оценка экологического состояния малых рек Воронежской области. Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Естественные науки, 42 (2): 272–280.
16. Смольянинов В.М., Овчинникова Т.В. 2010. Географические подходы при землеустроительном проектировании в регионах с интенсивным развитием природных и техногенных чрезвычайных ситуаций. Воронеж, Истоки, 230 с.
17. Фролова Н.Л., Киреева М.Б., Агафонова С.А., Евстигнеев В.М., Ефремова Н.А., Повалишников Е.С. 2015. Внутригодовое распределение стока равнинных рек европейской территории России и его изменение. Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление, 4: 4–20.
18. Dzhamalov R.G., Frolova N.L., Kireeva M.B., Safronova T.I. 2010. Climate-Induced Changes in Groundwater Runoff in Don Basin. *Water Resources*, 37 (5): 733–742.

### References

1. Berezhnaya T.V., Berezhnoy A.V., Gorbunov A.S. 2009. Nizhnyaya Devitsa: opyt landshaftno-basseynovoy kharakteristiki territorii [Nizhnyaya Devitsa: experience of landscape and basin characteristics of the territory]. *Voronezh, Nauchnaya kniga*, 103 p.
2. Galtseva E.V., Smolyaninov V.M., Shmykov V.I. 2012 Study of natural conditions and anthropogenic impact on land resources in carrying out landscape-ecological land management on the right Bank of the Don river within the boundaries *Vestnik of Voronezh State Agrarian University*, 2 (33): 304–310. (in Russian)
3. Hydrological Changes. 2018. In *Problems of Geography*. Ed. Kotlyakov V.M., Koronkevich N.I., Barabanova E.A. Moscow, ID«Kodeks», 312 p. (in Russian)
4. Devyatova T.A., Yablonsky L.A., Chuvichkin A.L., Titova N.V. 2016. Ecological monitoring of small rivers middle Don basin (on the example of the Devitsa river) *Materials of the correspondence international scientific and practical conference. Voronezh*: 169–175. (in Russian)
5. Dzhamalov R.G., Kireeva M.B., Frolova N.L., Kosolapov A.E. 2017. *Vodnyye resursy basseyna Dona i ikh ekologicheskoye sostoyaniye* [Water resources of the Don basin and their ecological status]. Moscow, GEOS, 205 p.
6. Dmitrieva V.A. 2020. Modern changes in the water regime and the morphometry of rivers in the Upper Don basin. *Izvestiya Rossiiskoi Akademii Nauk. Seriya Geograficheskaya*, 1: 103–113. (in Russian)
7. Dmitrieva V.A., Nefedova E.G. 2018. *Kachestvo poverkhnostnykh vod Voronezhskoy oblasti* [Surface water quality in the Voronezh region]. *Voronezh, Nauchnaya kniga*, 212 p.
8. Dolgov S.V., Koronkevich N.I., Barabanova E.A. 2020. Landscape and hydrological changes in the don basin. *Water resources*, 47 (6): 674–685. (in Russian)
9. Zhigulina E.V. 2013. Dynamics of landscapes of small river basins of the Voronezh region. *Materials of the Fifth International Conference dedicated to the 95th birthday of F.N. Milkova. Voronezh*: 151–153. (in Russian)
10. Zhigulina E.V. 2017. *Nekotoryye aspekty transformatsii landshaftov basseynov malykh rek Voronezhskoy oblasti* [Some aspects of landscape transformation of small river basins of the Voronezh region]. *Materialy 7-y Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii (pamyati Petina A.N.)*. Belgorod: 136–139.
11. Lisieckii F.N., Degtyarev A.V., Buryak G.A., Pavluk Ya.V., Narozhnyaya A.G., Zemlyakova A.V., Marinina O.A. 2015. *Reki i vodnyye obyekty Belogoria* [Rivers and water bodies of Belogorye]. Belgorod, Constanta, 362 p.
12. Lurie P.M., Panov V.D. 2018. *The don river: hydrography and runoff regime*. Rostov-on-Don, Don publishing house, 592 p. (in Russian)





13. Mikhno V.B., Kandybko E.V. 2005. Problemy organizatsiya monitoringa landshaftov bas-seynov malykh rek [Problems organization of monitoring of landscapes of small river basins in the Voronezh region]. Materialy 5 Mezhhregionalnoy nauchno-proizvodstvennoy konferentsii. Voronezh: 35–39.
14. Nikanorov A.M., Bryzgalo V.A., Kondakova M.Yu. 2012. Rivers of Russia. In: Rivers of the Azov sea (hydrochemistry and Hydroecology). Rostov on Don, NOC, 316 p. (in Russian)
15. Prozhorina T.I., Kurolap S.A., Nagih T.V. 2018. Estimation of Environmental State small Rivers of the Voronezh Region. Belgorod State University Scientific Bulletin. Natural sciences series, 42 (2): 272–280. (in Russian)
16. Smoljaninov V.M., Ovcinnikova T.V. 2010 Geographical approaches to land development projects in the regions with intensive development of natural and technogenic extreme situations. Voronezh, Istoki, 230 p. (in Russian)
17. Frolova N.L., Kireyeva M.B., Agafonova S.A., Yevstigneyev V.M., Yefremova N.A., Povalishnikova Y.S. 2015. Lowland rivers runoff within-year distribution and changes on the European territory of Russia. Water sector of russia: problems, technologies, management, 4: 4–20 (in Russian)
18. Dzhamalov R.G., Frolova N.L., Kireeva M.B., Safronova T.I. 2010. Climate-Induced Changes in Groundwater Runoff in Don Basin. Water Resources, 37 (5): 733–742.

#### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

**Дмитриева Вера Александровна**, доктор географических наук, доцент, профессор кафедры природопользования Воронежского государственного университета, г. Воронеж, Россия

**Жигулина Евгения Викторовна**, кандидат географических наук, преподаватель кафедры физической географии и оптимизации ландшафтов Воронежского государственного университета, г. Воронеж, Россия

#### INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**Vera A. Dmitrieva**, Doctor of Geography, Associate Professor, Professor of the Department of Environmental Management, Voronezh State University, Voronezh, Russia

**Evgeniya V. Zhigulina**, Candidate of Geographical Sciences, Lecturer, Department of Physical Geography and Landscape Optimization, Voronezh State University, Voronezh, Russia



УДК 528.8:574.42:58.02

DOI 10.18413/2712-7443-2020-44-4-415-431

## **Влияние климата на состояние северной части елово-пихтовой подзоны темнохвойных бореальных лесов острова Сахалин**

**Мелкий В.А.<sup>1</sup>, Верхотуров А.А.<sup>1</sup>, Братков В.В.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН,  
Россия, 693022, г. Южно-Сахалинск, ул. Науки, 1Б

<sup>2</sup>Московский государственный университет геодезии и картографии,  
Россия, 105064, г. Москва, Гороховский пер., 4  
E-mail: vamelkiy@mail.ru; ussr-91@mail.ru; vbratkov@mail.ru

**Аннотация.** Одним из регионов России, где сохранились большие массивы бореальных лесов, является остров Сахалин. В результате исследования определен характер изменения состояния северной части подзоны бореальных елово-пихтовых лесов Сахалина под влиянием современных климатических изменений на основе данных наблюдений на метеостанциях и космических съемок. Приводятся результаты исследования многолетней динамики лесов по данным космических съемок и регулярных наблюдений на метеостанциях «Погиби», «Ноглики», «Александровск-Сахалинский», «Тымовское». Оценка современного состояния лесных сообществ территории выполнена по многозональным космическим снимкам территории среднего разрешения, полученных со спутников *Landsat*. Установлено, что интенсивное развитие растительности и прирост фитомассы обусловлены условиями тепло- и влагообеспеченности территории, которые находят свое выражение в величине гидротермического коэффициента Селянинова (ГТК). Анализ климатических условий лесных растительных сообществ дал возможность понять тенденции и направленность их изменения, прогнозировать отдельные негативные природные явления (пожары, усыхание и др.).

**Ключевые слова:** многозональные космические снимки, климатические условия, гидротермический коэффициент, елово-пихтовые леса, моделирование, ArcGIS

**Для цитирования:** Мелкий В.А., Верхотуров А.А., Братков В.В. 2020. Влияние климата на состояние северной части елово-пихтовой подзоны темнохвойных бореальных лесов острова Сахалин. Региональные геосистемы, 44 (4): 415–431. DOI: 10.18413/2712-7443-2020-44-4-415-431

---

## **Climate influence on the state of the northern part of the spruce-fir subzone of the dark coniferous boreal forests of Sakhalin Island**

**Vyacheslav A. Melkiy<sup>1</sup>, Alexey A. Verkhoturov<sup>1</sup>, Vitaly V. Bratkov<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Institute Marine Geology and Geophysics, FEB RAS,  
1 B, Nauki Str., Yuzhno-Sakhalinsk, 693022, Russia

<sup>2</sup>Moscow State University of Geodesy and Cartography,  
4 Gorokhovskiy per., Moscow, 105064, Russia

E-mail: vamelkiy@mail.ru; ussr-91@mail.ru; vbratkov@mail.ru

**Abstract.** The nature of the influence of climatic conditions on the state of the spruce-fir subzone of the dark-coniferous boreal forests of Sakhalin Island is revealed. The results of a study of long-term dynamics of forests based on space surveys and regular observations at the weather stations "Pogibi", "Nogliki", "Aleksandrovs-Sakhalinskiy "Tymovskoe", are presented. The current state of the territory's forest communities was assessed using multi-spectral medium-resolution satellite images of the territory obtained by Landsat satellites. It is established that intensive vegetation development and phytomass growth are caused by heat and moisture availability of the territory, reflected in value of the Selyaninov



hydrothermal coefficient (SHC). The analysis of the dynamics of State of forest plant communities made it possible to understand trends of direction their changes, predict certain negative natural phenomena (fires, drying up, etc.). The position of floral borders of study area depends mainly from distribution of hydrothermic coefficient.

**Key words:** multi-zone satellite images, climate conditions, hydrothermal coefficient, spruce-fir forests, modeling, ArcGIS

**For citation:** Melkiy V.A., Verkhoturov A.A., Bratkov V.V. 2020. Climate influence on the state of the northern part of the eel-fir subzone of the dark coniferous boreal forests of Sakhalin Island. *Regional Geosystems*, 44 (4): 415–431. (in Russian). DOI 10.18413/2712-7443-2020-44-4-415-431

## Введение

Изменения климата выявляются при сопоставлении рядов одинаковой длительности, продолжительность которых составляет десятки лет. С точки зрения географии и экологии, наибольший интерес представляет не столько анализ изменений основных климатических параметров (температур, осадков), сколько результаты влияния этих изменений на биоту. Среди растительных группировок особое место занимают леса, которые являются важнейшими компонентами биосферы и источниками ресурсов. Они имеют глобальное экологическое, экономическое и социальное значение, в связи с чем организован их мониторинг.

Одним из регионов России, где сохранились большие массивы бореальных лесов, является остров Сахалин. Особенность этих лесов – их формирование в условиях территориальной изоляции от материка, а также океанического климата, в результате чего они несколько отличаются от материковых. Нарушенность лесного покрова на любой территории зависит, с одной стороны, от породного состава и возраста древостоев, а с другой – от климатических условий [Seidl et al., 2017].

В качестве объекта исследования нами определена территория, по которой при геоботаническом районировании острова Сахалин А.И. Толмачев [1955] провел северную границу в подзоны зеленомошных темнохвойных лесов с преобладанием ели (*Picea ajanensis*). В более поздних работах положение геоботанических границ уточнялось [Крестов и др., 2004; Мелкий и др., 2019] (рис. 1).

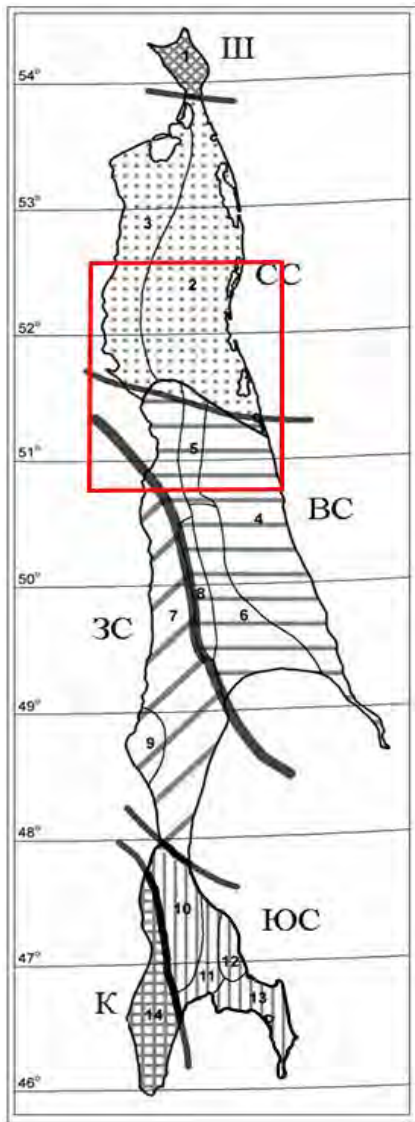
В результате исследования определен характер изменения состояния северной части подзоны бореальных елово-пихтовых лесов Сахалина под влиянием современных климатических изменений на основе данных наблюдений на метеостанциях и космических съемок.

## Объекты и методы исследования

В основу статьи положены результаты анализа состояния растительности, который проводился с использованием топографических карт и космических снимков со спутников серии *Landsat*, отражающих состояние северной части подзоны бореальных елово-пихтовых лесов Сахалина. Полевые исследования растительных сообществ района проводились на эталонных участках по проверенным методикам [Сукачев, Зонн, 1961; Нормативные..., 1986]. Полевые описания оцифрованы, имеют точную геодезическую привязку, структурированы и подготовлены для использования.

Характеристика современных климатических условий выполнена на основе анализа рядов инструментальных наблюдений, осуществлённых на метеостанциях «Погиби», «Ноглики», «Александровск-Сахалинский», «Тымовское», имеющих в свободном доступе ([www.meteo.ru](http://www.meteo.ru), [www.pogodaiklimat.ru](http://www.pogodaiklimat.ru)). Обработка рядов данных и определение линейных временных трендов количественных характеристик погоды производилась статистическими методами. [Gavrilov et al., 2018; Муха, 2020].

Для исследования изменений лесного покрова большую роль играют ранее созданные карты данной территории. Они послужили источником информации о состоянии растительности на момент съемки и выявления изменений. В работе использовалась топографическая карта масштаба 1: 500 000 данной территории.



Условные обозначения:

Ш – Шмидтовский район,  
СС – Северо-Сахалинский район,  
ЗС – Западно-Сахалинский район,  
ВС – Восточно-Сахалинский район,  
ЮС – Южно-Сахалинский район,  
К – Крильонский район

Линии, выходящие за контур острова, разделяют флористические области.

Линии внутри контуров острова разделяют геоботанические районы по Толмачеву [1955]:

*подзона лиственничных лесов:*

1 – район полуострова Шмидта,  
2 – Северо-Восточный район,  
3 – Северо-Западный район;

*подзона зеленомошных темнохвойных лесов с преобладанием ели:*

4 – Восточно-Сахалинский горный район,  
5 – Тымский район,  
6 – Поронайский район,  
7 – Западно-Сахалинский горный район,  
8 – район Поронайской горной цепи,  
9 – Ламанонский прибрежный район;

*подзона темнохвойных лесов с преобладанием пихты:*

10 – Центральный (Южно-Сахалинский) горный район,  
11 – район Южно-Сахалинской низменности,  
12 – Сусунайский горный район,  
13 – Юго-Восточный район;

*подзона темнохвойных лесов с примесью широколиственных пород:*

14 – Юго-Западный район

Красным контуром обведен район исследования

Рис. 1. Схема геоботанического районирования острова Сахалин по А.И. Толмачеву [1955] с изменениями П.В. Крестова с соавторами [2004]

Fig. 1. Scheme of geobotanical zoning of Sakhalin Island according by A.I. Tolmachev [1955] with changes by Krestov et al. [2004]

Для более точного изучения произошедших изменений необходимы снимки одного сезона. Для исследования данной территории выбраны снимки конца летнего периода.

Исходя из этого условия, для исследования динамики лесной растительности на сайте Геологической службы США при помощи *EarthExplorer* были выбраны три сцены *Landsat* с минимальной облачностью в период активной вегетации, отражающие состояние местности на 1992, 2005 и 2015 гг. [United..., 2020] (рис. 2). Методические подходы использования снимков с *Landsat* для изучения растительного покрова показали свою информативность [Терехин, 2018; 2019]. Предварительная обработка вклю-

чала радиометрическую и атмосферную коррекцию изображения в ПО *ENVI*. Радиометрическая коррекция была проведена для всех трёх снимков (1992, 2005 и 2015 гг.). Также была задана оптимальная линейная растяжка. Картографирование осуществлялось при помощи таких программных средств, как *ArcGIS*, *MapInfo* [Черепанова и др., 2017; Шихов и др., 2017].

Снимки в естественных цветах не дают возможности достаточно точно определить границу леса. Поэтому необходимо использовать различные методы определения лесного покрова. Для определения границ различных лесных сообществ можно воспользоваться несколькими методами дешифрирования:

- 1) метод классификации [Khatami et al., 2016; He et al., 2019];
- 2) метод соотношения спектральных каналов;
- 3) метод спектрального индекса [Малышева, 2018].



Рис. 2. Снимки Landsat на исследуемую территорию: А – 1992 г.; Б – 2006 г.; В – 2015 г.  
Fig. 2. Landsat Images for research area: А – 1992; Б – 2006; В – 2015

Методы анализа сезонной и многолетней динамики природно-территориальных комплексов (ПТК), обусловленной погодно-климатическими условиями, базируются на концепции их пространственно-временного анализа и синтеза, разработанной Н.Л. Беру-чашвили, дополненной и апробированной В.В. Братковым [Атаев и др., 2018]. Результатами влияния климатических изменений могут быть, например, изменения запасов фитомассы или границы той или иной группировки растительности. В качестве оценочного средства состояния растительного покрова применялся нормализованный относительный вегетационный индекс NDVI [Братков и др., 2016; Керимов и др., 2016; Gonsamo, Chen, 2016; Корец, Скудини, 2018].

### **Климатические факторы, определяющие распространение растительных сообществ**

Климат Сахалина умеренный муссонный. Зима на острове сухая и холодная, лето – влажное, теплое. Продолжительность солнечного сияния исследуемой территории составляет 1650–1750 часов за год.

Среднемесячная температура самого холодного месяца (января) в пределах изучаемого района изменялась незначительно: от  $-25,1$  °С до  $-28,8$  °С. Абсолютный минимум, зарегистрированный в разных местах, достигал отметок от  $-49$  °С до  $-38$  °С. Средние температуры августа колебались от  $+14,6$  °С на севере, до  $+16,5$  °С – в Александровске-Сахалинском. Абсолютный максимум достигал  $+39$  °С в Тымовском.

Зимой наблюдается господство ветров северного и северо-западного направлений с повышенной скоростью (от 1,5 до 10,0 м/сек), летом – юго-восточных и южных. Ветры усиливают суровость погодных условий.

На севере территории в летнее время выпадает 300 мм осадков, на юге – 550–600 мм. В холодный период осадки зачастую представлены мокрым снегом и обрушиваются в виде мощных снегопадов.

### **Результаты и их обсуждение**

Сведения о среднесуточных и месячных температурах и осадках с метеостанций «Погиби», «Ноглики», «Александровск-Сахалинский», «Тымовское», расположенных по периметру исследуемой территории, за 1966–2019 гг., имеются на сайтах <http://www.meteo.ru> и <http://www.pogodaiklimat.ru>. Используются данные суточного разрешения, обработка которых осуществлялась в пакете MS-Excel. В результате были получены стандартные статистические показатели: средние месячные и годовые значения, экстремумы и стандартное отклонение. Изменение термических условий по данным метеостанции (м/с) «Погиби» за 1966–2019 гг. иллюстрируют табл. 1, рис. 3. Изменение величины осадков по данным м/с «Погиби» за 1966–2019 гг. иллюстрируют табл. 2, рис. 4.

Таблица 1  
Table 1

Термический режим по данным метеостанции «Погиби» за 1966–2019 гг.  
Thermal regime according by data of the weather station (WS) "Pogibi" for 1966–2019

Показатели	Средние месячные и годовые значения												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	год
Мин.	-24,9	-24,1	-16,6	-6,4	0,9	7,7	12,1	12,4	3,3	-8,8	-17,7	-20,8	-3,3
Макс.	-11,7	-9,4	-1,3	4,8	10,4	15,6	16,7	18,1	13,6	6,2	-2,7	-10,5	0,3
Сред.	-19,3	-17,8	-11,4	-2,8	2,9	10,2	14,3	15,5	11,6	3,3	-7,7	-15,8	-1,3
Ст. отк	2,6	3,2	3,2	2,1	2,0	1,5	0,9	1,3	1,8	2,6	3,3	2,5	0,8
Абс. мин	-44,0	-40,7	-37,0	-28,3	-10,6	-1,9	2,2	-1,5	-3,0	-17,2	-29,4	-41,0	-44,0
Абс. макс	0,6	0,5	8,0	13,0	22,3	27,0	25,5	27,3	24,7	17,6	9,3	3,4	27,3

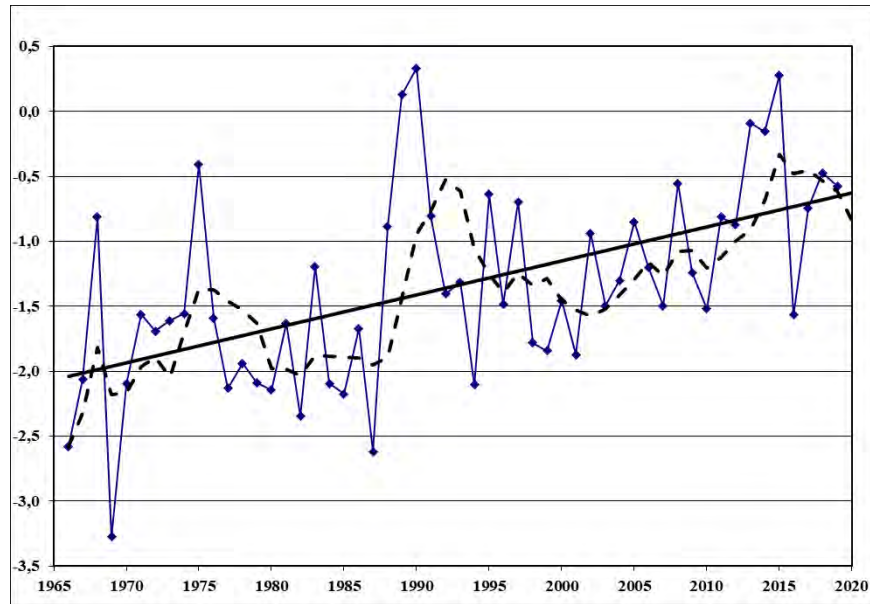


Рис. 3. График хода среднегодовых температур по данным м/с «Погиби» за 1966–2019 гг. (здесь и далее: сплошная линия – линейный тренд, пунктирная – осреднение за 5 лет)  
 Fig. 3. Graph of the course of Average annual temperatures according by data of WS "Pogibi" for 1966–2019 (here and further: solid line – linear trend, dotted line – averaging over 5 years)

Таблица 2  
 Table 2

Режим осадков по данным м/с «Погиби» за 1966–2019 гг.  
 Precipitation regime according by data of the WS "Pogibi" for 1966–2019

Показатели	Средние месячные и годовые значения												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	год
Минимум	0	0	3	8	0	4	1	20	14	9	2	5	294
Максимум	100	78	112	74	125	184	157	176	192	209	92	105	880
Среднее	28	26	31	30	45	46	58	76	72	65	31	33	541
Ст. откл	23	20	22	16	24	36	41	39	36	39	20	20	123

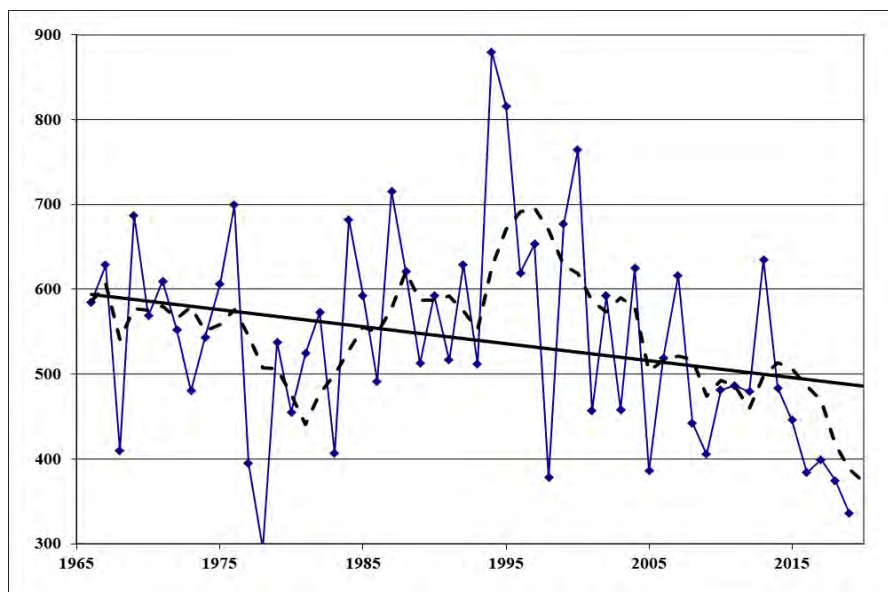


Рис. 4. Динамика среднегодовых осадков по данным м/с «Погиби» за 1966–2019 гг.  
 Fig. 4. Dynamics of Average annual precipitation according to WS "Pogibi" for 1966–2019

Изменение термических условий по данным метеостанции «Ноглики» за 1966–2019 гг. иллюстрируют табл. 3, рис. 5.

Таблица 3  
Table 3

Термический режим по данным метеостанции «Ноглики» за 1966–2019 гг.  
Thermal regime according by data of the WS "Nogliki" for 1966–2019

Показатели	Средние месячные и годовые значения												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	год
Мин.	-24,2	-22,1	-15,0	-5,3	1,8	5,7	9,8	11,6	8,4	0,7	-11,4	-20,5	-3,3
Макс.	-9,8	-9,9	-4,3	2,7	8,5	14,3	18,0	17,7	13,0	5,9	-2,7	-8,4	0,7
Сред.	-17,8	-15,9	-9,6	-1,5	3,7	9,5	13,3	14,7	10,9	3,4	-7,1	-15,0	-0,8
Ст. отк	3,0	2,6	2,4	1,5	1,4	1,8	1,6	1,5	1,0	1,3	2,3	2,7	0,9
Абс.мин	-48	-44	-40	-28	-10	-5	-1	-1	-5	-20	-34	-42	-48
Абс.макс	0,9	3,5	11,9	21,4	30,6	32,8	33,6	33,3	28,6	22,3	11,8	3,4	33,6

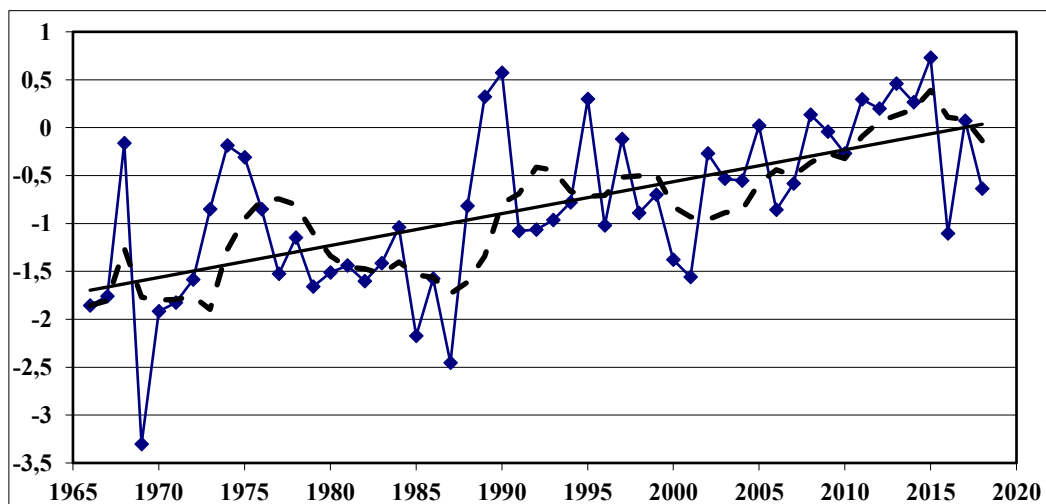


Рис. 5. График хода среднегодовых температур по данным метеостанции «Ноглики» за 1966–2019 гг.

Fig. 5. Graph of the Course of Average annual temperatures according by data of WS "Nogliki" for 1966–2019

Изменение величины осадков по данным метеостанции «Ноглики» за 1966–2019 гг. иллюстрируют табл. 4, рис. 6.

Изменение термических условий по данным метеостанции «Александровск-Сахалинский» за 1966–2019 гг. иллюстрируют табл. 5, рис. 7.

Таблица 4  
Table 4

Режим осадков по данным метеостанции «Ноглики» за 1966–2019 гг.  
Precipitation regime according by data of the WS "Nogliki" for 1966–2019

Показатели	Средние месячные и годовые значения												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	год
Минимум	3	2	8	17	13	1	1	6	7	19	10	5	448
Максимум	108	78	118	177	121	147	197	295	222	237	136	143	1038
Среднее	39	35	45	49	63	52	63	105	90	91	54	51	738
Ст. откл.	25	21	26	29	29	34	42	52	42	50	26	30	117



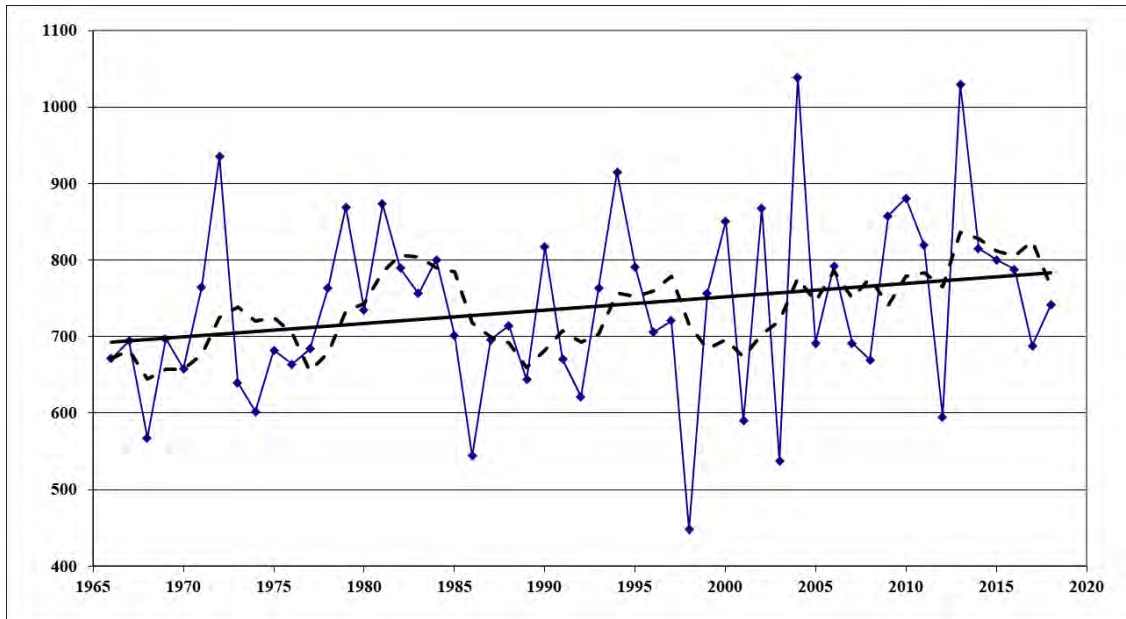


Рис. 6. Динамика среднегодовых осадков по данным метеостанции «Ноглики» за 1966–2019 гг.  
 Fig. 6. Dynamics of Average annual precipitation according to WS "Nogliki" for 1966–2019

Таблица 5  
 Table 5

Термический режим по данным метеостанции «Александровск-Сахалинский» за 1966–2019 гг.  
 Thermal regime according by data of the WS "Alexandrovsk-Sakhalinsky" for 1966–2019

Показатели	Средние месячные и годовые значения												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	год
Мин.	-21,9	-20,0	-12,7	-2,8	4,2	8,5	13,7	13,9	10,3	2,6	-7,8	-17,6	-1,3
Макс.	-9,2	-9,2	-2,4	2,9	8,9	13,8	17,6	19,5	14,0	7,5	-0,8	-6,8	2,4
Сред.	-16,8	-14,9	-8,1	0,1	5,9	11,3	15,3	16,4	12,3	4,9	-4,4	-12,3	0,9
Ст. откл.	2,8	2,5	2,1	1,2	1,2	1,1	0,9	1,2	0,9	1,1	1,7	2,7	0,8
Абс. мин	-41	-36	-30	-23	-7	-2	1	4	-2	-15	-23	-36	-41
Абс. макс	2	3	11	19	26	27	30	31	27	21	14	6	31

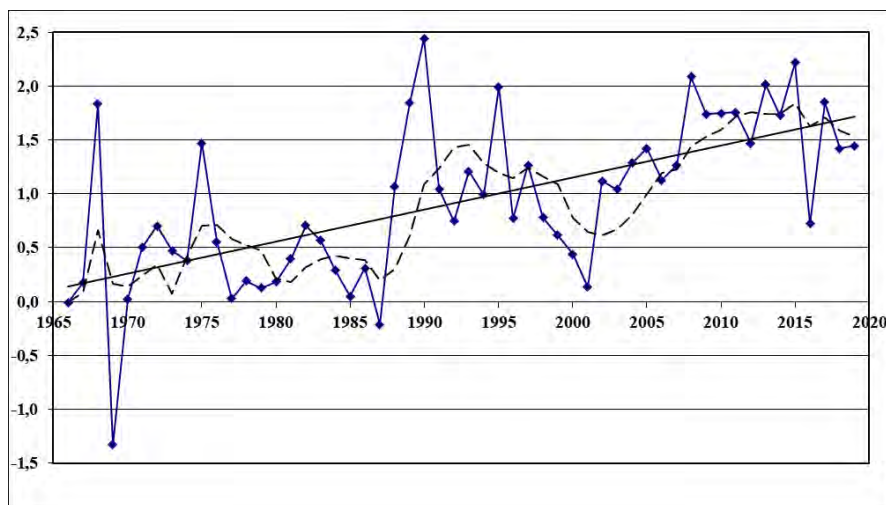


Рис. 7. График хода среднегодовых температур по данным метеостанции «Александровск-Сахалинский» за 1966–2019 гг.  
 Fig. 7. Graph of the course of Average annual temperatures according by data of WS "Alexandrovsk-Sakhalinsky" for 1966–2019

Изменение величины осадков по данным метеостанции «Александровск–Сахалинский» за 1966–2019 гг. иллюстрируют табл. 6, рис. 8.

Таблица 6  
Table 6

Режим осадков по данным метеостанции «Александровск–Сахалинский» за 1966–2019 гг.  
Precipitation regime according by data of the WS "Alexandrovsk-Sakhalinsky" for 1966–2019

Показатели	Средние месячные и годовые значения												год
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Минимум	5	4	3	5	11	3	0	4	14	23	8	19	474
Максимум	99	74	86	69	97	147	135	205	196	228	146	118	874
Среднее	40	30	29	31	47	39	57	88	94	90	55	61	662
Ст. откл.	23	18	19	16	21	26	29	44	35	44	27	22	94

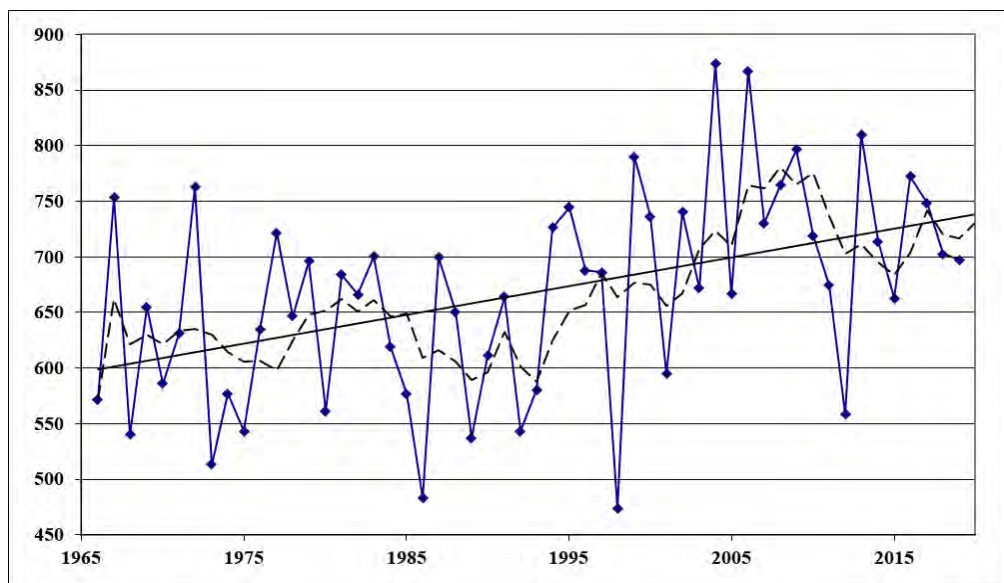


Рис. 8. Динамика среднегодовых осадков по данным метеостанции «Александровск–Сахалинский» за 1966–2019 гг.

Fig. 8. Dynamics of Average annual precipitation according by data of the WS "Alexandrovsk-Sakhalinsky" for 1966-2019

Изменение термических условий по данным метеостанции «Тымовское» за 1966–2019 гг. иллюстрируют табл. 7, рис. 9.

Таблица 7  
Table 7

Термический режим по данным метеостанции «Тымовское» за 1966–2019 гг.  
Thermal regime according by data of the WS "Tymovskoe" for 1966–2019

Показатели	Средние месячные и годовые значения												год
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Мин.	-28,8	-25,5	-16,6	-4,4	4,5	9,9	14,0	13,7	8,4	0,0	-12,8	-26,0	-3,6
Макс.	-13,2	-11,3	-4,4	2,3	10,2	16,4	18,8	19,0	12,6	5,2	-3,5	-10,1	0,9
Сред.	-22,1	-19,2	-10,5	-0,6	6,7	12,7	16,2	16,1	10,8	2,7	-8,4	-18,0	-1,1
Ст. отк	3,6	3,1	2,5	1,3	1,4	1,5	1,3	1,2	1,0	1,2	2,4	3,5	0,9
Абс. мин	-48	-48	-41	-35	-14	-4	-1	-1	-8	-24	-37	-47	-48
Абс. макс	1	4	8	22	29	32	35	33	30	22	12	6	35

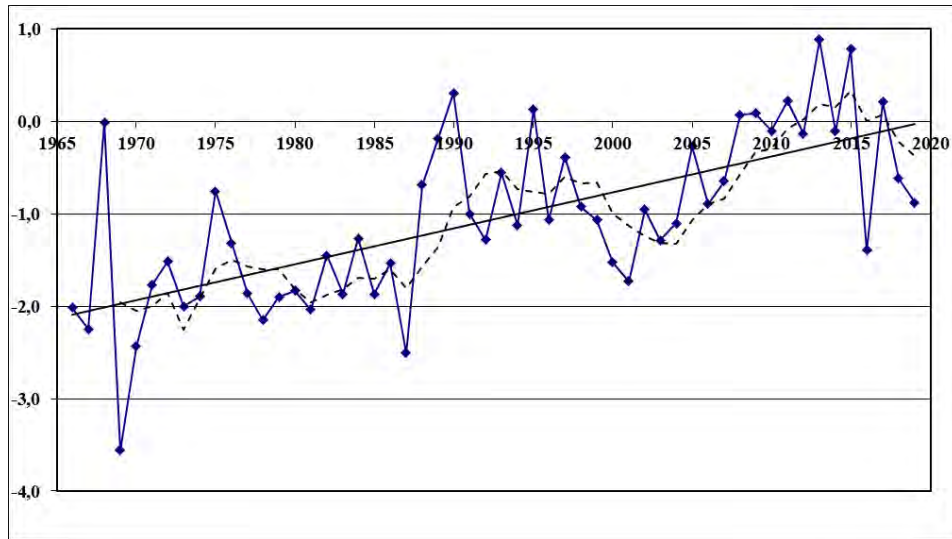


Рис. 9. График хода среднегодовых температур по данным метеостанции «Тымовское» за 1966–2019 гг.

Fig. 9. Dynamics of Average annual precipitation according by data of the WS "Tyumovskoe" for 1966–2019

Изменение величины осадков по данным метеостанции «Тымовское» за 1966–2019 гг. иллюстрируют табл. 8, рис. 10.

Таблица 8  
Table 8

Режим осадков по данным метеостанции «Тымовское» за 1966–2019 гг.  
Precipitation regime according by data of the WS "Tyumovskoe" for 1966–2019

Показатели	Средние месячные и годовые значения												год
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Минимум	6	3	5	6	8	3	0	4	27	41	15	23	480
Максимум	93	96	97	88	137	133	145	196	199	249	169	153	906
Среднее	41	33	35	38	49	43	59	93	100	95	75	61	722
Ст. откл	24	20	20	17	25	28	33	42	38	40	29	23	92

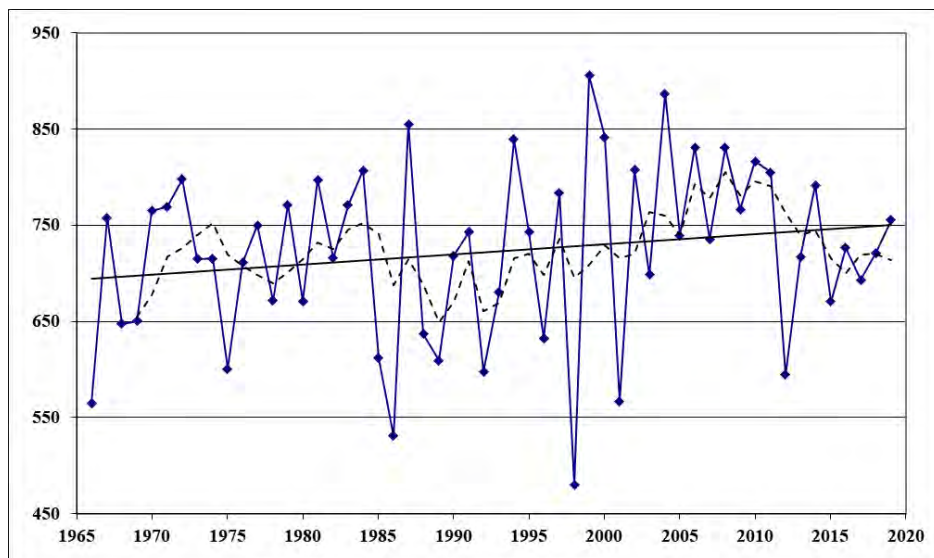


Рис. 10. Динамика среднегодовых осадков по данным метеостанции «Тымовское» за 1966–2019 гг.  
Fig. 10. Dynamics of Average annual precipitation according by data of WS "Tyumovskoe" for 1966–2019

Средняя годовая температура воздуха за указанный период составляла от 0,9 °С в Александровске-Сахалинском до –1,3 °С в Погиби. Самым холодным был 1969 г., когда средняя температура воздуха опускалась в Тымовском до –3,6 °С. Что касается максимальной среднегодовой температуры воздуха, то она довольно часто превышала 0 °С, при этом максимального значения (+2,4 °С) достигала в 1990 г. на станции Александровск-Сахалинский. Изменения температуры воздуха со времени начала наблюдений до настоящего времени традиционно определяется линейным трендом, который иллюстрирует рост температуры воздуха в пределах 1–2 °С. Устойчивый рост температуры воздуха, называемый в настоящее время «глобальным потеплением», отмечается с середины – второй половины 1990-х годов на большинстве станций. В целом в начале рассматриваемого периода преобладали температуры ниже средней многолетней нормы, тогда как в конце – существенно выше. Кроме того, ранее чаще наблюдались существенные амплитуды колебания температуры воздуха, чем в настоящее время.

Что касается внутригодовой изменчивости, то летом амплитуда колебаний температуры воздуха выражена гораздо слабее, чем в холодное время года.

Средняя годовая величина осадков составляла за указанный период от 541 мм в Погиби до 722 мм в Тымовском. Абсолютный минимум годовых осадков был зафиксирован в 1978 г. (294 мм) в Погиби. Абсолютный максимум осадков отмечался в Погиби (1994 г. – 880 мм) и в Александровске-Сахалинском (2004 г. – 874 мм). Линейный тренд показывает рост количества выпадающих осадков на всех метеостанциях, кроме Погиби. Выраженный рост количества осадков произошел на фоне подъема температуры воздуха.

Таким образом, отмечается тенденция роста температуры воздуха и количества осадков на большей части территории, что в целом способствует развитию именно лесной растительности в связи с удлинением периода активной вегетации. Дополнительным благоприятным фактором можно считать оттепели в холодный период, сопровождаемые увеличением количества сезонных осадков.

### ***Анализ динамики лесного растительного покрова***

Динамика растительного покрова определяется воздействием внешних ритмических факторов (суточных, сезонных и многолетних) и имеет определенную направленность. При анализе динамики как основного физиономического компонента ландшафтов использовалась методика выявления изменений вегетационных индексов [Барталев и др., 2016; Данилова и др., 2017; Мазуров и др., 2017; Белова, Ершов, 2019; Саворский, Кашницкий, 2019]. Величины NDVI для исследуемой территории по состоянию на 1992, 2005 и 2015 гг. отображены на рис. 11.

Интервал NDVI 0,6–1 выбран в связи с тем, что эти значения соответствуют зонам распространения лесной растительности. Интервал был выявлен путем эталонирования по спутниковому снимку и топографической карте. Предварительно снимок с NDVI был обработан инструментом «Focal Statics» с шагом 4x4 для получения более плавных очертаний изолиний значений вегетационного индекса.

В целом для типичной лесной растительности величина NDVI > 0,7 и выше. Поэтому границу древесной растительности можно оконтурить соответствующей изолинией по снимкам, характеризующим состояние растительного покрова за рассматриваемый период.

### ***Выявление биоклиматических параметров, определяющих положение флористических границ***

Условия произрастания растительности, темпы прироста фитомассы, урожайность сельскохозяйственных культур определяются тепло- и влагообеспеченностью территории. Для их оценки используются различные коэффициенты и индексы, среди которых в

отечественной географии нашел широкое применение гидротермический коэффициент, предложенный Г.Т. Селяниновым (ГТК). Он рассчитывается по формуле:

$$\text{ГТК} = \sum r / (0,1 \sum t \geq 10 \text{ } ^\circ\text{C}),$$

где  $\sum r$  – суммарные атмосферные осадки за вегетационный период,  $\sum t \geq 10 \text{ } ^\circ\text{C}$  – сумма активных температур (среднесуточных  $t \geq 10 \text{ } ^\circ\text{C}$  за вегетационный период) [Бакаева, 2019].

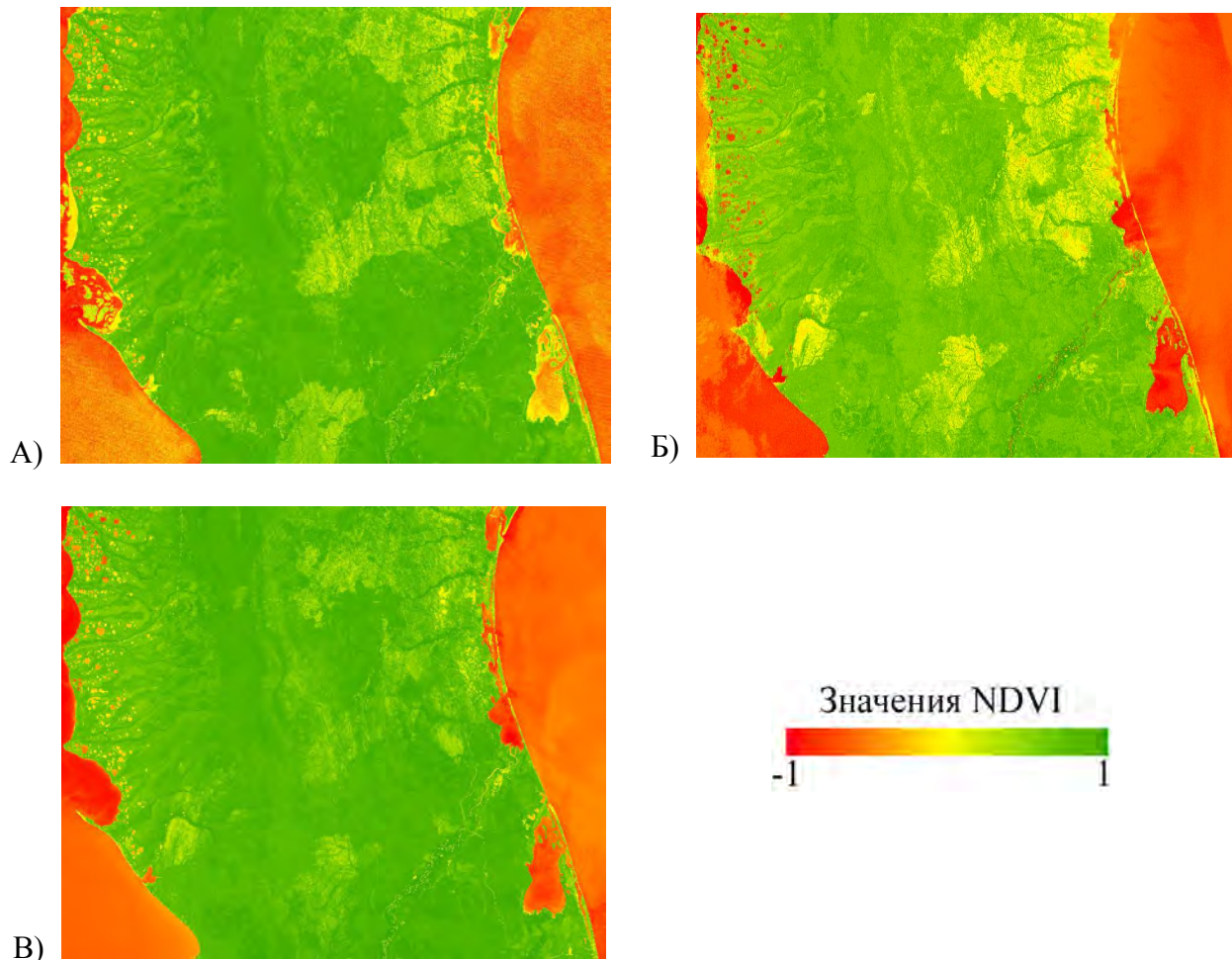


Рис. 11. Значения NDVI в диапазоне 0,6–1: А – 1992 г.; Б – 2006 г.; В – 2015 г.

Fig. 11. NDVI values in range 0,6–1: A – 1992; Б – 2006; В – 2015

Для модельных расчетов использовалась общедоступная база данных «WorldClim-2», созданная С.Е. Фиском и Р.Дж. Хайджимансом [Fick, Hijmans, 2017; WorldClim, 2020] в Стокгольмском институте окружающей среды, которая содержит данные о климатических параметрах у земной поверхности с разрешением  $\leq 1 \text{ км}^2$ . База основана на данных наблюдений на метеостанциях таких параметров, как месячные осадки, температура, скорость ветра и давление водяного пара, которые необходимы для моделирования таких биосферных процессов, как рост растений. В тех регионах, где плотность метеостанций недостаточна для того, чтобы извлечь качественную информацию для моделирования распределения метеопараметров, использовались данные дистанционного зондирования [Byer, Jin, 2017; Herrera, Ault, 2017].

Биоклиматические показатели находятся в прямой зависимости от среднемесячных температур и количества осадков. Эти параметры обычно служат основой для моделирования условий формирования определенных растительных сообществ. Лимитирующие или экстремальные экологические факторы (температура самого холодного или теплого месяцев, осадки наиболее сухого и влажного периодов) оказывают

существенное влияние на распространение растительных сообществ [Fick, Hijmans, 2017]. Анализ биоклиматических параметров позволил выявить, что на исследуемой территории положение флористических границ зависит, главным образом, от тепло- и влагообеспеченности, отразившихся в значениях ГТК (рис. 12).

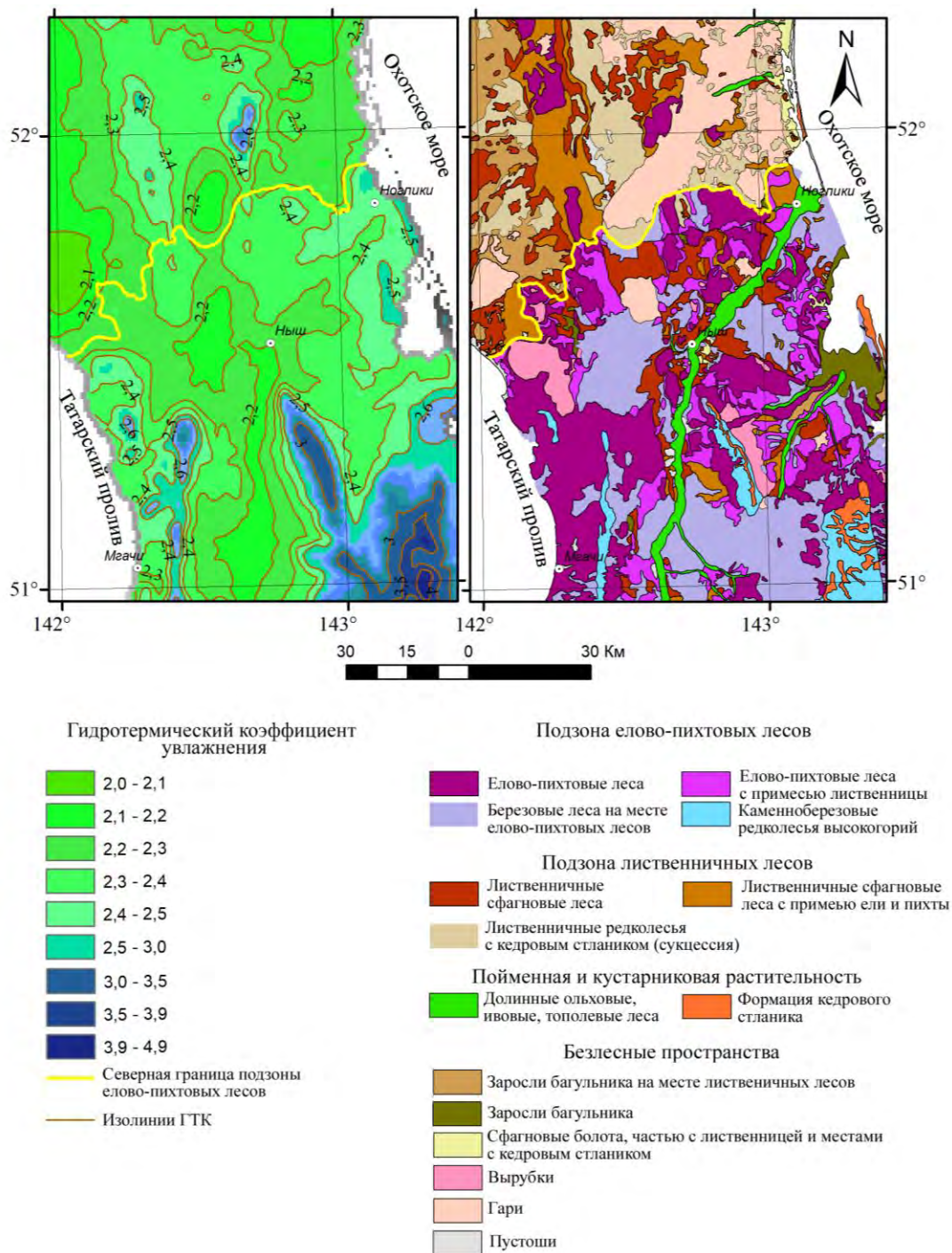


Рис. 12. Распределение биоклиматических параметров и растительных сообществ на исследуемой территории: А – распределение гидротермического коэффициента, рассчитанного по информации из базы данных «WorldClim-2»; Б – карта лесов  
Fig. 12. Distribution of bioclimatic parameters and plant communities in the study area: А – distribution of the hydrothermal moisture coefficient calculated from information from the WorldClim-2 database; Б – forest map



## Заключение

Проведенные исследования позволяют сделать следующие выводы:

1. Лесная растительность является довольно чутким индикатором современных климатических изменений. Так, за период 1966–2015 гг., по данным метеостанций, на исследуемой территории среднегодовая температура за пятилетний период выросла в Погиби на 1,9 °С, в Ногликах – 1,8 °С, Александровске-Сахалинском – 1,7 °С, Тымовском – 2,2 °С, при этом среднее количество годовых осадков в Погиби уменьшилось на 70 мм, в Ногликах увеличилось на 126 мм, Александровске-Сахалинском – на 63 мм, Тымовском – на 40 мм, что способствовало увеличению площади лесной растительности на исследованной территории.

2. Биоклиматические показатели, как показали данные дистанционного зондирования территории, находятся в прямой зависимости от среднемесячных температур и количества осадков. Лимитирующие или экстремальные экологические факторы (температура самого холодного или теплого месяцев, осадки наиболее сухого и влажного периодов) оказывают существенное влияние на распространение растительных сообществ. Положение флористических границ исследуемой территории зависит, главным образом, от распределения гидротермического коэффициента.

3. Граница между подзонами лиственничных и елово-пихтовых лесов проходит по линии п. Вени (севернее пгт. Ноглики) – урочище Трамбаус (севернее м. Уанди). Севернее границы растительность представлена на сухих и заболоченных местообитаниях лиственничниками, которые являются господствующим типом лесной растительности. К югу от границы в Восточно-Сахалинском растительном районе встречаются зеленомошные, папоротниковые и кустарниковые елово-пихтовые леса. Лиственничные леса встречаются изредка. Каменноберезняки распространены в среднегорном поясе. На вершинах хребтов преобладает кедровостланиковая формация. На высоких вершинах встречается горно-тундровая растительность.

В долинах рек встречаются интразональные леса из ивы, ольхи и тополя. В понижениях рельефа значительные пространства занимают сфагновые или осоково-сфагновые болота. Вейниково-осоковые луга имеют ограниченное распространение. Крупнотравные луга встречаются редко.

## Список источников

1. Малышева Н.В. 2018. Основы автоматизированного дешифрирования аэрокосмических снимков лесов с использованием ГИС. Учебное пособие. М., МЭСХ, 136 с.
2. Нормативные материалы для таксации лесов Сахалина и Камчатки. 1986. Южно-Сахалинск, СахЛЮС ДальНИИЛХ, 814 с.
3. Сукачев В.Н., Зонн С.В. 1961. Методические указания к изучению типов леса. М., Издательство АН СССР, 144 с.
4. Черепанова Е.С., Пьянков С.В., Шихов А.Н. 2017. Геоинформатика: основы работы с географическими пространственными данными. Учебное пособие. Пермь, 94 с.
5. Шихов А.Н., Черепанова Е.С., Пьянков С.В. 2017. Геоинформационные системы: методы пространственного анализа. Учебное пособие. Пермь, 88 с.
6. United States Geological Survey (USGS). Electronic resource. URL: <https://doi.org/earthexplorer.usgs.gov/> (accessed 5 September 2020)
7. WorldClim. Electronic resource URL: <http://worldclim.org/> (accessed 5 September 2020)

## Список литературы

1. Атаев З.В., Братков В.В., Гаджибеков М.И. 2018. Сезонная и многолетняя динамика полупустынных ландшафтов Северо-Западного Прикаспия (на примере можжевельникового урочища «Буруны» Терско-Кумской низменности). Известия Дагестанского государственного педагогического



университета. *Естественные и точные науки*, 12 (4): 34–48. <https://doi.org/10.31161/1995-0675-2018-12-4-34-48>

2. Бакаева Н.П. 2019. Влияние погодных условий, систем обработки почвы и удобрений на структуру урожая и качество зерна яровой пшеницы. *Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии*, 4: 12–19.

3. Барталев С.А., Егоров В.А., Жарко В.О., Лупян Е.А., Плотников Д.Е., Хвостиков С.А., Шабанов Н.В. 2016. Спутниковое картографирование растительного покрова России. Москва, Институт космических исследований Российской академии наук (ИКИ РАН), 208 с.

4. Белова Е.И., Ершов Д.В. 2019. Исследование возможности оценки возобновления лесной растительности после сплошных рубок по спутниковым данным LANDSAT (на примере Брянского Полесья). *Вопросы лесной науки*, 2 (4): 1–20.

5. Братков В.В., Кравченко И.В., Туаев Г.А., Атаев З.В., Абдулжалимов А.А. 2016. Применение вегетационных индексов для картографирования ландшафтов Большого Кавказа. *Известия Дагестанского государственного педагогического университета. Естественные и точные науки*, 10 (4): 97–111.

6. Данилова И.В., Корец М.А., Рызжкова В.А. 2017. Картографирование возрастных стадий лесной растительности на основе анализа разносезонных спутниковых изображений Landsat. *Исследование Земли из космоса*, 4: 12–24.

7. Керимов Р.М., Абдулов Р.Н., Агаев Ф.Г. 2016. Параметрические вегетационные индексы для обработки данных дистанционного зондирования. *Вестник Алтайского государственного аграрного университета*, 8 (142): 65–69.

8. Корец М.А., Скудин В.М. 2018. Автоматизированное дешифрирование лесотаксационных выделов по материалам космической съемки и цифровой модели рельефа местности. *ИнтерКарто. ИнтерГИС*, 24 (2): 94–105.

9. Крестов П.В., Баркалов В.Ю., Таран А.А. 2004. Ботанико-географическое районирование острова Сахалин. В кн.: *Растительный и животный мир острова Сахалин: Материалы Международного сахалинского проекта*. Владивосток, Дальнаука: 67–92.

10. Мазуров Б.Т., Аврунев Е.И., Хамедов В.А. 2017. Оперативный мониторинг лесных земель северных регионов на основе использования оптических и радарных космических снимков. *Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса*, 14 (4): 103–111.

11. Мелкий В.А., Верхотуров А.А., Сабиров Р.Н., Братков В.В. 2019. Анализ состояния лесных земель на острове Сахалин. *Вестник Северо-Восточного федерального университета им. М.К. Аммосова. Серия: Науки о Земле*, 2 (14): 68–73. <https://doi.org/10.25587/SVFU.2019.14.35448>

12. Муха В.С. 2020. Статистическая обработка метеорологических данных для выводов о наличии временных трендов. *Доклады Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники*, 18 (1): 96–103. <https://doi.org/10.35596/1729-7648-2020-18-1-96-103>

13. Саворский В.П., Кашницкий А.В., Панова О.Ю. 2019. Информационные инструменты распределённого анализа данных спутникового мониторинга растительных ареалов при проведении специальных экспертиз. *Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса*, 16 (5): 99–110.

14. Терехин Э.А. 2018. Изменение лесистости овражно-балочных систем юга Среднерусской возвышенности за последние десятилетия. *Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Естественные науки*, 42 (2): 223–230.

15. Терехин Э.А. 2019. Оценка и автоматизированное картографирование современной лесистости овражно-балочных систем Белгородской области на основе спутниковых данных. *Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Естественные науки*, 43 (2): 173–181.

16. Толмачев А.И. 1955. Геоботаническое районирование острова Сахалина. М.-Л., Издательство АН СССР, 78 с.

17. Byer S., Jin Y. 2017. Detecting drought-induced tree mortality in Sierra Nevada forests with time series of satellite data. *Remote Sensing*, 9: 14–17.

18. Fick S.E., Hijmans R.J. 2017. WorldClim 2: new 1 km spatial resolution climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology*, 37 (12): 4302–4315.

19. Gavrilov M.B., Marković S.B., Janc N., Nikolić M., Valjarević A., Komac B., Zorn M., Punišić M., Vačević N. 2018. Assessing average annual air temperature trends using the Mann–Kendall test in Kosovo. *Acta geographica Slovenica*, 58 (1): 7–25. <https://doi.org/10.3986/AGS.1309>.





20. Gonsamo A., Chen J.M. 2016. Circumpolar vegetation dynamics product for global change study. *Remote Sensing of Environment*, 182 (1): 13–26.
21. He C., Zhang Q., Liao M., Qu T., Wang D. 2019. Remote sensing and texture image classification network based on deep learning integrated with binary coding and Sinkhorn distance. *Remote Sensing*, 11 (23): 2870.
22. Herrera D., Ault T. 2017. Insights from a new high-resolution drought atlas for the Caribbean spanning 1950–2016. *Journal of Climate*, 30: 7801–7825.
23. Khatami R., Mountrakis G., Stehmann S.V. 2016. A meta-analysis of remote sensing research on supervised pixel-based land-cover image classification processes: General guidelines for practitioners and future research. *Remote Sensing of Environment*, 177: 89–100.
24. Seidl R., Thom D., Kautz M., Martin-Benito D., Peltoniemi M., Vacchiano G., Wild J., Ascoli D., Petr M., Honkaniemi J., Lexer M.J., Trotsiuk V., Mairota P., Svoboda M., Fabrika M., Nagel T.A., Rey-er C.P.O. 2017. Forest disturbances under climate change. *Nature Climate Change*, 7 (6): 395–402.

### References

1. Ataev Z.V., Bratkov V.V., Gadzhibekov M.I. 2018. Seasonal and Long-term Dynamics of the Northwest Pre-Caspian Semi-desert Landscapes (Exemplified by Juniper Tract "Buruny" of the Terek-Kuma Lowland). *Izvestiya Dagestanskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta. Estestvennye i tochnye nauki*, 12 (4): 34–48. DOI: 10.31161/1995–0675–2018–12–4–34–48 (in Russian)
2. Bakaeva N.P. 2019. Influence of weather conditions, soil processing systems and fertilizers on the yield and quality structure of spring wheat. *Bulletin Samara State Agricultural Academy*, 4: 12–19. (in Russian)
3. Bartalev S.A., Egorov V.A., Zharko V.O., Lupyan E.A., Plotnikov D.E., Khvostikov S.A., Shabanov N.V. 2016. Land cover mapping over Russia using Earth observation data. Moscow, Russian Academy of Sciences' Space Research Institute, 208 p. (in Russian)
4. Belova E.I., Ershov D.V. 2019. Using LANDSAT time series for assessing reforestation on clear cuts in Bryansk region. *Forest science issues*, 2 (4): 1–20. (in Russian)
5. Bratkov V.V., Kravchenko I.V., Tuaeov G.A., Ataev Z.V., Abdulzhalimov A.A. 2016. Application of Vegetation Indexes for Mapping Landscapes of the Greater Caucasus. *Dagestan State Pedagogical University. Journal Natural and Exact Sciences*, 10 (4): 97–111. (in Russian)
6. Danilova I.V., Korets M.A., Ryzhkova V.A. 2017. Regenerating Vegetation Age Stages Mapping Based on Multi-Seasonal Landsat Satellite Imagery. *Issledovanie Zemli iz Kosmosa*. 4: 12–24. (in Russian)
7. Kerimov R.M., Abdulov R.N., Agayev F.G. 2016. Parametric vegetation indices for processing remote sensing data. *Vestnik Altayskogo Gosudarstvennogo Agrarnogo Universiteta*. 8 (142): 65–69. (in Russian)
8. Korets M.A., Skudin V.M. 2018. Automated approach for mapping of forest inventory polygons on the base of space imagery and digital elevation model. *InterCarto. InterGIS*, 24 (2): 94–105. (in Russian)
9. Krestov P.V., Barkalov V.Yu., Taran A.A. 2004. Botanical and geographical zoning of Sakhalin Island. In: *Rastitel'niy i zhivotniy mir ostrova Sakhalin: Materialy Mezhdunarodnogo sakhalinskogo proekta [Flora and fauna of Sakhalin Island: Materials of the International Sakhalin project]*. Vladivostok, Dalnauka: 67–92. (in Russian)
10. Mazurov B.T., Avrunev E.I., Khamedov V.A. 2017. Operational monitoring of boreal forests using optical and radar satellite imagery. *Current problems in remote sensing of the Earth from space*, 14 (4): 103–111. (in Russian)
11. Melky V.A., Verkhoturov A.A., Sabirov R.N., Bratkov V.V. 2019. Analysis of State Forest lands on the Island of Sakhalin. *Vestnik of North-Eastern Federal University. Earth Sciences Series*, 2 (14): 68–73. <https://doi.org/10.25587/SVUFU.2019.14.35448>. (in Russian)
12. Mukha V.S. 2020. Statistical processing of the meteorological data for conclusion on the presence of the time trends. *Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics*, 18 (1): 96–103. <https://doi.org/10.35596/1729-7648-2020-18-1-96-103> (in Russian)
13. Savorskiy V.P., Kashnitsky A.V., Panova O.Yu. 2019. Information tools for distributed analysis of satellite monitoring of plant areas during special examinations. *Current problems in remote sensing of the Earth from space*, 16 (5): 99–110. (in Russian)
14. Terekhin E.A. 2018. Changes in forest cover of ravines-balks network in the south of the Central Russian Upland in recent decades. *Belgorod State University Scientific Bulletin: Natural sciences*, 42 (2): 223–230. (in Russian)



15. Terekhin E.A. 2019. Evaluation and automated mapping the modern forest coverage of small flat-bottom valleys in the Belgorod region using satellite data. *Belgorod State University Scientific Bulletin: Natural sciences*, 43 (2): 173–181. (in Russian)
16. Tolmachev A.I. 1955. *Geodinamicheskie processy i prirodnye katastrofy v Dal'nevostochnom regione [Geobotanical zoning of Sakhalin Island]*. Moscow-Leningrad, Publishing house of the USSR Academy of Sciences, 78 p.
17. Byer S., Jin Y. 2017. Detecting drought- induced tree mortality in Sierra Nevada forests with time series of satellite data. *Remote Sensing*, 9: 14–17.
18. Fick S.E., Hijmans R.J. 2017. WorldClim 2: new 1 km spatial resolution climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology*, 37 (12): 4302–4315.
19. Gavrilov M.B., Marković S.B., Janc N., Nikolić M., Valjarević A., Komac B., Zorn M., Punišić M., Vačević N. 2018. Assessing average annual air temperature trends using the Mann–Kendall test in Kosovo. *Acta geographica Slovenica*, 58 (1): 7–25. <https://doi.org/10.3986/AGS.1309>.
20. Gonsamo A., Chen J.M. 2016. Circumpolar vegetation dynamics product for global change study. *Remote Sensing of Environment*, 182 (1): 13–26.
21. He C., Zhang Q., Liao M., Qu T., Wang D. 2019. Remote sensing and texture image classification network based on deep learning integrated with binary coding and Sinkhorn distance. *Remote Sensing*, 11 (23): 2870.
22. Herrera D., Ault T. 2017. Insights from a new high- resolution drought atlas for the Caribbean spanning 1950–2016. *Journal of Climate*, 30: 7801–7825.
23. Khatami R., Mountrakis G., Stehmann S.V. 2016. A meta-analysis of remote sensing research on supervised pixel-based land-cover image classification processes: General guidelines for practitioners and future research. *Remote Sensing of Environment*, 177: 89–100.
24. Seidl R., Thom D., Kautz M., Martin-Benito D., Peltoniemi M., Vacchiano G., Wild J., Ascoli D., Petr M., Honkaniemi J., Lexer M.J., Trotsiuk V., Mairota P., Svoboda M., Fabrika M., Nagel T.A., Rey- er C.P.O. 2017. Forest disturbances under climate change. *Nature Climate Change*, 7 (6): 395–402.

#### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

**Мелкий Вячеслав Анатольевич**, доктор технических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории вулканологии и вулканопасности Института морской геологии и геофизики Дальневосточного отделения Российской академии наук; профессор кафедры геологии и нефтегазового дела Сахалинского государственного университета, г. Южно-Сахалинск, Россия

**Верхотуров Алексей Александрович**, кандидат технических наук, старший научный сотрудник Центра коллективного пользования Института морской геологии и геофизики Дальневосточного отделения Российской академии наук; доцент кафедры геологии и нефтегазового дела Сахалинского государственного университета, г. Южно-Сахалинск, Россия

**Братков Виталий Викторович**, доктор географических наук, профессор, заведующий кафедрой географии Московского государственного университета геодезии и картографии, г. Москва, Россия

#### INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**Vyacheslav A. Melkiy**, Doctor of Technical, Leading Researcher of the laboratory of Volcanology and volcanic hazard, Institute of Marine Geology and Geophysics, FEB RAS, Professor of Department Geology and Oil&Gas affairs of the Sakhalin State University, Yuzhno–Sakhalinsk, Russia

**Alexey A. Verkhotur**ov, Ph.D. (Technical Sciences), Senior Researcher of Center for collective use, Institute of marine Geology and Geophysics of the FEB RAS, Associate Professor of Department Geology and Oil&Gas affairs of the Sakhalin State University, Yuzhno–Sakhalinsk, Russia

**Vitaly V. Bratkov**, Doctor of Geography, Professor, Head of the Department of Geography, Moscow State University of Geodesy and Cartography, Moscow, Russia



УДК 504.05:581.151(470.324)  
DOI 10.18413/2712-7443-2020-44-4-432-445

## Экодиагностика урбанизированной среды по морфометрическим показателям листовых пластинок *Betula pendula* Roth.

**Клевцова М.А., Михеев А.А.**

Воронежский государственный университет,  
Россия, 394018, г. Воронеж, Университетская пл., 1  
E-mail: klevtsova@geogr.vsu.ru

**Аннотация.** Оценка состояния окружающей среды г. Воронежа основана на сравнении ответной реакции организма в разных точках отбора с целью выявления возможных отклонений от нормы. Величина флуктуирующей асимметрии листовых пластинок видов-индикаторов является наиболее доступным методом биоиндикации. Произведен расчет интегрального показателя  $I_{FA}$  по методике В.М. Захарова. Определены морфометрические параметры листовых пластинок березы повислой (*Betula pendula* Roth.) – длина и ширина. Установлено укорочение листьев по сравнению с контролем. Выявлена положительная корреляционная связь между длиной и шириной листовой пластинки. Величина интегрального показателя флуктуирующей асимметрии билатеральных структур в большинстве точек выше, чем на фоновом участке. Следовательно, выявленные закономерности свидетельствуют о наличии стрессовых факторов среды на урбанизированных территориях. Наибольшие отклонения от нормы, изучаемых параметров, отмечены в промышленно-транспортных зонах, что коррелирует с данными официальных служб в области мониторинга окружающей среды.

**Ключевые слова:** биоиндикация, береза повислая, флуктуирующая асимметрия, техногенная нагрузка, загрязнение окружающей среды.

**Благодарности:** исследования проведены при финансовой поддержке Российского научного фонда, проект 20-17-00172

**Для цитирования:** Клевцова М.А., Михеев А.А. 2020. Экодиагностика урбанизированной среды по морфометрическим показателям листовых пластинок *Betula pendula* Roth. Региональные геосистемы, 44(4): 432–445. DOI: 10.18413/2712-7443-2020-44-4-432-445

---

## The ecodiagnosics of the urbanized environment by morphometric indicators of the leaves *Betula pendula* Roth.

**Marina A. Klevtsova, Alexey A. Mikheev**

Voronezh State University,  
1 Universitetskaya Pl., Voronezh, 394018, Russia  
E-mail: klevtsova@geogr.vsu.ru

**Abstract.** Ecological diagnostics of the state of the environment in Voronezh city was carried out. Morphometric parameters of *Betula pendula* Roth leaves were determined. A method for evaluating fluctuating asymmetry is used in this article. This method is based on identifying deviations in the development of an organism under the influence of a complex of environmental factors of the environment. On the basis of five features, the integral index of leaf asymmetry was calculated. The results of the study show that in the studied territory of Voronezh city, the level of fluctuating asymmetry of *Betula pendula* Roth. leaves exceed the reference value. At the same time, in 44 % of points this corresponds to V point and is characterized as a critical state of the environment. The work also established a correlation between the length and width of the sheet. A decrease in the length of the leaf blades is observed in comparison with the control.



**Keywords:** bioindication, *Betula pendula* Roth., fluctuating asymmetry, technogenic load, environmental pollution.

**Acknowledgements:** The research was carried out with the financial support of the Russian Science Foundation, project 20-17-00172.

**For citation:** Klevtsova M.A., Mikheev A.A. 2020. The ecodiagnosics of the urbanized environment by morphometric indicators of the leaves *Betula pendula* Roth. Regional Geosystems, 44(4): 432–445. (in Russian). DOI: 10.18413/2712-7443-2020-44-4-432-445

## Введение

Зеленые насаждения играют важную роль в оздоровлении городской среды. Помимо создания оптимальных микроклиматических параметров, они выполняют санитарно-гигиенические функции. В частности, газофилтующая и пылеулавливающая способность различных видов древесных растений используется для уменьшения уровня загрязнения воздушной среды. Данная особенность растений объясняется тем, что часть поступающих в них газов ассимилируется в листовых пластинках. Кроме того, листья и ветви способны задерживать и осажать пыль. При этом различия в пыле- и газоулавливающей способности объясняются биологическими особенностями самих растений. Однако не существует абсолютно стойких к воздействию неблагоприятных факторов среды видов. Кроме того, имеются и внутривидовые различия в стойкости (так называемая «индивидуальная стойкость») [Влияние загрязнений ..., 1981]. При этом отдельные экземпляры могут быть более устойчивыми к действию стрессоров, другие повреждаются в большей степени.

В настоящее время для определения содержания загрязняющих веществ в воздухе используют различные приборы с высокой степенью точности. Однако перечень определяемых компонентов обычно довольно ограничен. При этом в воздухе урбанизированных территорий содержатся сотни примесей, а их синергетический эффект можно зафиксировать обычно только по ответной реакции биоты. В частности, доказано, что именно растительные организмы в силу своего активного газообмена являются наиболее чувствительными индикаторами состояния окружающей среды, поэтому использование методов биоиндикации позволяет получить более полную картину о сложившейся экологической ситуации на той или иной территории.

Для оценки состояния окружающей среды довольно часто применяют показатель флуктуирующей асимметрии листовых пластинок. Он позволяет судить о стабильности развития организма в данных экологических условиях. Известно, что на появление асимметрии у билатеральных структур влияют две группы факторов: генетические (мутация, гибридизация, инбридинг) и экологические [Graham et al., 2010].

Анализ литературных источников показал, что проблема диагностики изменений у древесных растений под влиянием стрессовых факторов среды широко изучается. В ряде исследований в качестве вида-индикатора выступает береза повислая (*Betula pendula* Roth.). Так, биоиндикационная оценка качества среды рассматривается для следующих городов России: Барнаула [Ерещенко, Хлебова, 2013; Рунова, Гнаткович, 2013], Новочеркасска [Филиппов и др., 2014], Казани [Минакова и др., 2015a], Нижнекамска [Минакова и др., 2015b], Омска [Курило, Григорьев, 2015], Курска [Белякова, Тулупова, 2016], Владимира [Баранов, 2016], Уфы [Кулагин, Тагирова, 2017], Рязани [Уливатова, Федосова, 2019], Нижнего Новгорода [Егофеева, Yakimov, 2020], Новотроицка [Бачурина, Куликова, 2019], Братска, Ачинска, Наро-Фоминска, Йошкар-Олы, Красноярска, Якутска [Shadrina et al., 2020], Москвы [Zakharov et al., 2020] и других. Для г. Воронежа данная проблематика



затрагивается в статьях [Калаев и др., 2011; Виноградов, 2014; Vostrikova et al., 2019], а также в наших работах в период с 2015 г. по настоящее время [Клевцова, Михеев, 2019].

Калаевым В.Н. с коллегами в 2011 г. [Калаев и др., 2011] проведены исследования флуктуирующей асимметрии березы повислой в пяти районах г. Воронежа в сравнении с данными контрольной точки (биостанция «Веневитиново»). Было выявлено, что наиболее загрязненными территориями являются Советский и Левобережный районы, среднезагрязненными – Центральный и Коминтерновский, а наименее загрязненным – Ленинский. В целом в г. Воронеже состояние среды ученые оценивали на момент исследования как среднезагрязненное. Однако в данной работе не обследован Железнодорожный район г. Воронежа, являющийся самым большим по площади в городе.

В 2019 г. [Vostrikova et al., 2019] группой ученых проведено изучение влияния разных условий окружающей среды на показатель флуктуирующей асимметрии и содержание общего белка в семенах березы повислой на территории Центрального Черноземья. Высокий уровень асимметрии был выявлен на загрязненных территориях по сравнению с контролем. Данные представлены только в целом по Воронежской области, а по г. Воронеж отсутствуют.

Некоторые зарубежные ученые также изучают состояние окружающей среды на основе анализа ответной реакции *Betula pendula* Roth. [Black-Samuelsson, Andersson, 2003; Franiel, 2008]. В последние годы в данной области опубликованы и современные теоретические материалы [Graham et al., 2010; Scheiner, 2014; Klingenberg, 2016; Kozlov, 2017; Tusić et al., 2018]. Среди них выделяются работы [Graham et al., 2010; Graham et al., 2015], в которых подробно освещены различные методы определения флуктуирующей асимметрии.

Таким образом, учитывая как теоретические, так и практические материалы, нами была поставлена цель, которая заключалась в сравнительном анализе ряда морфометрических параметров, в частности длины, ширины, флуктуирующей асимметрии листовых пластинок вида-индикатора (*Betula pendula* Roth.), произрастающего в городских условиях с разным уровнем техногенной нагрузки.

Актуальность настоящих исследований объясняется необходимостью регулярных наблюдений за экологическим состоянием зеленых насаждений как неотъемлемого компонента урбоэкосистем. На территории г. Воронежа расположено пять стационарных постов мониторинга за состоянием атмосферного воздуха, что не позволяет получать полную картину о современной экологической ситуации. Кроме того, используя только инструментальные методы, невозможно оценить комплексное влияние негативных факторов среды на живые организмы, в связи с чем биоиндикационные исследования являются дополнительным блоком в системе экологического мониторинга окружающей среды.

### **Объекты и методы исследования**

В наших исследованиях в качестве объекта служили зеленые насаждения, произрастающие в разных функциональных зонах г. Воронежа. В течение летнего периода 2020 г. проведено обследование 34 точек. Из них девять – это места расположения стационарных и передвижных постов наблюдений официальных служб в сфере мониторинга (Воронежского центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды – филиала ФГБУ «Центрально-Черноземное управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды» и ФГБУ «Центр гигиены и эпидемиологии в Воронежской области»). По функциональной принадлежности все точки можно условно разделить на зоны: транспортная (12 точек), промышленная (9), жилая (8), рекреационная (5).

Выбор древесной породы предполагает обязательное выполнение следующих условий: высокая степень встречаемости на территории; относительная быстрота исследований; репрезентативность результатов; наличие корреляционной связи между ответной

реакцией организма и интенсивностью действующих факторов среды. В связи с этим в качестве вида-индикатора выступала береза повислая (*Betula pendula* Roth.). Это аборигенный вид, быстрорастущий, морозоустойчивый. В засушливые годы на территории Воронежской области испытывает дефицит влаги, вследствие чего наблюдается усыхание отдельных ветвей и даже экземпляров. Подобное явление было зафиксировано в 2010 г., когда аномально жаркая погода и отсутствие осадков более 30 дней привело к ослаблению отдельных особей и их последующей гибели. В настоящее время данный вид остается одним из широко представленных в природном комплексе города как в естественных насаждениях, так и искусственно созданных.

Важной особенностью является то, что береза плохо переносит глубокую обрезку. Если удалить вершину, то меньше чем через 10 лет дерево погибнет, т.е. существенно сокращается продолжительность жизни. Это явление объясняется структурой коры. Поэтому борьба с суховершинностью у березы данным способом затруднена.

Кроме того, корневая система проникает в почву неглубоко, несмотря на то что хорошо развита. Это также сказывается на процессах жизнедеятельности, в частности, на водном обмене. В условиях повышенного переуплотнения почвы и дефицита влаги в городской среде наблюдается ухудшение процессов водного обмена.

Еще одним фактором, оказывающим сильное стрессовое воздействие, является присутствие в среде загрязняющих веществ, проникновение которых в растения происходит через надземные и подземные органы, что приводит к морфологическим, физиологическим, биохимическим и другим изменениям.

Воронеж является городом-миллионером с развитой инфраструктурой и промышленным комплексом. Наблюдающаяся в XXI в. тенденция к росту автомобильного транспорта привела к возросшей загруженности дорожной сети. В частности, на таких магистральных улицах, как Московский пр-т, ул. Антонова-Овсеенко, ул. Плехановская, ул. Кольцовская, Ленинский пр-т практически ежедневно на определенных участках наблюдаются заторы, а, следовательно, формируются зоны повышенной загазованности. Более 80 % от валового выброса в атмосферный воздух в последние годы приходится именно на автотранспорт.

Еще одним существенным источником загрязнения среды г. Воронежа остаются промышленные предприятия, среди которых наибольшую техногенную нагрузку оказывают следующие: филиал ПАО «Квадра» – «Воронежская генерация», ПАО «ВАСО», ОАО «Воронежсинтезкаучук», ЗАО «Воронежский шинный завод», Акционерное общество «Конструкторское бюро химавтоматики» (АО КБХА), АО «Воронежстальмост», ООО УК «Рудгормаш» и другие.

Таким образом, в наших исследованиях был сделан акцент на изучение промышленно-транспортных зон в сравнении с жилыми и рекреационными. В качестве фонового участка была выбрана территория санатория им. Горького.

Сбор растительного материала проводили в период с 10 по 31 июля 2020 г. Именно в этот период уже заканчиваются ростовые процессы. С каждой точки отбирали случайным образом по 150 листьев с укороченных побегов с высоты 1,5–2,0 м равномерно по четырем сторонам света (не менее чем с пяти деревьев примерно одного возраста). Обязательное условие – использование листьев без видимых повреждений. Все образцы гербаризировались и хранились в специальных конвертах. У каждой листовой пластинки затем измеряли следующие морфометрические параметры: 1 признак – ширина половинки листа; 2 признак – длина второй жилки от основания листа; 3 признак – расстояние между основаниями первой и второй жилок; 4 признак – расстояние между концами этих жилок; 5 признак – угол между главной жилкой и второй от основания жилкой. Точность данных составляла до 0,5 мм (трехкратное измерение показало ошибку менее 1 % от величины



флуктуирующей асимметрии, что вполне допустимо для данной методики [Palmer, Strobeck, 2003]). Общее количество обследованных деревьев составило более 500.

В основу научной работы положены методические рекомендации, разработанные Захаровым В.М. с коллегами [Здоровье среды ..., 2000].

Расчет интегрального показателя флуктуирующей асимметрии проводили с использованием алгоритма нормированной разности:

$$I_{FA} = \frac{1}{m \cdot n} \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \frac{(L_{ij} - R_{ij})}{(L_{ij} + R_{ij})}$$

где  $m$  – количество измеряемых параметров,  $n$  – количество обработанных листьев,  $L$  – измерение  $j$ -параметра с левой стороны  $i$ -листа,  $R$  – измерение  $j$ -параметра с правой стороны  $i$ -листа.

Для относительной оценки состояния окружающей среды также применяли балльную градацию (табл. 1).

Таблица 1  
Table 1

Шкала оценки состояния окружающей среды по величине интегрального показателя стабильности развития листовых пластинок *Betula pendula* Roth. [Методические рекомендации..., 2003]  
 Scale for assessing the state of the environment by the value of the integral indicator of the stability of the development of leaves *Betula pendula* Roth.

Балл	Интегральный показатель флуктуирующей асимметрии	Степень отклонения от нормы
I	< 0,040	Условная норма
II	0,040–0,044	Начальное отклонение от нормы
III	0,045–0,049	Средний уровень отклонений от нормы
IV	0,050–0,054	Существенные (значительные) отклонения от нормы
V	> 0,054	Критическое состояние

Статистическая обработка данных проводилась с помощью пакета анализа данных MS Excel 2016 и STATISTICA 10 (StatSoft Ink).

Построение тематических карт осуществляли в программной среде ГИС MapInfo Professional. Карты представляют собой поверхность, созданную путем пространственной интерполяции, с наложенными на нее изолиниями.

### Результаты и их обсуждение

Линейные размеры листовых пластинок березы повислой на территории г. Воронежа варьируют в следующих пределах: длина – от 36 до 92 мм, ширина – от 21 до 77 мм. Резко отличающихся значений (артефактов) не обнаружено. Проверка данных на соответствие закону нормального распределения (распределения Гауса-Лапласа) показала малую или среднюю степень варьирования ( $V$  не превышает 20 %). Точность данных высокая ( $P_r < 5\%$ ).

Попытка установить корреляционную связь ( $r \pm m_r$ ) [Практикум по информационным ..., 2008] между длиной и шириной листовой пластинки показала следующие результаты (табл. 2). Связь между параметрами достоверная положительная ( $t_i > t_{\text{крит}}$ ). В 67 % точек связь сильная, в остальных – средняя.



Таблица 2  
Table 2

Морфометрические параметры листовых пластинок березы повислой  
The morphometric parameters of the leaves *Betula pendula* Roth.

Точка отбора	Местоположение	Длина			Ширина			$r \pm m_r$
		$M \pm m_M$ , мм	$\pm \sigma$	$V, \%$	$M \pm m_M$ , мм	$\pm \sigma$	$V, \%$	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
2	ул. 9 Января, 49	62,84±1,18	5,90	9,4	52,68±1,22	6,09	11,6	0,80±0,02
3	ул. Л. Рябцевой, 51б	61,32±0,84	4,20	6,8	51,48±0,90	4,49	8,7	0,43±0,04
5	ул. Лебедева, 2	63,64±1,43	7,13	11,2	53,67±1,11	5,57	10,4	0,83±0,01
7	ул. Ростовская, 58/4	63,80±1,66	8,29	13,0	50,48±1,49	7,46	14,8	0,81±0,01
8	ул. 60-й Армии, 27	61,28±1,43	7,15	11,7	46,32±1,2	6,02	13,0	0,64±0,03
9	ул. Березовая Роща, 8а	66,64±1,43	7,13	10,7	57,56±1,46	7,28	12,6	0,62±0,03
10	пр-т Патриотов, 24	67,04±1,48	7,40	11,0	56,76±1,04	5,21	9,2	0,59±0,03
12	Московский пр-т, 36	55,80±1,45	7,24	13,0	43,80±0,99	4,95	11,3	0,85±0,01
15	ул. Дарвина, 1	68,72±1,60	8,02	11,7	55,72±1,35	6,75	12,1	0,75±0,02
17	перекресток улиц Плехановской и Кольцовской	66,28±1,51	7,55	11,4	46,92±1,30	6,49	13,8	0,73±0,02
18	Московский пр-т, 149	65,48±1,39	6,96	10,6	52,01±1,17	5,85	11,3	0,79±0,02
22	ул. Хользунова, 102	66,72±1,03	5,15	7,7	45,2±0,93	4,64	10,3	0,53±0,03
27	перекресток улиц 9 Января и Антонова-Овсенко	62,64±1,58	7,88	12,6	44,44±1,17	5,87	13,2	0,66±0,02
28	перекресток бульвара Победы и ул. 60-й Армии	69,80±1,48	7,39	10,6	60,56±1,13	5,67	9,4	0,87±0,01
29	пл. Генерала Черняховского	56,76±1,30	6,50	11,5	47,01±1,40	7,01	14,9	0,59±0,03
30	перекресток пр-та Труда и пер. Комбикормового	64,52±0,85	4,24	6,6	53,64±1,22	6,1	11,4	0,60±0,03
31	ул. Героев Стратосферы, 18б	55,96±1,01	5,05	9,0	43,88±0,71	3,55	8,1	0,85±0,01
36	ул. Циолковского, 27	55,96±1,10	5,52	9,9	45,24±0,99	4,97	11,0	0,85±0,01
39	ул. Старых Большевиков, 47	64,76±1,37	6,85	10,6	52,68±0,94	4,69	8,9	0,76±0,02
41	ул. Богдана Хмельницкого, 35	50,92±0,89	4,47	8,8	47,72±1,11	5,54	11,6	0,55±0,03
44	ул. Холмистая, 20	57,04±1,13	5,64	9,9	47,32±1,39	6,97	14,7	0,56±0,03
50	ул. 9 Января, 180	64,16±1,20	5,98	9,3	52,84±1,18	5,89	11,1	0,76±0,02
51	ул. Вл. Невского, 53	59,48±0,89	4,47	7,5	52,44±0,97	4,87	9,3	0,64±0,03
52	ул. Генерала Лизюкова, 73 а	57,08±1,10	5,51	9,6	48,12±0,83	4,13	8,6	0,69±0,02
53	ул. Шишкова, 53	66,56±2,17	10,84	16,3	47,44±1,69	8,46	17,8	0,69±0,02





Окончание табл. 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9
54	ул. Володарского, 60	58,84±0,94	4,68	8,0	50,60±0,85	4,23	8,4	0,80±0,02
55	ул. Ломоносова, 114/4	58,12±0,98	4,90	8,4	50,28±0,69	3,45	6,9	0,37±0,04
58	ул. Нагорная, 65	52,72±1,35	6,76	12,8	40,12±0,88	4,39	10,9	0,43±0,04
60	ул. Циолковского, 127	57,92±0,72	3,62	6,2	43,48±0,69	3,43	7,9	0,59±0,03
61	санаторий им. Горького	63,88±1,04	5,20	8,1	44,4±0,89	4,43	10,0	0,31±0,04
62	СОК «Олимпик»	62,48±1,35	6,76	10,8	50,12±1,05	5,25	10,5	0,66±0,02
63	ботанический сад ВГУ	72,64±1,12	5,6	7,7	53,12±0,79	3,97	7,5	0,30±0,04
64	лесной массив вблизи п. Боровое	55,92±0,97	4,83	8,6	46,04±0,83	4,17	9,1	0,60±0,03
65	лесной массив вблизи п. Репное	57,64±1,14	5,71	9,9	50,40±0,95	4,76	9,4	0,75±0,02

Примечание. Номера точек в таблице приведены согласно научному проекту.  $M \pm m_M$  – среднее арифметическое  $\pm$  ошибка среднего арифметического;  $\pm \sigma$  – среднее квадратическое отклонение,  $V$  – коэффициент вариации,  $r \pm m_r$  – коэффициент корреляции длины и ширины листовой пластинки  $\pm$  ошибка коэффициента корреляции.

Для оценки разброса значений морфометрических параметров листовых пластинок были построены блочные диаграммы (так называемые «ящики с усами»). Нижняя сторона блока (ящика) соответствует первому квартилю ( $Q_1$ ), верхняя сторона – третьему квартилю ( $Q_3$ ). Высота блока равна интерквартильному размаху ( $IQR$ ). Линия в центре блока – это медиана (второй квартиль –  $Q_2$ ). Квартили – это процентиля, которые делят набор данных на четыре равные группы. «Усы» – начинаются с концов ящика и заканчиваются на самом минимальном или максимальном значениях данных. В качестве фоновых приняты среднеарифметические значения длины и ширины листовых пластинок точки № 61 (контроль). Исходя из представленных на диаграмме данных (рис. 1) можно сделать вывод о том, что длина листьев в 64 % точек меньше, чем на фоновом участке. А ширина листа (рис. 2), наоборот, больше в 85 % точек, чем у контрольных экземпляров. Следовательно, в целом наблюдается укорочение листовых пластинок, т.е. они имеют не вытянутую ромбовидную форму. Это свидетельствует о проявлении адаптационной меры при произрастании в неблагоприятных условиях урбанизированной среды.

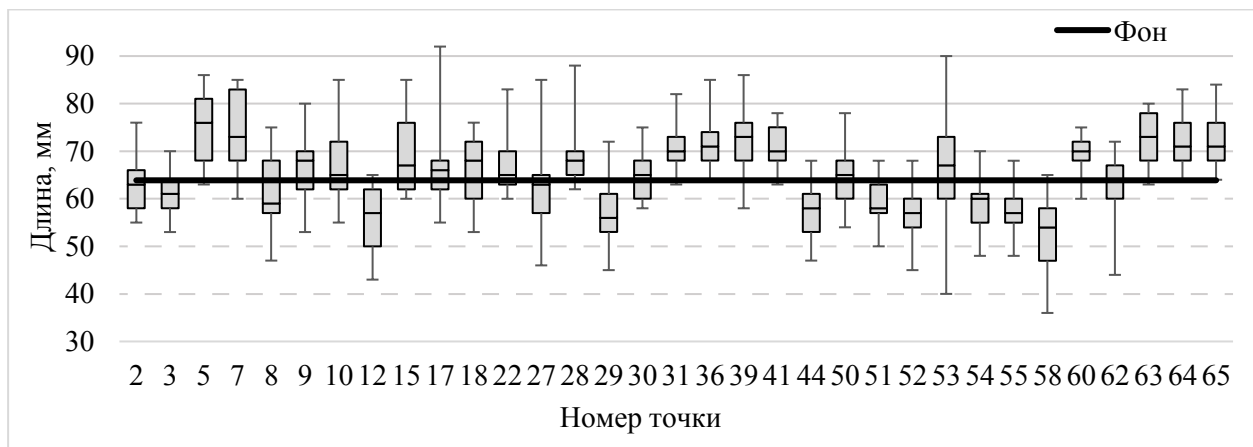


Рис. 1. Разброс значений длины листовых пластинок *Betula pendula* Roth.  
 Fig. 1. The spread of values of length of the leaves *Betula pendula* Roth.

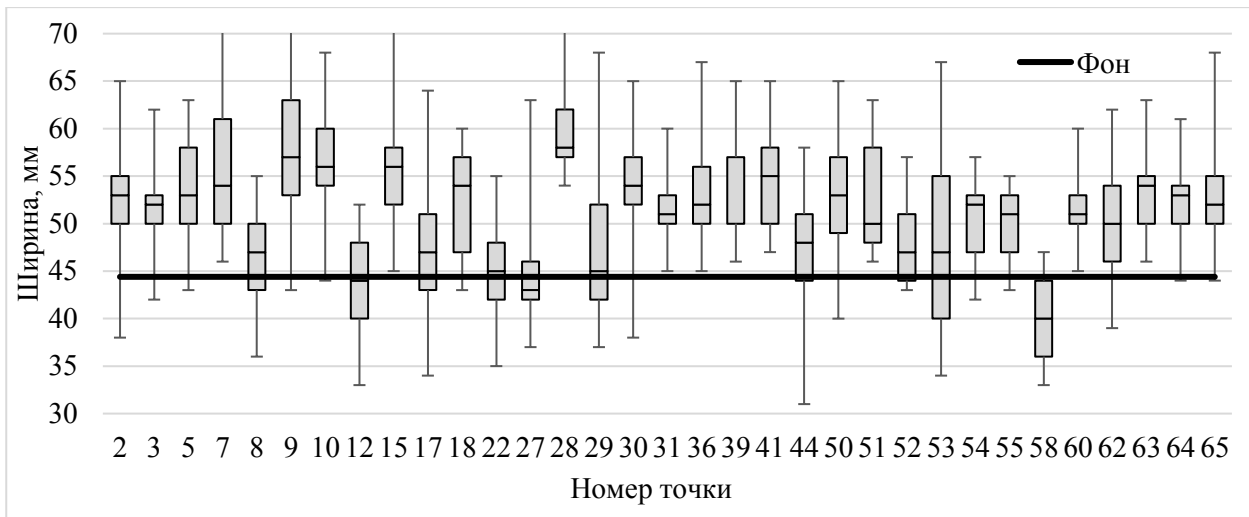


Рис. 2. Разброс значений ширины листовых пластинок *Betula pendula* Roth.

Fig. 2. The spread of values of width of the leaves of *Betula pendula* Roth.

Анализ флуктуирующей асимметрии листовых пластинок *Betula pendula* Roth. показал, что величина интегрального показателя стабильности развития у вида-индикатора на исследуемой территории г. Воронежа варьировала в пределах от 0,041 до 0,068. На фоновом участке  $I_{FA}$  составил 0,043. Только в двух точках данный параметр (№ 53 и № 64) несколько ниже, чем в контрольной (рис. 3).

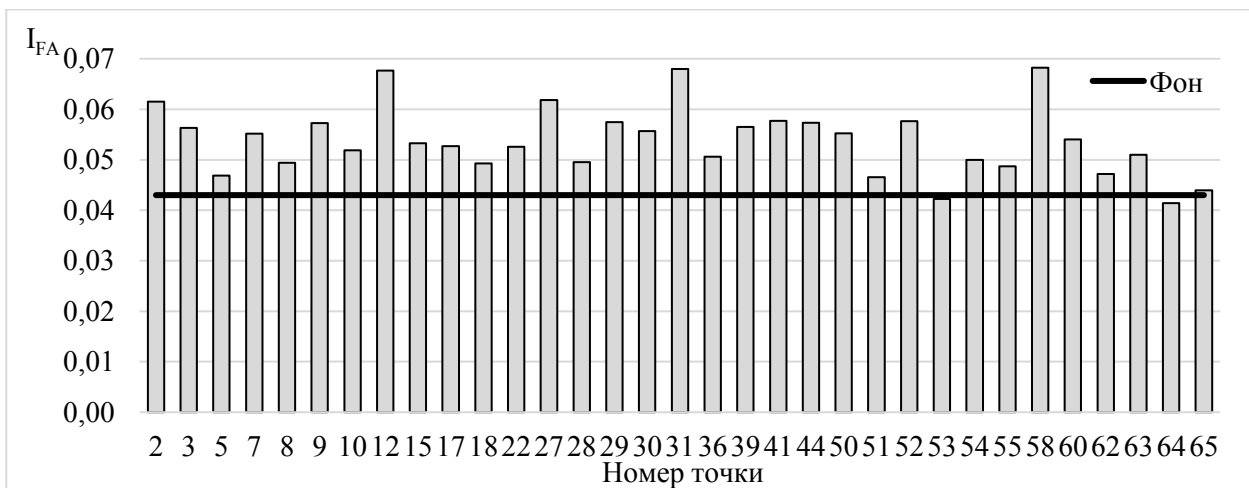


Рис. 3. Интегральное значение показателя флуктуирующей асимметрии листовых пластинок

Fig. 3. The integral value of the index of fluctuating asymmetry of the leaves of *Betula pendula* Roth.

Распределение значений флуктуирующей асимметрии можно описать уравнением полиномиальной кривой 5-й степени (рис. 4). Полученная модель является адекватной (критерий аппроксимации  $R^2 = 0,99$ ). Данные характеризуются положительной асимметрией ( $A_s = 1,01 \pm 0,083$ ;  $t_{As} = 12,2$ ) и эксцессом ( $E = 1,232 \pm 0,167$ ;  $t_E = 7,37$ ).

Сравнение с данными наших исследований, проведенных в 2018 г. [Клевцова, Михеев, 2019] показало в целом увеличение интегрального показателя флуктуирующей асимметрии. Минимальные значения в 2020 г. зафиксированы по ул. Шишкова,

ул. Дарвина, ул. Ломоносова (как и в 2018 г.), ул. Вл. Невского, в районе СОК «Олимпик». Максимальные значения  $I_{FA}$  отмечены на ул. 9 Января (точка № 2), Московском пр-те (№ 12), на пересечении с ул. Антонова-Овсеенко (№ 27), в пос. Боровое (№ 64), пос. Репное (№ 65).

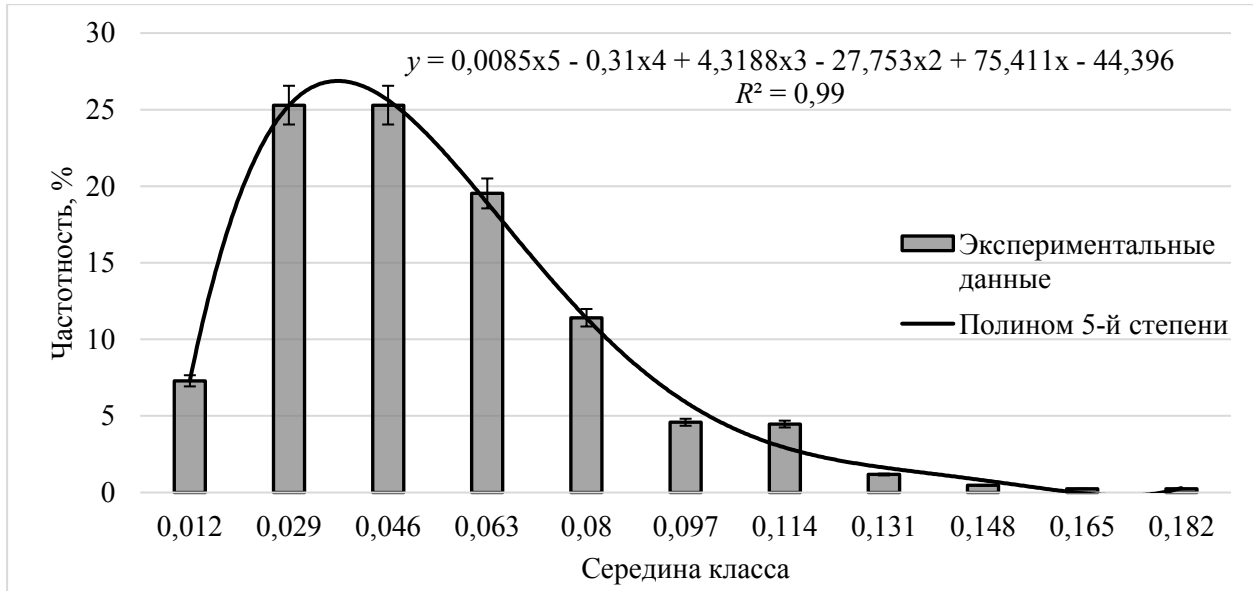


Рис. 4. Вариационный ряд величины флуктуирующей асимметрии листовых пластинок *Betula pendula* Roth.

Fig. 4. The variational series of the value of fluctuating asymmetry of the leaves of *Betula pendula* Roth.

Балльная оценка качества окружающей среды показала, что в большинстве точек интегральный показатель флуктуирующей асимметрии соответствует 4 или 5 баллу по шкале стабильности развития (значительное или критическое отклонение от нормы). Самые существенные изменения зафиксированы в точках № 12, № 31 и № 58. В целом наиболее высокие значения  $I_{FA}$  листовых пластинок отмечались в выборках листьев, отобранных в промышленно-транспортной зоне (рис. 5).

Согласно данным, представленным на рис. 5, можно отметить, что в левобережной части г. Воронежа стрессовые условия характерны для территорий, примыкающих к ОАО «Воронежсинтезкаучук» и ОАО ХК «Мебель Черноземья».

На правом берегу наиболее неблагоприятные условия зафиксированы в основном вдоль магистральных улиц с высокой интенсивностью движения (более 2500 автомобилей/час) – Московский пр-т и ул. 9 Января. Минимальные значения, соответствующие II баллам, отмечены в рекреационных и жилой зонах (например, в Северном микрорайоне и частном секторе по ул. Шишкова). Таким образом, наши данные в целом согласуются с результатами исследований П.М. Виноградова [Виноградов, 2014].

Следует отметить, что флуктуирующая асимметрия является ответной реакцией организма на влияние целого комплекса стрессовых факторов среды. Поэтому для установления причины нарушений стабильности развития древесных растений требуются дополнительные исследования.

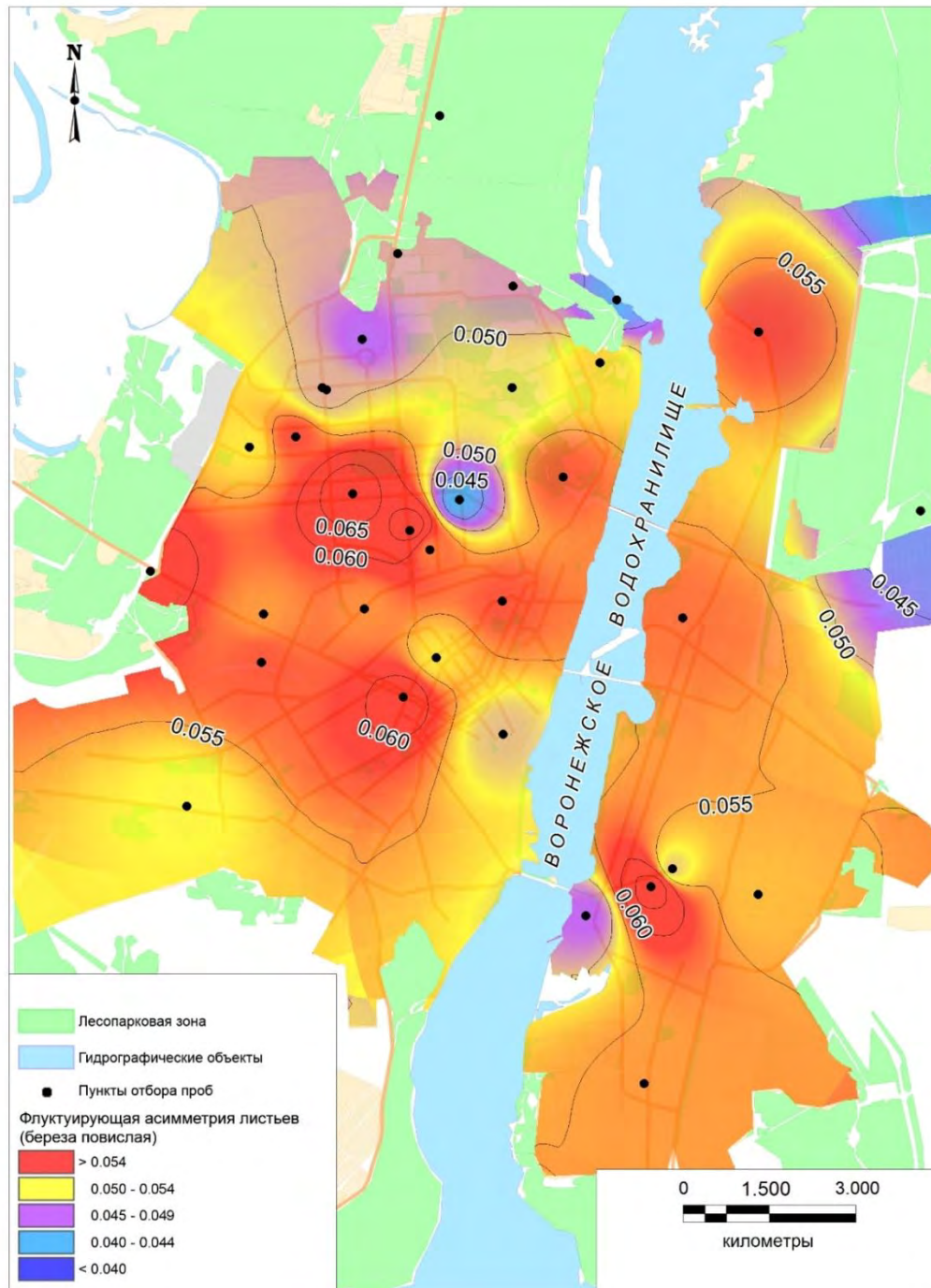


Рис. 5. Пространственное распределение показателя флуктуирующей асимметрии листовых пластинок березы повислой

Fig. 5. The spatial distribution of the fluctuating asymmetry index of the leaves of *Betula pendula* Roth.

### Заклучение

На основе данных, полученных в ходе исследования, можно сделать следующие выводы.

Во-первых, сравнительный анализ морфометрических параметров листовых пластинок березы повислой позволил выявить нарушения в стабильности развития древесных растений при произрастании в городских условиях.



Во-вторых, на исследуемой территории г. Воронежа наблюдается уменьшение длины листьев березы повислой и увеличение ширины по сравнению с контролем. Установлена достоверная корреляционная связь между данными морфометрическими параметрами.

В-третьих, сравнение интегрального значения флуктуирующей асимметрии показало, что только в двух точках (№ 53 и № 64)  $I_{FA}$  меньше фоновых (2 балла – начальное отклонение от нормы). В остальных местах отбора наблюдается превышение по сравнению с контролем. Наибольшие отклонения отмечены в промышленно-транспортных зонах (ул. 9 Января, 49; перекресток улиц 9 Января и Антонова-Овсенко, ул. Г. Стратосферы, 18б; ул. Б. Хмельницкого, 35; Московский пр-т, 36 и др.).

В-четвертых, сравнение изучаемых параметров стабильности развития березы повислой с информацией официальных служб в области мониторинга окружающей среды показало общую тенденцию. Так, стрессовые условия среды для растений тяготеют к промышленно-транспортным зонам, где фиксируется наибольшее количество загрязняющих веществ в атмосферном воздухе. Однако, следует отметить, что на жизнедеятельность растительных организмов существенное влияние оказывают метеорологические и почвенные условия. Поэтому вариабельность показателя флуктуирующей асимметрии в разные годы (доказано при сравнении с предшествующими исследованиями) объясняется комплексным действием факторов урбанизированной среды.

Таким образом, результаты проведенных исследований свидетельствуют о том, что показатель флуктуирующей асимметрии является чувствительным биоиндикационным признаком для регистрации негативных реакций древесных растений под влиянием факторов урбанизированной среды.

### Список источников

1. Влияние загрязнений воздуха на растительность: Причины. Воздействие. Ответные меры. 1981. М., Лесн. промышленность, 181 с.
2. Здоровье среды: методика оценки. Оценка состояния природных популяций по стабильности развития: методологическое руководство для заповедников. 2000. М., Центр экологической политики России, 66 с.
3. Методические рекомендации по выполнению оценки качества среды по состоянию живых существ (оценка стабильности развития живых организмов по уровню асимметрии морфологических структур). МПР РФ. 2003. М., 24 с.
4. Куролап С.А., Нестеров Ю.А., Фетисов Ю.М. 2008. Практикум по информационным технологиям. Воронеж, Воронеж. гос. ун-т, 265 с.

### Список литературы

1. Баранов С.Г. 2016. Феногенетический аспект листовых платин *Betula pendula* Roth. Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Естественные науки, 11 (232): 10–20.
2. Бачурина А.В., Куликова Е.А. 2019. Оценка качества среды на территории г. Новотроицка Оренбургской области по состоянию березы повислой. Леса России и хозяйство в них, 2 (69): 30–37.
3. Белякова О.И., Тулупова А.А. 2016. Оценка качества окружающей среды в разных районах города Курска методом флуктуирующей асимметрии листовых пластинок березы повислой и липы мелколистной. Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Техника и технологии, 2 (19): 68–74.
4. Виноградов П.М. 2014. Оценка качества среды обитания города Воронежа на основе анализа интегрального показателя стабильности развития березы повислой (*Betula pendula* Roth.) и тополя пирамидального (*Populus pyramidalis* Borkh.). Современные проблемы науки и образования, 6: 1678.



5. Ерещенко О.В., Хлебова Л.П. 2013. Изменение морфометрических параметров листовой пластинки березы повислой *Betula pendula* Roth. в условиях Барнаула. Известия Алтайского государственного университета, 3–2 (79): 26–30.
6. Калаев В.Н., Игнатова И.В., Третьякова В.В., Артюхов В.Г., Савко А.Д. 2011. Биоиндикация загрязнения районов г. Воронежа по величине флуктуирующей асимметрии листовой пластинки березы повислой. Вестник Воронежского государственного университета. Серия Химия. Биология. Фармация, 2: 168–175.
7. Клевцова М.А., Михеев А.А. 2019. Биоиндикационная оценка городских условий. Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология. № 4: 76–82.
8. Кулагин А.Ю., Тагирова О.В. 2017. Специфичность экологических условий Уфимского промышленного центра и динамика формирования листьев *Betula pendula* Roth. Известия Уфимского научного центра РАН, 3–1: 94–98.
9. Курило Ю.А., Григорьев А.И. 2015. Изучение взаимосвязи между электрическим сопротивлением и флуктуирующей асимметрией листовой пластины березы повислой. Современные проблемы науки и образования, 1–1: 1794.
10. Минакова Е.А., Шлычков А.П., Шайхиев И.Г. 2015а. Оценка окружающей среды урбо-системы г. Казань с использованием метода биоиндикации: придорожные территории. Вестник Технологического университета, 18 (17): 225–229.
11. Минакова Е.А., Шлычков А.П., Шайхиев И.Г., Биктемирова Э.И. 2015б. Оценка качества городской среды промышленного города с использованием методов фитомониторинга (на примере г. Нижнекамск). Вестник Технологического университета, 18 (16): 283–286.
12. Рунова Е.М., Гнаткович П.С. 2013. Экологическая оценка рекреационных зон города Братска методом флуктуирующей асимметрии березы повислой. Фундаментальные исследования, 2 (11): 223–227.
13. Уливанова Г.В., Федосова О.А. 2019. Использование древесной растительности в комплексных агроэкологических исследованиях загрязнения воздушной среды. Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева, 1 (41): 69–78.
14. Филиппов Е.С., Иванисова Н.В., Куринская Л.В. 2014. О биоиндикации транспортно-селитебных ландшафтов методом флуктуирующей асимметрии. Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Естественные науки, 6 (184): 68–72.
15. Black-Samuelsson S., Andersson S. 2003. The effect of nutrient stress on developmental instability in leaves of *Acer platanoides* (Aceraceae) and *Betula pendula* (Betulaceae). American Journal of Botany, 90 (8): 1107–1112.
16. Erofeeva E.A., Yakimov B.N. 2020. Change of leaf trait asymmetry type in *Tilia cordata* Mill. and *Betula pendula* Roth. under air pollution. Symmetry, 12 (5): 727.
17. Franiel I. 2008. Fluctuating asymmetry of *Betula pendula* Roth. leaves - an index of environment quality. Biodiversity Research and Conservation, 9/10: 7–10.
18. Graham J.H., Raz S., Hel-Or H., Nevo E. 2010. Fluctuating Asymmetry: Methods, Theory, and Applications. Symmetry, 2: 466–540.
19. Graham J.H., Whitesell M.J., Fleming II M., Hel-Or H., Nevo E., Raz S. 2015. Fluctuating Asymmetry of Plant Leaves: Batch Processing with LAMINA and Continuous Symmetry Measures. Symmetry, 7: 255–268.
20. Klingenberg C.P. 2016. Size, shape, and form: concepts of allometry in geometric morphometrics. Development genes and evolution, 226 (3): 113–137.
21. Kozlov M.V. 2017. Plant studies on fluctuating asymmetry in Russia: Mythology and methodology. Russian Journal of Ecology, 48 (1): 3–12.
22. Palmer A.R., Strobeck C.H. 2003. Fluctuating Asymmetry Analyses Revisited, Developmental Instab.: Causes and Consequences. Polak M, editor. Oxford University Press: 279–319.
23. Scheiner S.M. 2014. The genetics of phenotypic plasticity. XIII. Interactions with developmental instability. Ecology and evolution, 4 (8): 1347–1360.
24. Shadrina E., Turmukhametova N., Soldatova V., Vol'pert Y., Korotchenko I., Pervyshina G. 2020. Fluctuating Asymmetry in Morphological Characteristics of *Betula Pendula* Roth Leaf under Conditions of Urban Ecosystems: Evaluation of the Multi-Factor Negative Impact. Symmetry, 12 (8): 1317.



25. Tucić B., Budečević S., Manitašević Jovanović S.M., Vuleta A., Klingenberg C.P. 2018. Phenotypic plasticity in response to environmental heterogeneity contributes to fluctuating asymmetry in plants: first empirical evidence. *Journal of Evolutionary Biology*, 31 (2): 197–210.
26. Vostrikova T., Zemlyanukhina O., Kalaev V. 2019. Amount of Total Protein and fluctuating asymmetry of *Betula pendula* in Various Ecological Conditions. *Advances in Biological Sciences Research: 1st International Symposium Innovations in Life Sciences (ISILS 2019)*, 7: 357–360.
27. Zakharov V.M., Shadrina E.G., Turmukhametova N.V., Ivantsova E.N., Shikalova E.A., Soldatova V.Yu., Sharova N.A., Trofimov I.E. 2020. Assessment of plant status by stability of development in natural and anthropogenic conditions (fluctuating asymmetry of leaf characters of silver birch, *Betula pendula* Roth). *Biol. Bull.*, 47 (2): 186–190.

## References

1. Baranov S.G. 2016. Phenogenetic aspect of asymmetry of leaf plate of *Betula pendula* Roth. *Belgorod State University Scientific Bulletin. Natural sciences*, 11 (232): 10–20. (in Russian)
2. Bachurina A.V., Kulikova E.A. 2019. Assessment of quality of the environment in the territory of the city of Novotroitsk of the Orenburg region as the condition of the *Betula pendula* Roth. *Lesa Rossii i hozjajstvo v nih*, 2 (69): 30–37. (in Russian)
3. Belyakova O.I., Tulupova A.A. 2016. Evaluation of environmental quality in different parts of the city of Kursk method of fluctuating asymmetry of sheet plates birch and basswood melkolistnoj. *Proceedings of the Southwest State University, Series: Engineering and Technologies*, 2 (19): 68–74. (in Russian)
4. Vinogradov P.M. 2014. The assessment of urban environment quality of Voronezh on the basis of analysis of *Betula pendula* Roth. and *populus pyramidalis* borkh. development stability parameter. *Modern problems of science and education*, 6: 1678. (in Russian)
5. Ereshenko O.V., Khlebova L.P. 2013. Changing the morphometric parameters of the leaf blade of birch *Betula pendula* Roth. in the Barnaul. *Izvestiya of Altai State University*, 3–2 (79): 26–30. (in Russian)
6. Kalaev V.N., Ignatova I.V., Tret'yakova V.V., Artyukhov V.G., Savko A.D. 2011. Bioindikatsiya zagryazneniya rayonov g. Voronezha po velichine fluktuiruyushchey asimmetrii listo-voy plastinki berezy povisloy [Bioindication of pollution in Voronezh districts by the value of fluctuating asymmetry of the leaf blade of the hanging birch]. *Proceedings of Voronezh State University. Series: Chemistry. Biology. Pharmacy*, 2: 168–175.
7. Klevtsova M.A., Mikheev A.A. 2019. The bioindication assessment of urban conditions. *Proceedings of Voronezh State University. Series: Geography. Geoecology*, 4: 76–82. (in Russian)
8. Kulagin A.Yu., Tagirova O.V. 2017. Specificity of environmental conditions of Ufim industrial center and dynamics of formation of leaves *Betula pendula* Roth. *Proceedings of the RAS Ufa Scientific Centre*, 3–1: 94–98. (in Russian)
9. Kurilo Y.A., Grigoriev A.I. 2015. Study of the relationship between electrical resistance and fluctuating asymmetry a sheet of *betula pendula*. *Modern problems of science and education*, 1–1: 1794. (in Russian)
10. Minakova E.A., Shlychkov A.P., Shajhiev I.G. 2015. Ocenka okruzhajushhej sredy urbosistemy g. Kazan' s ispol'zovaniem metoda bioindikacii: pridorozhnye territorii [Environmental assessment of the urban system of Kazan using the bioindication method: roadside areas]. *Vestnik Tehnologicheskogo universiteta*, 18 (17): 225–229.
11. Minakova E.A., Shlychkov A.P., Shajhiev I.G., Biktemirova Je.I. 2015. Ocenka kachestva gorodskoj sredy promyshlennogo goroda s ispol'zovaniem metodov fitomonito-ringa (na primere g. Nizhnekamsk). *Vestnik Tehnologicheskogo universiteta*, 18 (16): 283–286.
12. Runova E.M., Gnatkovich P.S. 2013. Ecological estimation of recreational areas by city of bratsk fluctuating asymmetry silver birch. *Fundamental research*, 2 (11): 223–227. (in Russian)
13. Ulivanova G.V., Fedosova O.A. 2019. Use of wood vegetation in complex agro-ecological researches of air pollution. *Herald of Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev*, 1 (41): 69–78. (in Russian)



14. Filippov E.S., Ivanisova N.V., Kurinskaya L.V. 2014. On biological indication of transport-urban landscapes by fluctuating asymmetry method. Bulletin of higher education institutes. North Caucasus Region. Natural sciences, 6 (184): 68–72. (in Russian)
15. Black-Samuelsson S., Andersson S. 2003. The effect of nutrient stress on developmental instability in leaves of *Acer platanoides* (Aceraceae) and *Betula pendula* (Betulaceae). American Journal of Botany, 90 (8): 1107–1112.
16. Erofeeva E.A., Yakimov B.N. 2020. Change of leaf trait asymmetry type in *Tilia cordata* Mill. and *Betula pendula* Roth. under air pollution. Symmetry, 12 (5): 727.
17. Franiel I. 2008. Fluctuating asymmetry of *Betula pendula* Roth. leaves - an index of environment quality. Biodiversity Research and Conservation, 9/10: 7–10.
18. Graham J.H., Raz S., Hel-Or H., Nevo E. 2010. Fluctuating Asymmetry: Methods, Theory, and Applications. Symmetry, 2: 466–540.
19. Graham J.H., Whitesell M.J., Fleming II M., Hel-Or H., Nevo E., Raz S. 2015. Fluctuating Asymmetry of Plant Leaves: Batch Processing with LAMINA and Continuous Symmetry Measures. Symmetry, 7: 255–268.
20. Klingenberg C.P. 2016. Size, shape, and form: concepts of allometry in geometric morphometrics. Development genes and evolution, 226 (3): 113–137.
21. Kozlov M.V. 2017. Plant studies on fluctuating asymmetry in Russia: Mythology and methodology. Russian Journal of Ecology, 48 (1): 3–12.
22. Palmer A.R., Strobeck C.H. 2003. Fluctuating Asymmetry Analyses Revisited, Developmental Instab.: Causes and Consequences. Polak M, editor. Oxford University Press: 279–319.
23. Scheiner S.M. 2014. The genetics of phenotypic plasticity. XIII. Interactions with developmental instability. Ecology and evolution, 4 (8): 1347–1360.
24. Shadrina E., Turmukhametova N., Soldatova V., Vol'pert Y., Korotchenko I., Pervyshina G. 2020. Fluctuating Asymmetry in Morphological Characteristics of *Betula Pendula* Roth Leaf under Conditions of Urban Ecosystems: Evaluation of the Multi-Factor Negative Impact. Symmetry, 12 (8): 1317.
25. Tucić B., Budečević S., Manitašević Jovanović S.M., Vuleta A., Klingenberg C.P. 2018. Phenotypic plasticity in response to environmental heterogeneity contributes to fluctuating asymmetry in plants: first empirical evidence. Journal of Evolutionary Biology, 31 (2): 197–210.
26. Vostrikova T., Zemlyanukhina O., Kalaev V. 2019. Amount of Total Protein and fluctuating asymmetry of *Betula pendula* in Various Ecological Conditions. Advances in Biological Sciences Research: 1st International Symposium Innovations in Life Sciences (ISILS 2019), 7: 357–360.
27. Zakharov V.M., Shadrina E.G., Turmukhametova N.V., Ivantsova E.N., Shikalova E.A., Soldatova V.Yu., Sharova N.A., Trofimov I.E. 2020. Assessment of plant status by stability of development in natural and anthropogenic conditions (fluctuating asymmetry of leaf characters of silver birch, *Betula pendula* Roth). Biol. Bull., 47 (2): 186–190.

#### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

**Клевцова Марина Александровна**, кандидат географических наук, доцент кафедры геоэкологии и мониторинга окружающей среды Воронежского государственного университета, г. Воронеж, Россия

**Михеев Алексей Александрович**, преподаватель кафедры рекреационной географии, страноведения и туризма Воронежского государственного университета, г. Воронеж, Россия

#### INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**Marina A. Klevtsova**, Candidate of Geographical Sciences, Associate Professor, Department of Geocology and environmental monitoring of the Voronezh State University, Voronezh, Russia

**Alexey A. Mikheev**, Lecturer at the Department of Recreational Geography, Regional Studies and Tourism, Voronezh State University, Voronezh, Russia





УДК 551.8: 631.4

DOI 10.18413/2712-7443-2020-44-4-446-461

## **Физические свойства почв с признаками древнего педогенеза Барнаульского Приобья (Алтайский край, Россия)**

**Дергачева М.И.<sup>1,2</sup>, Кулижский С.П.<sup>2</sup>, Никифоров А.Н.<sup>2,3</sup>, Захарова Е.Г.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Институт почвоведения и агрохимии СО РАН,

Россия, 630090, г. Новосибирск, проспект академика Лаврентьева, 8/2;

<sup>2</sup>Национальный Исследовательский Томский государственный университет,  
Россия, 630036, г. Томск, Ленина, 36

<sup>3</sup>Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН,  
Россия, 634055, г. Томск, Академический проспект, 10

E-mail: mid555@yandex.com

**Аннотация.** Материалы статьи посвящены малоизученному вопросу: оценке сохранности-изменчивости во времени физических свойств почв левобережной части Приобья южнее устья р. Алей, имеющих в 1,5–2,0-метровой толще профиля признаки древнего почвообразования. Рассматривается специфика физических свойств почв, содержащих совокупность современных и плейстоценовых горизонтов в едином профильном пространстве. После резкспонирования в прошлом лёссово-почвенный комплекс, относящийся к Беловскому педокомплексу, был перекрыт современным черноземом южным. Педокомплекс представлен тремя палеопочвами, гумусовые горизонты которых вскрываются на разной глубине от поверхности. Аналогичный комплекс физических свойств рассматривается для черноземов южных, сформированных на мощных лёссовых отложениях и не имеющих в профилях признаков древнего почвообразования. Сравнение современных и палеогоризонтов показало, что первые представляют собой легкие (реже средние) суглинки с содержанием илистых частиц не более 20–30 %, с преобладанием в микроагрегатном составе фракций 0,25–0,05 мм и 0,05–0,01 мм с минимальными величинами плотности твердой фазы, как и плотности сложения в верхних гумусо-аккумулятивных горизонтах (что типично для современного почвообразования), а также с высокой микрооструктурностью и очень высокой микроагрегированностью. Палеогоризонты, в отличие от современных, в абсолютном большинстве случаев являются легкими глинами с более низким содержанием в микроагрегатном составе илистых частиц (не более 10–12 %), и, как следствие, низким потенциалом к оструктуриванию. Они отличаются повышенной плотностью, неудовлетворительной микрооструктурностью и весьма слабой микроагрегированностью. Получение и анализ физических свойств палеопочв позволили выявить дополнительные свидетельства специфичности почвообразования на данной территории, где горизонты современных почв и палеопочв находятся в едином профильном пространстве.

**Ключевые слова:** почвы, палеопочвы, средний плейстоцен, физические свойства, Приобское плато, Алтайский край

**Для цитирования:** Дергачева М.И., Кулижский С.П., Никифоров А.Н., Захарова Е.Г. 2020. Физические свойства почв с признаками древнего педогенеза Барнаульского Приобья (Алтайский край, Россия). Региональные геосистемы, 44(4): 446–461. DOI: 10.18413/2712-7443-2020-44-4-446-461

## **Physical properties of soils with features of ancient pedogenesis in Barnaul Ob region (Altai territory, Russia)**

**Maria I. Dergacheva<sup>1,2</sup>, Sergey P. Kulizhsky<sup>2</sup>, Artem N. Nikiforov<sup>2,3</sup>, Elena G. Zakharova<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Institute of Soil Science and Agrochemistry SB RAS,  
8/2 Lavrent'ev Av., Novosibirsk, 630090, Russia



<sup>2</sup>National Research Tomsk State University,  
36 Lenina st., Tomsk, 630036, Russia

<sup>3</sup>Institute of Monitoring of Climatic and Ecological Systems SB RAS,  
10 Akademicheskii Pr., Tomsk, 634055, Russia  
E-mail: mid555@yandex.com

**Abstract.** The study is devoted to identifying the specificity of the physical properties of soils containing a set of modern and Pleistocene horizons in a single profile. Soils located on the key area Volodarka in the left-bank part of the Ob region south of the Alei river mouth, on the territory referred in the literature as Barnaul Ob region are considered as the objects. The soils have features of ancient pedogenesis within the 1.5–2.0 m thickness of the profiles in the form of Pleistocene paleosol horizons located at different depths from the lower border of the modern chernozem. According to the literature, they belong to the Belovsky pedocomplex (corresponding to the stage MIS 17). It consists of three paleosols, which position is clearly traced in the outcropping of deposits of the Ob River. The physical properties of chernozem, formed on thick loess deposits, are considered for comparison. A factual analysis of the obtained data characterizing the particle size distribution, microaggregate composition, bulk density and solid phase density, as well as the parameters of porosity, structure, fineness and aggregation calculated on their basis is given. Comparison of soils with features of ancient pedogenesis and without them showed that the latter have very similar physical parameters to modern horizons formed in the upper part of all studied complex soil profiles: according to their particle size distribution, they can be classified as clay-coarse-silty with the content of clay particles in the absolute majority cases no more than 20–30 %; with a predominance in the micro-aggregate composition of fractions 0.25–0.05 mm and 0.05–0.01 mm, having a high microstructure and very high microaggregation. Paleohorizons differ from modern ones in a heavier particle size distribution, representing a coarse silty-clay light clay, with a lower (not exceeding 10–12 %) content of clay particles in the microaggregate composition, which indicates a low potential of paleosols for structuring. In general, paleosol horizons differ from modern ones in higher density, lower porosity, unsatisfactory microstructure, and very weak microaggregation. Receipt and analysis of the physical properties of paleosols revealed further evidence of the specificity of soil formation in the territory, where the horizons of modern soils and paleosols are in a single space of the profile.

**Keywords:** soils, paleosols, Middle Pleistocene, physical properties, Priobskoe Plateau, Altai territory

**For citation:** Dergacheva M.I., Kulizhsky S.P., Nikiforov A.N., Zakharova E.G. 2020. Physical properties of soils with features of ancient pedogenesis in Barnaul Ob region (Altai territory, Russia). *Regional Geosystems*, 44(4): 446–461. (in Russian). DOI: 10.18413/2712-7443-2020-44-4-446-461

---

## Введение

Настоящее исследование лежит в области одной из актуальных проблем современности – выявления направленности эволюции почв и природной среды конкретных (локальных) территорий и прогнозов их поведения в перспективе. Эту проблему невозможно решать без применения информации, заключенной в признаках педогенеза палеопочв, которые позволяют выявлять ретроспективный тренд изменения природной среды, необходимый для построения прогнозов. Представленные в статье материалы и их обсуждение посвящены малоизученному вопросу: оценке сохранности-изменчивости во времени физических свойств почв левобережной части Приобья южнее устья р. Алей (в дальнейшем по тексту Барнаульское Приобье), имеющих в 1,5–2,0-х метровой толще профиля признаки древнего почвообразования. В преобладающих случаях отложения этой территории представляют собой сочетание современных почвенных горизонтов и расположенных под ними на разной глубине горизонтов плейстоценовых палеопочв, что очень хорошо прослеживается в береговых обнажениях р. Обь [Дергачева, Пономарев, 2014].



Физические свойства обсуждаются в палеопочвенных исследованиях редко и применяются, в основном, в качестве вспомогательных признаков для комплексной оценки почвообразования прошлых эпох.

Результаты определения гранулометрического состава используются в большинстве посвященных палеопочвам работ последней четверти XX в. и двух десятилетий XXI в. как отечественных авторов [Евсеев, Хорев, 1972; Морозова, 1981; Yakimenko, 1995; Дергачева и др., 2006; Velichko et al., 2006; Чижикова, Панин, 2007; Фоминых и др., 2010; Макеев, 2012; Хохлова и др., 2014; Дергачева, 2018; Учаев и др., 2018; и др.], так и зарубежных [Vandenberghe et al., 1997; Markovic et al., 2004; Nugteren et al., 2004; Kaiser et al., 2007; Nunez, Recio, 2007; Novothny et al., 2011; Bockheim, 2013; Ottner et al., 2013; at others]. В этих и других работах гранулометрическому составу (текстуре) придается большое значение при реконструкции палеоприродной среды и именно по этому признаку почвенной массы в сочетании с магнитной восприимчивостью и физико-химическими свойствами палеопочв чаще всего проводятся палеоре-конструкции природных обстановок.

Обсуждение других (кроме гранулометрического состава) физических свойств палеопочв встречается в литературе значительно реже. Так, в некоторых работах о палеопочвах рассматривается влияние их погребения наносными породами на степень уплотнения и отдельные свойства палеопочвенной массы [Wright, 1992; Caudill et al., 1997; Retallack, 2001; Sheldon, Retallack, 2001; Хохлова и др., 2014], в ряде случаев при решении разных задач приводятся характеристики, сравнение и оценка изменения плотности и порозности палеопочв [Horton et al., 1988; Sheldon, Retallack, 2001; Архангельская и др., 2008; Tieniu et al., 2011; Хохлова и др., 2014; Shao et al., 2020]. Среди работ, имеющих и обсуждающих сведения о плотности палеопочв, постоянно фиксируется большое уплотнение их горизонтов по сравнению с горизонтами современных почв, что, как правило, связывается с компрессионным воздействием переотложенного на них материала и нисходящими токами почвенной влаги. Отмечается, что в погребяемой толще с течением времени происходит перераспределение частиц и переупаковка агрегатов, а, следовательно, увеличение плотности и ухудшение порозности. Сведения о ней, по мнению ряда авторов [Yakimenko, 1995; Wang et al., 2005; Zhou Yu et al., 2014], могут использоваться в качестве дополнительных представлений об эволюционных изменениях палеопочв. Исследования почвенно-лессовых серий Лёссового Плато Китая [Tieniu et al., 2011] показали, что горизонты педореликтов характеризуются большей плотностью сложения, а, следовательно, меньшей порозностью, обусловленной переуплотнением почвенной массы в диагенезе. О.С. Хохлова и др. [2014] считают, что плотность сложения почвы – это «перспективный показатель, легко измеряемый в поле, который можно использовать при палеопочвенных исследованиях курганов». В других работах [Yakimenko, 1995; Retallack, 2001; и др.] подчеркивается, что использование данных о плотности сложения палеопочв применимо лишь при совокупном анализе с другими показателями и помогает более точно диагностировать палеопочвенные свойства.

Таким образом, изучение физических свойств палеопочв разного возраста и разной географической локализации представляется важным, поскольку использование их при интерпретации материалов о специфике палеопочв и условий их формирования способствуют более точной их диагностике.

В настоящей работе оцениваются физические свойства почвенных толщ, представляющих собой сочетание современных и древних горизонтов в едином профильном пространстве.

### Объекты и методы исследования

В качестве объектов исследования использовались почвы, распространенные на ключевом участке Володарка – стационарной площадке Института почвоведения и агрохимии Сибирского отделения РАН, предназначенной для изучения присутствующих здесь разных видов палеопочв (погребенных, поверхностных и реэкспонированных или эксгумированных, как их называют в зарубежных работах). Территориально ключевой участок расположен в пределах Приобского плато на восточном краю Порозихинско-Алейского увала в 70 км южнее г. Барнаул (Алтайский край, Россия) в 1–3 км южнее села Володарка (рис. 1). Географические координаты района исследований: N 52°41–42' с. ш. и E 83°38' в. д. Высота над уровнем моря составляет около 200 м.

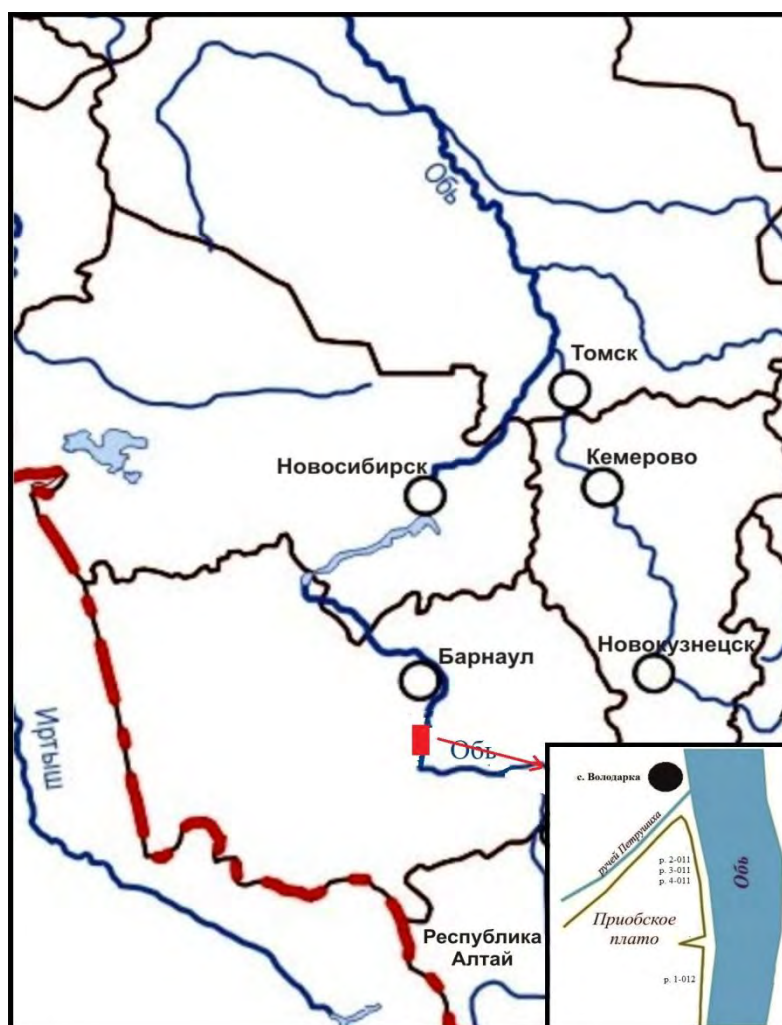


Рис. 1. Карта-схема местоположения ключевого участка Володарка и расположения на нем изученных разрезов

Fig. 1. Schematic map of the Volodarka key area and the location of the studied sections on it

Климат территории умеренно-континентальный, засушливый, растительность представлена типчаково-ковыльной или разнотравно-типчаково-ковыльной степью. В соответствии с классификацией и диагностикой почв СССР [1977], современные почвы этого участка диагностируются как черноземы обыкновенные и южные и отличаются существенным варьированием основных морфологических и аналитических характеристик [Захарова, 2011]. По классификации и диагностике почв России [2004] эти почвы входят в

отдел Акумулятивно-гумусовые, тип Черноземы, подтипы Миграционно-мицелярные и Текстурно-карбонатные. Согласно Мировой реферативной базе почвенных ресурсов эти почвы относятся к реферативной почвенной группе Chernozems с квалификаторами calcic и siltic.

Часть современных почв в этом районе формируется на мощных лёссовидных породах и не имеет признаков древнего почвообразования в пределах вскрытых разрезами 1,5–2,0-х метровых толщ, другие сформированы на ранее реэкспонированных горизонтах плейстоценовых палеопочв и представляют собой почвы со сложным сочетанием горизонтов современного и древнего почвообразования.

Для изучения физических свойств почв с признаками древнего почвообразования и без них были использованы наиболее типичные для данной территории представители обеих групп почв, стратиграфическое положение и морфологические особенности которых хорошо прослеживаются в береговом обнажении реки Обь (рис. 2).

Исследования почв на ключевом участке Володарка ведутся ежегодно с 2004 г., и из всей массы изученных профилей для определения физических свойств были выбраны четыре, вскрытые полнопрофильными разрезами, существенно отличающиеся по формулам почвенных профилей, хотя все они венчаются горизонтами современных черноземов южных [Дергачева, Пономарев, 2014].

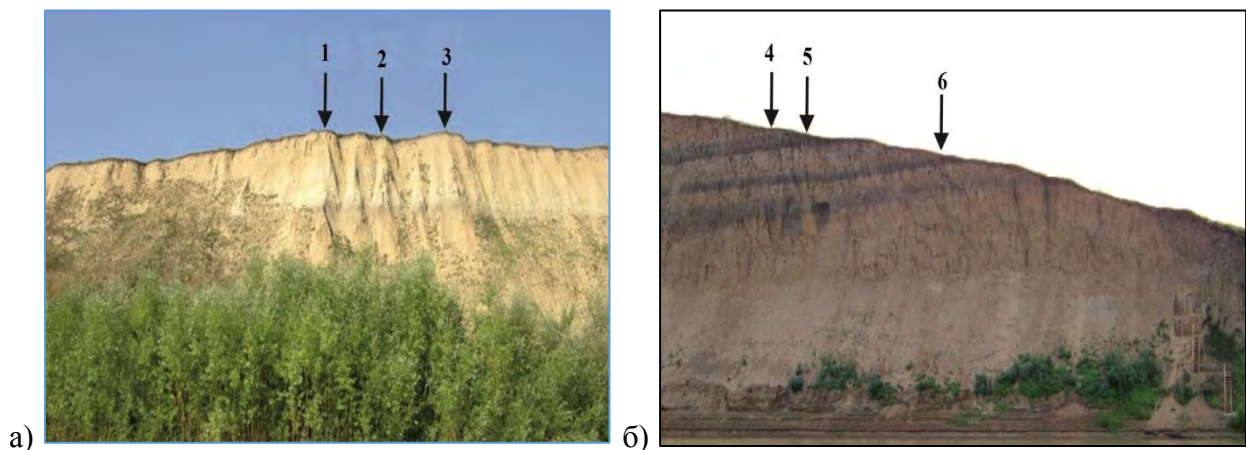


Рис. 2. Расположение почв: *a* – без признаков древнего педогенеза (разрезы: 1 – 1-06; 2 – 1-010Д; 3 – 1-012); *б* – с признаками древнего педогенеза (разрезы: 4 – 3-011; 5 – 32-011; 6 – 4-011)  
Fig. 2. Location of soils: *a* – without features of ancient pedogenesis (sections: 1 – 1-06; 2 – 1-010Д; 3 – 1-012); *б* – with features of ancient pedogenesis (sections: 4 – 3-011; 5 – 32-011; 6 – 4-011)

Черноземы южные без признаков древнего почвообразования, на примере которых рассматривается специфика физических свойств, представлены в настоящей работе разрезом 1-012 (см. рис. 1). Дополнительно в работе обсуждаются особенности гранулометрического состава черноземов южных (разрезы 1-06 и 1-010Д), сформированных на мощных лёссовых отложениях и расположенных на той же территории, что и разрез 1-012 (рис. 2,а).

Современные черноземы южные имеют типичную для этих почв формулу профиля и отличаются небольшой мощностью темно-серой окраски среднесуглинистым с зернистой структурой гумусово-аккумулятивным горизонтом, переходящим постепенно в породу. Для этих почв характерны аккумулятивный тип распределения гумуса.

Выходы горизонтов плейстоценовых палеопочв с наложенными на них горизонтами современных почв наблюдаются на отдельных участках территории. Физические свойства таких почв с сочетанием в едином профильном пространстве в верхней части продуктов современного почвообразования, а в средней и нижней – древнего педогенеза,

рассматриваются на примере разрезов 3-011, 32-011, 4-011 (рис. 2,б). Во всех профилях резкспонированные легкоглинистые палеопочвы перекрываются маломощным черноземом южным.

В целом, по сочетанию морфологических признаков и свойств вещественного состава, находящиеся внутри профильного пространства палеопочвы имеют соответствующий современным зональным почвам черноземный облик и особенности почвенных аналитических характеристик, что позволяет считать их аналогами современных черноземов, сформированных при разной степени увлажнения [Дергачева, Пономарев, 2014].

При проведении аналитических работ использовались общепринятые методики [Аринушкина, 1970; Вадюнина, Корчагина, 1973]. Определение гранулометрического и микроагрегатного состава проводилось пипеточным методом по Н.А. Качинскому [1958] как наиболее подходящим для данных исследований [Кулижский и др., 2010]. Определение плотности сложения почв проведено методом режущего кольца, плотности твердой фазы почвы – пикнометрическим методом, расчеты на основе измеренных физических свойств соответствующих показателей осуществлялись по [Теории..., 2007].

### Результаты и их обсуждение

Как известно, физические свойства почвы, к которым относятся гранулометрический и агрегатный составы, структурное состояние, плотность твердой фазы и сложения почвы,  $г/см^3$ , а также пористость определяют особенности функционирования их в биосфере, обуславливая воздушные, водные, тепловые режимы и другие их свойства, устойчивость в условиях меняющейся природной обстановки, а также одну из важнейших для существования живого характеристик почв – их плодородие.

В палеопочвенных исследованиях общие физические свойства используются пока относительно редко, но их знание может способствовать проведению более точных прогнозов поведения самих почв и природных факторов, их формирующих, выявлению более подробной летописи о стадиях и фазах образования палеопочвенного тела и вмещающих их отложений, уточнению ретроспективной их эволюции, без которой невозможно определить направленность изменений почв и палеопочв во времени и составлять обоснованные прогнозы их поведения. Исследование физических свойств палеопочв разных временных периодов позволяет определить степень сохранности-изменчивости структуры при смене функционирования их во времени, пределы устойчивости в связи с их погребением, а также расширить широко применяемый для реконструкции условий формирования палеопочв комплекс почвенных признаков.

Одной из наиболее часто используемых характеристик физических свойств как современных почв, так и палеопочв является гранулометрический состав. Он формируется на протяжении всего периода образования почвенного профиля и сохраняется во времени. Это один из наиболее консервативных признаков палеопочв.

Гранулометрический состав представленных тремя разрезами современных черноземов южных, сформированных на мощных лёссовых отложениях (рис. 3), отличается за редким исключением относительно равномерным профильным распределением основных фракций. Во всех обсуждаемых профилях наибольшая доля приходится на крупную пыль. Количество ее лежит в диапазоне 33–42 %, что свидетельствует об облессованности почвообразующей породы. Илистая фракция, содержание которой лежит в абсолютном большинстве случаев в диапазоне 20–30 %, имеет некоторую тенденцию к увеличению ее количества только в нижней части почвенного профиля 1-010Д, сформированного в некотором понижении по сравнению с другими разрезами.

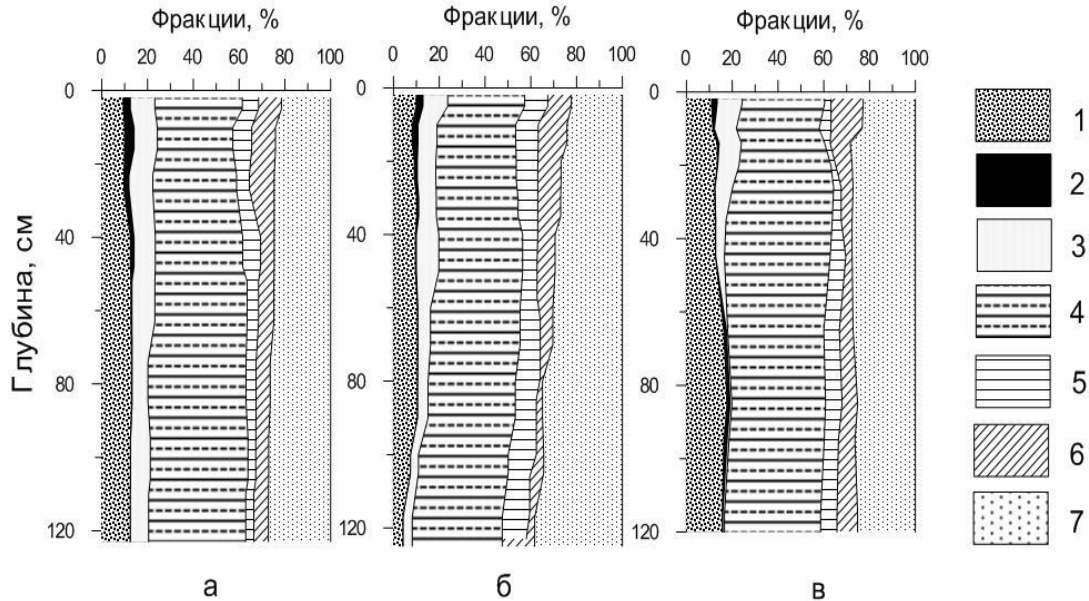


Рис. 3. Профильное распределение гранулометрических фракций в горизонтах современных черноземов южных, сформированных на мощных лёссовых отложениях, разрезы: *а* – 1-06; *б* – 1-010Д; *в* – 1-012Д. Обозначения фракций (мм): 1 – потеря от обработки 10 % HCl; 2 – 1–0,25; 3 – 0,25–0,05; 4 – 0,05–0,01; 5 – 0,01–0,005; 6 – 0,005–0,001; 7 – < 0,001

Fig. 3. Profile distribution of particle size fractions in the horizons of modern chernozem, formed on thick loess deposits, sections: *a* – 1-06; *б* – 1-010D; *в* – 1-012D. Fraction designations (mm): 1 – Loss from treatment with 10 % HCl; 2 – 1–0.25; 3 – 0.25–0.05; 4 – 0.05–0.01; 5 – 0.01–0.005; 6 – 0.005–0.001; 7 – < 0.001

Горизонты палеопочв (рис. 4) имеют преимущественно легкоглинистый состав: содержание фракций физической глины лежит в пределах 60–70 %.

Преобладают в мелкоземле палеопочв илестая и крупнопылеватая фракции, а фракции грубого и среднего песка практически отсутствуют (в редких случаях обнаруживаются в следовых количествах), что обусловлено эоловым характером формирования мощных лёссовых отложений, выступающих на территории в качестве литогенной основы почв разного возраста. Доля крупной пыли редко превышает 40 %, но в целом ее количество указывает на облессованность отложений, выступающих в качестве почвообразующей породы в обозначенный плейстоценовый отрезок времени.

Относительно равномерное внутрипрофильное распределение илестых частиц по профилю свидетельствует об отсутствии перераспределения продуктов выветривания минералов внутри почвенного профиля. Незначительное увеличение доли тонкодисперсных частиц в отдельных горизонтах обусловлено, вероятно, изначальными свойствами палеопочв, находящихся в пределах изученных сложногенетических профилей. Сравнение гранулометрического состава почв с признаками древнего почвообразования и без них (рис. 4) показало, что первые имеют более тяжелый гранулометрический состав, повышенную долю илестых частиц и пониженную долю крупнопылеватых частиц. Повышенное содержание ила в гумусированных горизонтах палеопочв по сравнению с современными может быть связано с особенностями природных условий формирования этих горизонтов.

Физическое состояние почв и палеопочв оценивается по параметрам, вычисляемым на основе гранулометрического и микроагрегатного состава. Последний является одним из важнейших показателей потенциальной оструктуренности почв. В условиях, когда на территории развиты эрозионные процессы, может произойти повторное реэспонирование горизонтов палеопочв, выход их к поверхности и вовлечение в хозяйственный оборот, оструктуренность палеопочв имеет особо важное значение.

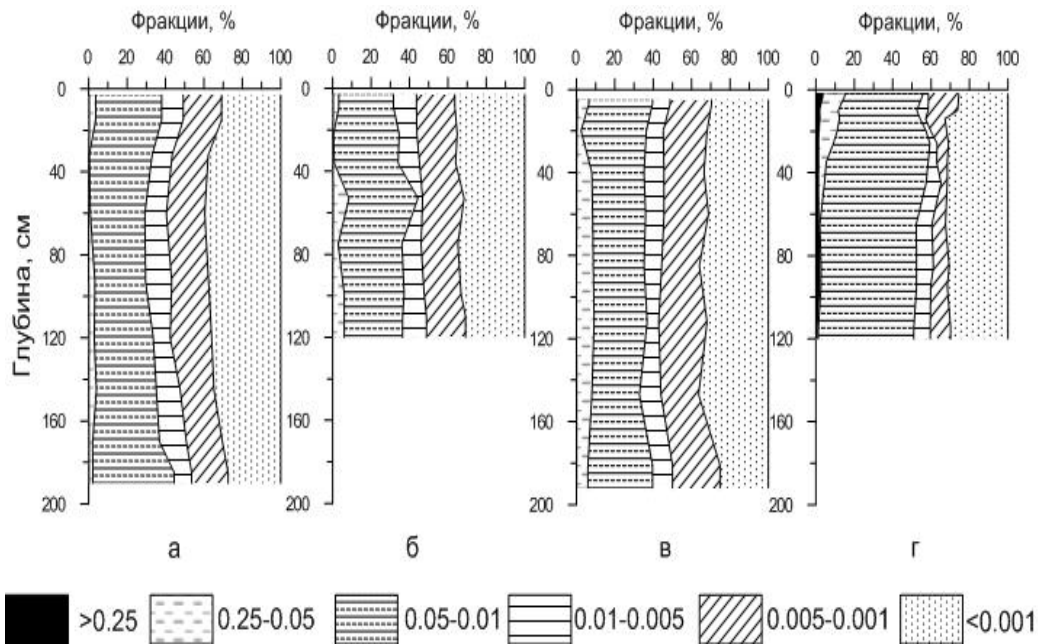


Рис. 4. Гранулометрический состав современной и древней частей почв, разрезы: *a* – 3-011; *б* – 32-011; *в* – 4-011; *г* – 1-012  
Fig. 4. Particle size distribution of modern and ancient paleosol horizons, sections: *a* – 3-011; *б* – 32-011; *в* – 4-011; *г* – 1-012

Анализ данных по микроагрегатному составу современных черноземов южных, сформированных как на лёссовых отложениях, так и на горизонтах палеопочв, показал, что в них преобладают фракции 0,25–0,05 и 0,05–0,01 мм (рис. 5).

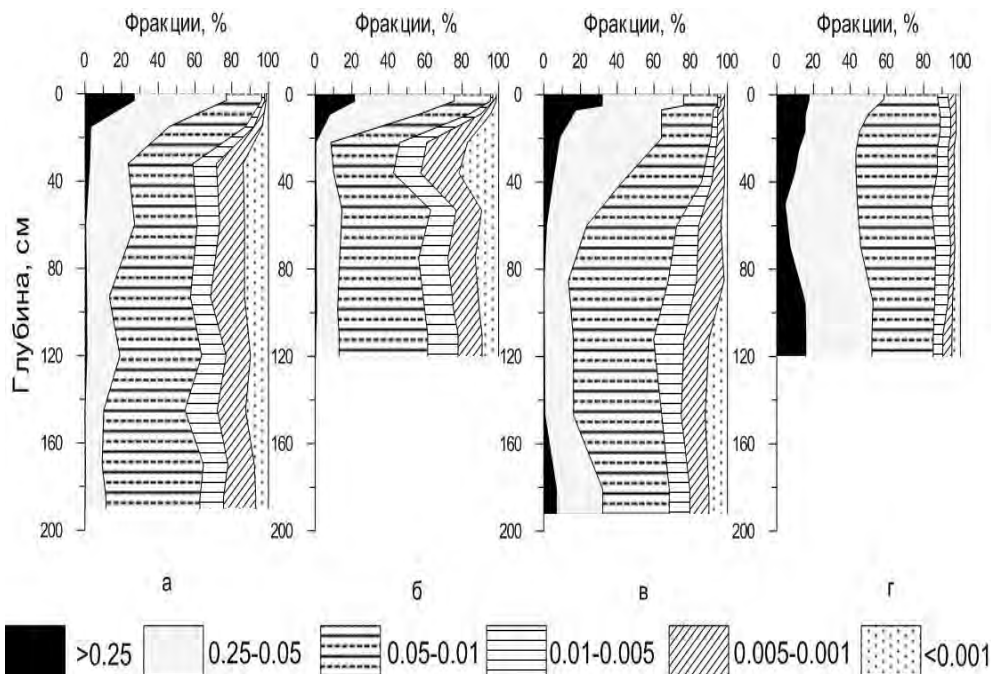


Рис. 5. Профильное распределение микроагрегатов в исследуемых почвах, разрезы: *a* – 3-011; *б* – 32-011; *в* – 4-011; *г* – 1-012  
Fig. 5. Profile distribution of microaggregates in the studied soils, section: *a* – 3-011; *б* – 32-011; *в* – 4-011; *г* – 1-012





В верхних гумусированных горизонтах современных почв, усложненных реликтовыми стадиями педогенеза, идет формирование устойчивых макроагрегатов размером  $> 0,25$  мм. В качестве клеящих компонентов, обеспечивающих сохранность почвенной структуры, выступают здесь как гумусовые вещества, так и педогенные карбонаты.

На основании данных двух сопряженных анализов (гранулометрического и макроагрегатного состава) был рассчитан коэффициент дисперсности (рис. 6, а), показывающий потенциальную способность почв к оструктурированию. В почвах со сложной морфологией профиля наблюдаются низкие показатели дисперсности в верхних горизонтах, сформировавшихся под влиянием современного процесса почвообразования, что свойственно для глинистых и суглинистых черноземов и связано с современной аккумуляцией гумусовых веществ в поверхностных горизонтах почвенного профиля. По сравнению с ними, более высокими значениями «фактора дисперсности» характеризуются палеопочвенные горизонты, где более интенсивно и длительно протекали процессы деструкции и минерализации почвенного органического вещества, от которого зависит склеивание частиц в устойчивые агрегаты. Значения коэффициента дисперсности свидетельствуют, что поверхностные горизонты всех исследованных почв имеют высокую микроструктурность и очень высокую микроагрегированность, тогда как в погребенных горизонтах палеопочв микроструктурность может оцениваться как неудовлетворительная, а микроагрегированность – как весьма слабая.

Плотность твердой фазы может косвенно отражать минералогический состав почв, и чем выше значения этого показателя, тем больше в составе мелкозема тяжелых минералов. Так, средневзвешенное значение плотности твердой фазы для исследуемых почв составляет  $2,39$  г/см<sup>3</sup>. Наименьшие значения закономерно приурочены к верхним гумусо-аккумулятивным горизонтам как современных, так и погребенных почв, при этом абсолютный минимум связан с современным почвообразованием. Минимальные величины обусловлены более высокой интенсивностью гумусообразования и накоплением гумуса. В отдельных горизонтах профилей наблюдается повышение плотности (рис. 6, б), вызванное особенностями осадконакопления и, возможно, различной минералогией этих отложений. Исходя из полученных данных, можно сделать вывод, что в составе мелкозема преобладают вторичные минералы. Первичные минералы кварцевой группы при этом встречаются в отдельных горизонтах исключительно в профиле современной почвы.

Плотность сложения почв напрямую связана как с содержанием органического вещества, так и с порозностью. Немаловажное значение имеет и характер упаковки агрегатов. Характер изменения плотности сложения в верхних частях почвенных профилей типичен для современного почвообразования. Как и в случае с плотностью твердой фазы, минимальные ее величины приурочены к поверхностным гумусо-аккумулятивным горизонтам профилей (рис. 6, в). Нижние (палеопочвенные) горизонты имеют тенденцию к флуктуирующему изменению плотности сложения, что может указывать на проявление кольматирующего эффекта (в случае увеличения плотности сложения) или на влияние трещин усадки (в случае уменьшения значений плотности). Палеопедогенные образования зафиксированы в изменениях плотности сложения, отражающих границу перехода переотложенного материала и реликтового гумусообразования, начиная с кровли погребенных почв. Повышение значений плотности в средней и нижней частях профиля современной почвы, вскрытой разрезом 1-012, может быть связано, кроме того, с образованием во вмещающей массе соответствующих горизонтов конкреционных форм карбонатов.

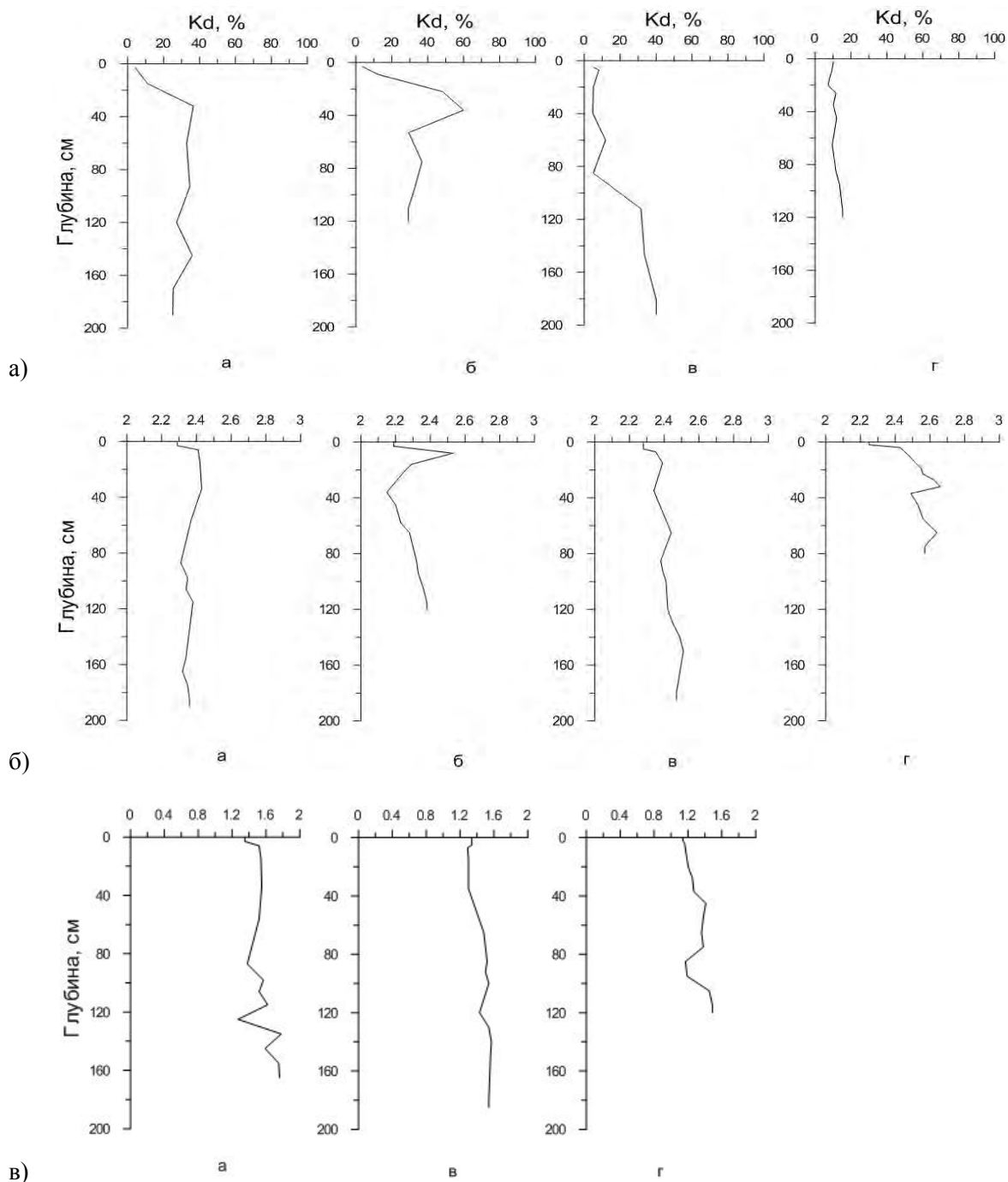


Рис. 6. Некоторые физические характеристики изученных почв: *a* – коэффициент дисперсности; *б* – плотность твердой фазы; *в* – плотность сложения. Обозначение разрезов: *a* – 3-011; *б* – 32-011; *в* – 4-011; *г* – 1-012

Fig. 6. *a* – Variation of dispersion coefficient in soil profiles; *б* – Solid phase density; *в* – Bulk density. Designation of sections: *a* – 3-011; *б* – 32-011; *в* – 4-011; *г* – 1-012

Порозность горизонтов палеопочв (рис. 7, а, б) в разрезах 3-011 и 4-011 варьирует от 24 до 46 %, что характеризует их как горизонты с чрезмерно низкой и неудовлетворительной скважностью. Такие значения характерны для переуплотненных почв, к которым можно отнести и исследуемые палеопочвы. Пористость современных почв в пределах этих же разрезов лимитирована более узкими пределами значений, укладывающихся в диапазон от 35 до 46 %. Несколько иная ситуация (рис. 7, в) складывается в современной

почве, сформированной на лёссовых отложениях. Гумусовый горизонт этой почвы характеризуется удовлетворительными значениями порозности, связанными с активной деятельностью корневой системы трав (рис. 7, в).

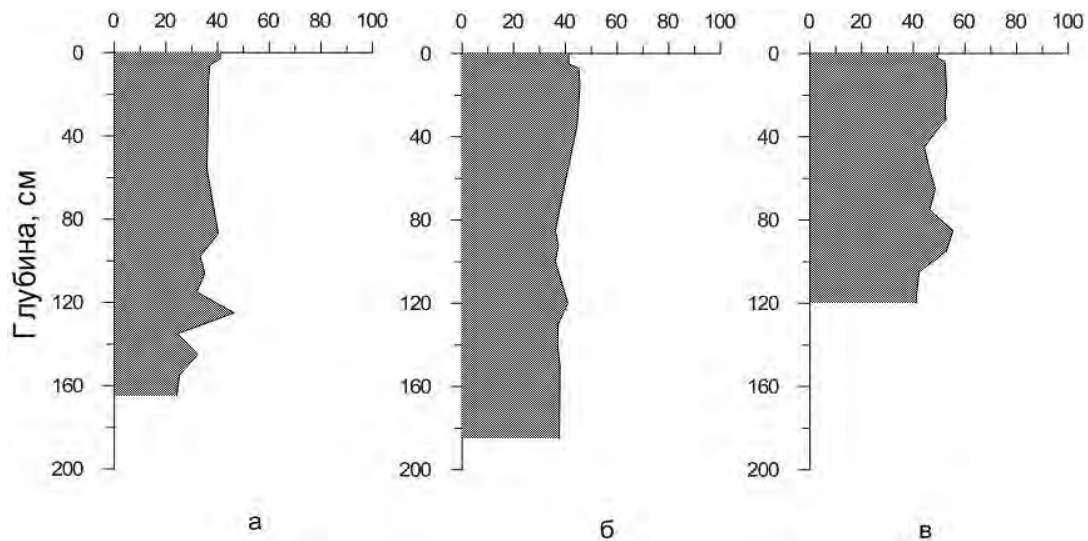


Рис. 7. Общая порозность в исследуемых почвах. Обозначение разрезов:  
*a* – 3-011; *б* – 4-011; *в* – 1-012  
Fig. 7. Total porosity in the studied soils. Designation of sections:  
*a* – 3-011; *б* – 4-011; *в* – 1-012

Таким образом, полученные данные о физических свойствах палеопочв Барнаульского Приобья, реэкспонированных и перекрытых продуктами современного почвообразования, не противоречат имеющимся результатам для других районов Алтайского Приобья. Получение и анализ физических свойств палеопочв позволили выявить дополнительные свидетельства специфичности почвообразования на данной территории, где горизонты современных почв и палеопочв находятся в едином профильном пространстве.

### Заключение

Полученные данные о физических свойствах современных и палеопочвенных горизонтов, находящихся в едином профильном пространстве, имеют как некоторые черты сходства, так и ряд существенных отличий.

Выявлено, что гранулометрический состав и плотность твердой фазы современных и погребенных почв в пределах одного профиля не отличается заметной изменчивостью, указывающей на смену типов почвообразования. Физические свойства гумусовых горизонтов и тех, и других почв значительно отличаются от аналогичных показателей почвообразующих пород.

Наибольшей сохранностью во времени характеризуется гранулометрический состав. В гранулометрическом составе почвы, вскрытой разрезом 3(2)-011, выделены два максимума накопления илистой фракции, приуроченные к отдельным горизонтам современной и погребенной почв. Разрез 4-011 отражает циклическое накопление илистых частиц, обуславливающих наличие двух максимумов в содержании этих частиц в средней части профиля, приуроченных к горизонтам разных палеопочв.

Плотность твердой фазы горизонтов почв, погребенных под лёссовой толщей, варьирует в пределах 2,2–2,5 г/см<sup>3</sup>, что может указывать на преобладание в составе минеральной массы вторичных минералов. В целом же изменение с глубиной в проанализиро-



ванных толщах этой характеристики физического состояния почв отличается наличием некоторой тенденции увеличения по направлению к нижележащим горизонтам.

Наибольшие различия между горизонтами современных и погребенных палеопочв выявлены по показателям почвенной микроструктуры, плотности сложения и порозности.

В микроагрегатном составе современных черноземов южных, сформированных как на лёссовых отложениях, так и на горизонтах палеопочв, преобладают элементарные почвенные частицы (ЭПЧ) размером 0,25–0,05 мм и 0,05–0,01 мм, тогда как в палеопочвенных горизонтах преобладает фракция только последней размерности, а содержание илистых частиц, способствующих оструктуриванию, не превышает 10–12 %, что свидетельствует о низком потенциале их в этом отношении.

Плотность сложения, как и порозность, которая имеет обратную от нее зависимость, существенно различаются в современных и палеогорizontах. Они свидетельствуют, что палеопочвы отличаются чрезмерно низкой и неудовлетворительной скважностью и повышенной уплотненностью.

В заключение следует подчеркнуть, что территория исследований, с одной стороны, находится в районе активного использования земель в сельскохозяйственном обороте и, с другой, широко распространенных здесь эрозионных процессов, что определяет потенциальную возможность повторного реэспонирования (выхода на поверхность) горизонтов палеопочв, погребенных в процессе современного почвообразования. Эти обстоятельства существенно повышают ценность полученных данных для дальнейших работ по интерпретации материалов о специфике палеопочв и условий их формирования.

#### Список источников

1. Классификация и диагностика почв СССР. 1977. М., Колос, 225 с.
2. Классификация и диагностика почв России. 2004. Смоленск, Ойкумена, 341 с.
3. Теории и методы физики почв. 2007. М., Тула, Изд-во Гриф и К., 616 с.

#### Список литературы

1. Аринушкина Е.В. 1970. Руководство по химическому анализу почв. М., Изд-во Московского университета, 487 с.
2. Архангельская Т.А., Прохоров М.В., Мазиров М.А. 2008. Годовая динамика температуры почв палеокриогенных комплексов Владимирского ополья. Криосфера Земли, 12 (3): 80–86.
3. Вадюнина А.Ф., Корчагина З.А. 1973. Методы исследования физических свойств почв и грунтов. М., Изд-во Московского университета, 399 с.
4. Дергачева М.И., Дервянко А.П., Феденёва И.Н. 2006. Эволюция природной среды Горного Алтая в позднем плейстоцене и голоцене. Новосибирск, Изд-во Института археологии и этнографии СО РАН, 144 с.
5. Дергачева М.И., Пономарев С.Ю. 2014. Морфогенетические особенности почв с древними признаками почвообразования восточной части Приобского плато. Вестник Оренбургского государственного университета, 6 (167): 207–212.
6. Дергачева М.И. 2018. Система гумусовых веществ как основа диагностики палеопочв и реконструкции палеоприродной среды. Новосибирск, Изд-во СО РАН, 292 с.
7. Евсеев А.В., Хорев В.С. 1972. Сравнительная характеристика физических свойств ископаемых и современных почв южного Приобья. Вестник МГУ. Серия географическая, 3: 91–93.
8. Захарова Е.Г. 2011. Варьирование свойств в верхней части современных почв и поверхностных палеопочв ключевого участка Володарка (Барнаульское Приобье). Материалы II Международной научной молодежной школы по палеопочвоведению. Новосибирск, ООО «Талер-Пресс»: 91–94.
9. Качинский Н.А. 1958. Механический и микроагрегатный состав почвы, методы его изучения. М., Изд-во АН СССР, 192 с.
10. Кулижский С.П., Коронатова Н.Г., Артымук С.Ю., Соколов Д.А., Новокрещенных Т.А. 2010. Сравнение методов седиментометрии и лазерной дифрактометрии при определении грану-



лометрического состава почв естественных и техногенных ландшафтов. Вестник Томского государственного университета. Биология, 4 (12): 21–31.

11. Макеев А.О. 2012. Поверхностные палеопочвы лёссовых водоразделов Русской равнины. М., Молнет, 260 с.

12. Морозова Т.Д. 1981. Развитие почвенного покрова Европы в позднем плейстоцене. М., Наука, 280 с.

13. Учаев А.П., Некрасова О.А., Дергачева М.И. 2018. Диагностика палеоприродной среды лесостепной зоны Южного Урала на границе Брюнес-Матуяма. Научные ведомости Белгородского государственного университета. Естественные науки, 42 (2): 142–151.

14. Фоминых Л.А., Золотарева Б.Н., Пинский Д.Л. 2010. Сравнительный анализ палеопочв в древних ландшафтах севера России. Криосфера Земли, 14 (2): 56–68.

15. Хохлова О.С., Хохлов А.А., Купцова Л.В., Моргунова Н.Л. 2014. Почвенно-археологические исследования короткого педохроноряда в курганном могильнике поздней бронзы (срубная культура) в Оренбургском Предуралье. Известия Самарского научного центра Российской академии наук, 16 (3): 298–307.

16. Чижикова Н.П., Панин П.Г. 2007. Информативность тонкодисперсной части палеопочв и лёссов позднего и среднего плейстоцена центра Восточно-Европейской равнины. Бюллетень Почвенного института им. В.В. Докучаева, 59: 28–41.

17. Bockheim J.G. 2013. Paleosols in the Transantarctic Mountains: indicators of environmental change. *Solid Earth*, 4: 451–459.

18. Caudill M.R., Driese S.G., Mora C.I. 1997. Physical compaction of Vertic Paleosols: Implications for burial diagenesis and palaeo-precipitation estimates. *Sedimentology*, 44 (4): 673–685.

19. Horton R., Thompson M.L., McBride J.F. 1988. Determination of effective porosity of soil materials. *Agronomy Reports*, 5.

20. Kaiser K., Schoch W.H., Miede G. 2007. Holocene paleosols and colluvial sediments in Northeast Tibet (Qinghai Province, China): properties, dating and paleoenvironmental implications. *Catena*, 69 (2): 91–102.

21. Marković S.B., Kostić N., Oches E.A. 2004. Paleosols in the Ruma loess section. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 21: 79–87.

22. Novothny Á., Frechen M., Horváth E., Wacha L., Rolf Ch. 2011. Investigating the penultimate and last glacial cycles of the Sütto loess section (Hungary) using luminescence dating, high-resolution grain size, and magnetic susceptibility data. *Quaternary International*, 234 (1-2): 75–85.

23. Nunez M.A.; Recio J.M. 2007. Kaolinitic paleosols in the south west of the Iberian Peninsula Sierra Morena region, Spain; paleoenvironmental implications. *Catena (Giessen)*, 70 (3): 388–395.

24. Nugteren G., Vandenberghe J., van Huissteden K., An Z. 2004. A Quaternary climate record based on grain size analysis from the Luochuan loess section on the Central Loess Plateau, China. *Global and Planetary Change*, 41: 167–183.

25. Ottner F., Sedov S., Baatar U.O., Wriessnig K. 2013. Grain size and mineralogical indicators of weathering in the Oberlaab loess-paleosol sequence, Upper Austria. *Quaternary Science Journal*, 62 (1): 34–43.

26. Retallack G.J. 2001. *Soils of the past: an introduction to paleopedology*. Oxford, UK, Blackwell, 550 p.

27. Shao T., Wang R., Xu Z., Wei P., Zhao J., Niu J., Song D. 2020. Permeability and Groundwater Enrichment Characteristics of the Loess-Paleosol Sequence in the Southern Chinese Loess Plateau. *Water*, 12: 870.

28. Sheldon N.D., Retallack G.J. 2001. Equation for compaction of paleosols due to burial. *Geology*, 29: 247–250.

29. Vandenberghe J., An Z., Nugteren G., Huayu L., Van Huissteden K. 1997. New absolute time-scale for the Quaternary climate in the Chinese loess region by grain-size analysis. *Geology*, 25 (1): 35–38.

30. Velichko A.A., Morozova T.D., Nechaev V.P., Rutter N.W., Dlussky K.G., Little E.C., Catto N.R., Semenov V.V., Evans M.E. 2006. Loess/paleosol/cryogenic Formation and structure near the northern limit of loess deposition, East European Plain, Russia. *Quaternary International*, 152–153: 14–30.



31. Wright V.P. 1992. Paleosol Recognition: a Guide to Early Diagenesis in Terrestrial Settings. *Developments in Sedimentology*, 47: 591–619.
32. Yakimenko E.Y. 1995. Pleistocene Paleosols in the loess and loess-like sediments of the central part of the Russian Plain. *Quaternary Science Reviews*, 14 (7): 747–753.
33. Wang X., Peng P.A., Ding Z.L. 2005. Black carbon records in Chinese Loess Plateau over the last two glacial cycles and implications for paleofires. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 223 (1-2): 9–19.
34. Wu T., Wang Y., Lv J., Zhang B. 2011. Soil water characteristics of Middle Pleistocene paleosol layers on the loess Plateau. *African Journal of Biotechnology*, 10 (53): 10856–10863.
35. Zhou Y., Retallack G.J., Huang C. 2014. Early Eocene paleosol developed from basalt in southeastern Australia: implications for paleoclimate. *Arabian Journal of Geosciences*, 8 (3): 1281–1290.

## Reference

1. Arinushkina E.V. 1970. *Rukovodstvo po himicheskomu analizu pochv [Soil Chemical Analysis Guide]*. Moscow, Izd-vo Moskovskogo universiteta, 487 p.
2. Arkhangel'skaya T.A., Prokhorov M.V., Mazirov M.A. 2008. Annual temperature dynamics of Vladimir opolye paleocryogenic complexes. *Earth's Cryosphere*, 12 (3): 80–86 (in Russian)
3. Vadyunina A.F., Korchagina Z.A. 1973. *Metody issledovaniya fizicheskikh svoystv pochv i gruntov [Methods for studying the physical properties of soils and grounds]*. Moscow, Izd-vo Moskovskogo universiteta, 399 p.
4. Dergacheva M.I., Derevyanko A.P., Fedenyova I.N. 2006. *Evolyuciya prirodnoj sredy Gornogo Altaya v pozdnem plejstocene i golocene [Evolution of the natural environment of Gorny Altai in the late Pleistocene and Holocene]*. Novosibirsk, Izd-vo In-ta arheologii i etnografii SO RAN, 144 p.
5. Dergacheva M.I., Ponomarev S.Yu. 2014. *Morfogeneticheskie osobennosti pochv s drevnimi priznakami pochvoobrazovaniya vostochnoj chasti Priob'skogo plato [Morphogenetic features of soils with ancient features of soil formation in the eastern part of the Ob plateau]*. *Vestnik Orenburg State University*, 6 (167): 207–212.
6. Dergacheva M.I. 2018. *The system of humic substances as a basis for the diagnosis of paleosoils and the reconstruction of the paleo-natural environment*. Novosibirsk, Izd-vo SO RAN, 292 p. (in Russian)
7. Evseev A.V., Horev V.S. 1972. *Sravnitel'naya harakteristika fizicheskikh svoystv iskopaemykh i sovremennykh pochv yuzhnogo Priob'ya [Comparative characteristics of the physical properties of fossil and modern soils of the southern Ob region]*. *Vestnik MGU. Seriya geograficheskaya*, 3: 91–93.
8. Zakharova E.G. 2011. *Properties variation of the upper of the modern soils and surface paleosoils of key sity Volodarka (Barnaul priobye)*. *Materials of the II International Scientific Youth School on Paleosol Science*. Novosibirsk, Taler-Press: 91–94. (in Russian)
9. Kachinskij N.A. 1958. *Mekhanicheskij i mikroagregatnyj sostav pochvy, metody ego izucheniya [Mechanical and micro-aggregate composition of the soil, methods of its study]*. Moscow, Izd-vo AN SSSR, 192 p.
10. Kulizhskiy S.P., Koronatova N.G., Artymuk S.Yu., Sokolov D.A., Novokreshchennykh T.A. 2010. Comparison of the sedimentation method and the laser-diffraction analysis during determination of soil texture of natural and technogenic landscapes. *Tomsk State University Journal of Biology*, 4 (12): 21–31. (in Russian)
11. Makeev A.O. 2012. *Poverhnostnye paleopochvy lyossovyyh vodorazdelov Russkoj ravniny [Surface paleosols of loess watersheds of the Russian Plain]*. Moscow, Molnet, 260 p.
12. Morozova T.D. 1981. *Razvitie pochvennogo pokrova Evropy v pozdnem plejstocene [Development of soil cover in Europe in the late Pleistocene]*. Moscow, Nauka, 280 p.
13. Uchaev A.P., Nekrasova O.A., Dergacheva M.I. 2018. *Palaeoenvironment diagnostics of the southern Ural forest-steppe zone at brunes-matuyama boundary*. *Belgorod State University Scientific Bulletin. Natural sciences*, 42 (2): 142–151. (in Russian)
14. Fominykh L.A., Zolotareva B.N., Pinsky D.L. 2010. *Comparative analysis of paleosoils northern Russia*. *Earth's Cryosphere*, 14 (2): 56–68. (in Russian)
15. Khokhlova O.C., Khokhlov A.A., Kuptsova L.V., Morgunova N.L. 2014. *Geoarchaeological study of short-term pedo-chrono-sequence in the Kurgan cemetery of the late Bronze Age (the timber-*



grave culture) in the Orenburg Cis-Ural. *Izvestia of Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences*, 16 (3): 298–307. (in Russian)

16. Chizhikova N.P., Panin P.G. 2007. Informativnost' tonkodispersnoj chasti paleopochv i lyossov pozdnego i srednego plejstocena centra Vostochno-Evropejskoj ravniny [Information content of the finely dispersed part of paleosols and loesses of the Late and Middle Pleistocene in the center of the East European Plain]. *Dokuchaev Soil Bulletin*, 59: 28–41.

17. Bockheim J.G. 2013. Paleosols in the Transantarctic Mountains: indicators of environmental change. *Solid Earth*, 4: 451–459.

18. Caudill M.R., Driese S.G., Mora C.I. 1997. Physical compaction of Vertic Paleosols: Implications for burial diagenesis and palaeo-precipitation estimates. *Sedimentology*, 44 (4): 673–685.

19. Horton R., Thompson M.L., McBride J.F. 1988. Determination of effective porosity of soil materials. *Agronomy Reports*, 5.

20. Kaiser K., Schoch W.H., Mieke G. 2007. Holocene paleosols and colluvial sediments in Northeast Tibet (Qinghai Province, China): properties, dating and paleoenvironmental implications. *Catena*, 69 (2): 91–102.

21. Marković S.B., Kostić N., Oches E.A. 2004. Paleosols in the Ruma loess section. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 21: 79–87.

22. Novothny Á., Frechen M., Horváth E., Wacha L., Rolf Ch. 2011. Investigating the penultimate and last glacial cycles of the Sütto loess section (Hungary) using luminescence dating, high-resolution grain size, and magnetic susceptibility data. *Quaternary International*, 234 (1-2): 75–85.

23. Nunez M.A., Recio J.M. 2007. Kaolinitic paleosols in the south west of the Iberian Peninsula Sierra Morena region, Spain; paleoenvironmental implications. *Catena (Giessen)*, 70 (3): 388–395.

24. Nugteren G., Vandenberghe J., van Huissteden K., An Z. 2004. A Quaternary climate record based on grain size analysis from the Luochuan loess section on the Central Loess Plateau, China. *Global and Planetary Change*, 41: 167–183.

25. Ottner F., Sedov S., Baatar U.O., Wriessnig K. 2013. Grain size and mineralogical indicators of weathering in the Oberlaab loess-paleosol sequence, Upper Austria. *Quaternary Science Journal*, 62 (1): 34–43.

26. Retallack G.J. 2001. *Soils of the past: an introduction to paleopedology*. Oxford, UK, Blackwell, 550 p.

27. Shao T., Wang R., Xu Z., Wei P., Zhao J., Niu J., Song D. 2020. Permeability and Groundwater Enrichment Characteristics of the Loess-Paleosol Sequence in the Southern Chinese Loess Plateau. *Water*, 12: 870.

28. Sheldon N.D., Retallack G.J. 2001. Equation for compaction of paleosols due to burial. *Geology*, 29: 247–250.

29. Vandenberghe J., An Z., Nugteren G., Huayu L., Van Huissteden K. 1997. New absolute timescale for the Quaternary climate in the Chinese loess region by grain-size analysis. *Geology*, 25 (1): 35–38.

30. Velichko A.A., Morozova T.D., Nechaev V.P., Rutter N.W., Dlussky K.G., Little E.C., Catto N.R., Semenov V.V., Evans M.E. 2006. Loess/paleosol/cryogenic Formation and structure near the northern limit of loess deposition, East European Plain, Russia. *Quaternary International*, 152–153: 14–30.

31. Wright V.P. 1992. Paleosol Recognition: a Guide to Early Diagenesis in Terrestrial Settings. *Developments in Sedimentology*, 47: 591–619.

32. Yakimenko E.Y. 1995. Pleistocene Paleosols in the loess and loess-like sediments of the central part of the Russian Plain. *Quaternary Science Reviews*, 14 (7): 747–753.

33. Wang X., Peng P.A., Ding Z.L. 2005. Black carbon records in Chinese Loess Plateau over the last two glacial cycles and implications for paleofires. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 223 (1-2): 9–19.

34. Wu T., Wang Y., Lv J., Zhang B. 2011. Soil water characteristics of Middle Pleistocene paleosol layers on the loess Plateau. *African Journal of Biotechnology*, 10 (53): 10856–10863.

35. Zhou Y., Retallack G.J., Huang C. 2014. Early Eocene paleosol developed from basalt in southeastern Australia: implications for paleoclimate. *Arabian Journal of Geosciences*, 8 (3): 1281–1290.



## ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

**Дергачева Мария Ивановна**, доктор биологических наук, профессор, главный научный сотрудник лаборатории биогеоценологии Института почвоведения и агрохимии Сибирского отделения РАН (г. Новосибирск, Россия); профессор кафедры почвоведения и экологии почв Биологического института Томского государственного университета (г. Томск, Россия)

**Кулижский Сергей Павлович**, доктор биологических наук, профессор, заведующий кафедрой почвоведения и экологии почв Биологического института Томского государственного университета (г. Томск, Россия)

**Никифоров Артем Николаевич**, младший научный сотрудник лаборатории мониторинга лесных экосистем Института мониторинга климатических и экологических систем Сибирского отделения РАН, старший преподаватель кафедры почвоведения и экологии почв Биологического Института Томского государственного университета (г. Томск, Россия)

**Захарова Елена Геннадьевна**, младший научный сотрудник лаборатории биогеоценологии Института почвоведения и агрохимии Сибирского отделения РАН, г. Новосибирск, Россия

## INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**Maria I. Dergacheva**, Professor, Chief Researcher of Institute Soil Science and Agrochemistry SB RAS and Professor of the Department of Soil Science and Soil Ecology, Biological Institute of Tomsk State University

**Sergey P. Kulizhskiy**, Professor, Head of the Department of Soil Science and Soil Ecology, Biological Institute of Tomsk State University

**Artem N. Nikiforov**, Junior Researcher, Laboratory for Monitoring Forest Ecosystems, Institute of Monitoring of Climatic and Ecological Systems of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences and Senior Lecturer, Department of Soil Science and Soil Ecology, Biological Institute of Tomsk State University

**Elena G. Zakharova**, Junior Researcher, Laboratory of biogeocenology, Institute of Soil Science and Agrochemistry of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences





УДК 711.13:911.373+574.42  
DOI 10.18413/2712-7443-2020-44-4-462-473

## Пространственное распределение и ренатурационная динамика постселитебных геосистем Центрально-Черноземного района

Голеусов П.В., Чугунова Н.В., Марциневская Л.В., Польшина М.А., Симон А.И.

Белгородский государственный национальный исследовательский университет,  
Россия, 308015, г. Белгород, ул. Победы, д. 85  
E-mail: [goleusov@bsu.edu.ru](mailto:goleusov@bsu.edu.ru)

**Аннотация.** В статье представлены результаты картографических и экспедиционных исследований постселитебных геосистем Центрально-Чернозёмного района. Произведён пространственный анализ распространения исчезающих сельских населённых пунктов в регионах Черноземья. Проведено обобщение результатов полевых исследований геосистем заброшенных сельских поселений. Дано эмпирическое обоснование математических моделей, описывающих ресурсоформирующие процессы в постселитебных геосистемах (формирование надземной фитомассы, формирование регенерационного гумусового горизонта почв, восстановление запасов гумуса). Проведён анализ моделей, с оценкой скорости процессов, в сопоставлении с ранее полученными сведениями о воспроизводстве данных компонентов в посттехногенных геосистемах.

**Ключевые слова:** сельские поселения, расселение, постселитебные геосистемы, экологическая ренатурация, экологическая реабилитация, восстановительные сукцессии, воспроизводство почв

**Благодарности:** работа выполнена при поддержке проекта РФФИ 18-05-00093 «Эколого-экистическое состояние, экологическая реабилитация и стратегии сбалансированного природопользования на постселитебных территориях Центрально-Чернозёмного региона»

**Для цитирования:** Голеусов П.В., Чугунова Н.В., Марциневская Л.В., Польшина М.А., Симон А.И.. 2020. Пространственное распределение и ренатурационная динамика постселитебных геосистем Центрально-Черноземного района. Региональные геосистемы. 44(4). 462–473. DOI: 10.18413/2712-7443-2020-44-4-462-473

---

## Spatial distribution and renaturation dynamics of post-settlement geosystems of the Central Chernozem region

Pavel V. Goleusov, Nadezhda V. Chugunova, Larisa V. Martsinevskaya,

Marina A. Polshina, Anna I. Simon

Belgorod State National Research University

85, Pobedy str., Belgorod, 3080015, Russia

E-mail: [goleusov@bsu.edu.ru](mailto:goleusov@bsu.edu.ru)

**Abstract.** The process of urbanization in Russia is accompanied by the disappearance of a large number of small rural settlements. In the Central Chernozem Region, the authors carried out a cartographic identification of 1,714 abandoned rural settlements. The highest spatial density of the distribution of abandoned settlements is characteristic of the Kursk region, the lowest – the Voronezh region. The results of field studies of 110 geosystems of abandoned rural settlements are summarized. Mathematical models describing resource-forming processes in post-human geosystems (formation of aboveground phytomass, formation of a regenerative humus horizon of soils, restoration of humus reserves) are empirically substantiated. The assessment of the rate of the processes is given in comparison with the previously known information about the reproduction of these components in post-technogenic geosystems. The rate of formation of the total stock of phytomass reaches 80–120 g/m<sup>2</sup>·year in the first decades of the regeneration succession. The rate of formation of the humus horizon in newly formed soils exceeds



2 mm / year and begins to decrease after 20 years of soil formation. The obtained models can be used in predicting regeneration processes in post-settlement geosystems, monitoring them, in assessing environmental services and resource potential.

**Key words:** rural settlements, resettlement, post-settlement geosystems, ecological renaturation, ecological rehabilitation, restorative succession, soil reproduction

**Acknowledgments:** the work was supported by the RFBR project 18-05-00093 "Ecological and ekistics condition, ecological rehabilitation and balanced nature management strategies in the post-settlement territories of the Central Chernozem region"

**For citation:** Goleusov P.V., Chugunova N.V., Martsinevskaya L.V., Polshina M.A., Simon A.I. 2020. Spatial distribution and renaturation dynamics of post-settlement geosystems of the Central Black Earth Region. Regional geosystems. 44 (4): 462–473. DOI: 10.18413/2712-7443-2020-44-4-462-473

## Введение

Острота проблем сельской местности, трансформация ее расселения привели к повышению интереса к ним социальных географов (географов-обществоведов), им посвящен ряд интересных работ [Турун, 2013; Алексеев, Сафронов, 2015]. По мнению А.И. Алексеева, трансформация сети сельского расселения – лишь индикатор двух типов факторов: экзогенных, вызванных влиянием на сельскую местность внешних причин (урбанизации) и эндогенных, связанных с коренной трансформацией сельской местности (изменениями экономической основы села, его функций, ростом территориальной подвижности сельских жителей).

Широкую известность приобрели исследования взаимосвязей социальных и экономических изменений в сельской местности, процессов формирования контрастов между центрами, пригородами и периферией [Нефедова, 2013; Нефедова, Трейвиш, 2015].

Одним из существенных направлений исследований сельских территорий стало изучение процессов модернизации на селе. Переход от аграрного типа общества к индустриальному и постиндустриальному привел к уменьшению доли сельскохозяйственного производства в структуре экономики, численности сельских жителей [Шкерин, 2010], значимости несельскохозяйственных отраслей сельских территорий.

Монопольное положение агрохолдингов в производстве продукции животноводства в ряде областей [Лихневская и др., 2017], отсутствие диверсификации сельской экономики приводят к системной безработице, оттоку населения в города, деградации сельского расселения. Изменение роли и функций села вынуждает жителей искать новые формы занятости.

Центрально-Чернозёмный район, согласно итогам Всероссийской переписи населения, не является лидером по количеству заброшенных сельских населённых пунктов в Центральном Федеральном округе и среди других регионов России. Процессы деградации села здесь сдерживаются благоприятными природными условиями ведения сельского хозяйства, наличием развитых в годы существования СССР инфраструктуры и средств сельского хозяйства, «унаследованных» при распаде коллективных хозяйств фермерами, а также новым ростом сельскохозяйственного производства, осуществлённым уже в рамках нового технологического уклада.

Геосистемы заброшенных сельских поселений характеризуются интенсивным протеканием восстановительных процессов, являющихся составными частями экологической ренатuration [Голеусов, Лисецкий, 2009]. Особенности постселитебных сукцессий в фитоценологическом отношении исследованы [Миркин и др., 2006; Saifullina et al., 2008; Yamalov et al., 2008; Muchiru et al., 2009] сравнительно более полно, чем воспроизводство почв и их свойства [Santrůčková et al., 2020] в этих специфических геотопах. Имеющиеся исследования в России касаются преимущественно её бореальной зоны [Martynenko et al., 2019].

Актуальность данного исследования, с одной стороны, связана с необходимостью интегрального выявления и оценки неизбежных количественно-качественных изменений в пространственной организации расселения территорий Центрально-Черноземного района. С другой стороны, для прогнозирования естественного развития заброшенных поселений нужны надёжные эмпирические оценки ренатурационных процессов: формирования запасов фитомассы, воспроизводства почв и др.

### Объекты и методы исследования

Объектами нашего исследования являются система расселения Центрально-Черноземного района (Белгородская, Воронежская, Курская, Липецкая, Тамбовская области) и постселитебные геосистемы, находящиеся в трендах ренатурационного развития на хроносрезе  $n \cdot 10$  лет. Основная часть исследованных исчезающих населённых пунктов (ИНП) заброшена в период 1970–2000-х годов, т.е. имеет возраст регенерационных экосистем от 15 до 50 лет.

Путём анализа картографических баз открытого доступа (Яндекс.Карты, Google Maps, Bing Maps) нами были определены местоположения заброшенных поселений ЦЧР с визуальной дифференциацией по космическим снимкам на вымершие (без обрабатываемых участков земли – огородов, с зарастающими грунтовыми дорогами) и жилые (с единичными огородами и используемыми грунтовыми дорогами). Всего идентифицировано 1714 исчезающих сельских населённых пунктов, из них 1170 – вымерших, 544 – вымирающих. В итоге в программе MapInfo была построена картограмма распределения исчезающих сельских населённых пунктов (рис. 1).

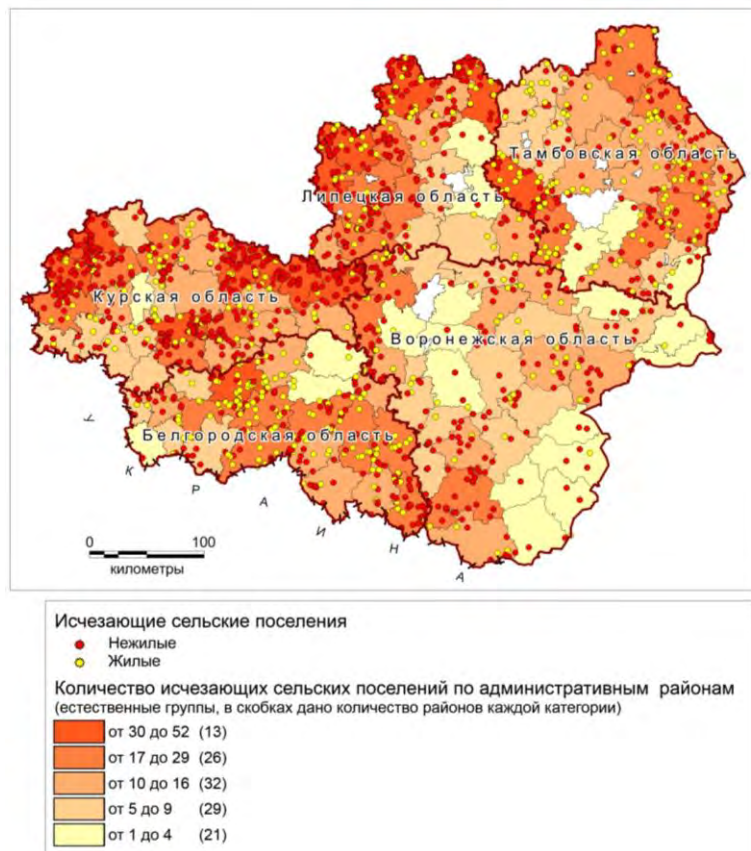


Рис. 1. Распределение картографически идентифицированных исчезающих сельских населённых пунктов в Центрально-Чернозёмном районе

Fig. 1. Distribution of cartographically identified endangered rural settlements in the Central Chernozem region

Для выявления закономерностей регенерационных процессов в постселитебных геосистемах в 2018–2019 гг. были проведены экспедиционные исследования заброшенных деревень во всех 5 областях ЦЧР. Всего обследовано 110 объектов. Полевые исследования включали описание фитоценозов (видовой состав, отбор проб фитомассы травянистых группировок методом укусов), новообразованных почв (описание профилей, отбор образцов для выполнения химических анализов).

По результатам анализа проб, отобранных в ходе экспедиционных исследований, сформированы ряды данных, описывающих важнейшие регенерационные процессы в постселитебных геосистемах. Нелинейное оценивание параметров математических моделей проведено с использованием программы Statistica, анализ моделей – с использованием программы MathCad.

### Результаты и обсуждение

Из рис. 1 следует, что муниципальные районы с наибольшим числом исчезающих сельских поселений занимают периферийное положение в регионах ЦЧР, причём в Курской и Липецкой областях – в большей степени на их северных окраинах. В ЦЧР регионом, имеющим наибольшее количество и плотность расположения исчезающих сельских населённых пунктов, является Курская область, в которой на 1 ИНП приходится в среднем 56 км<sup>2</sup>. В Воронежской области плотность распределения ИНП почти в 4 раза ниже, чем в Курской области (рис. 2).

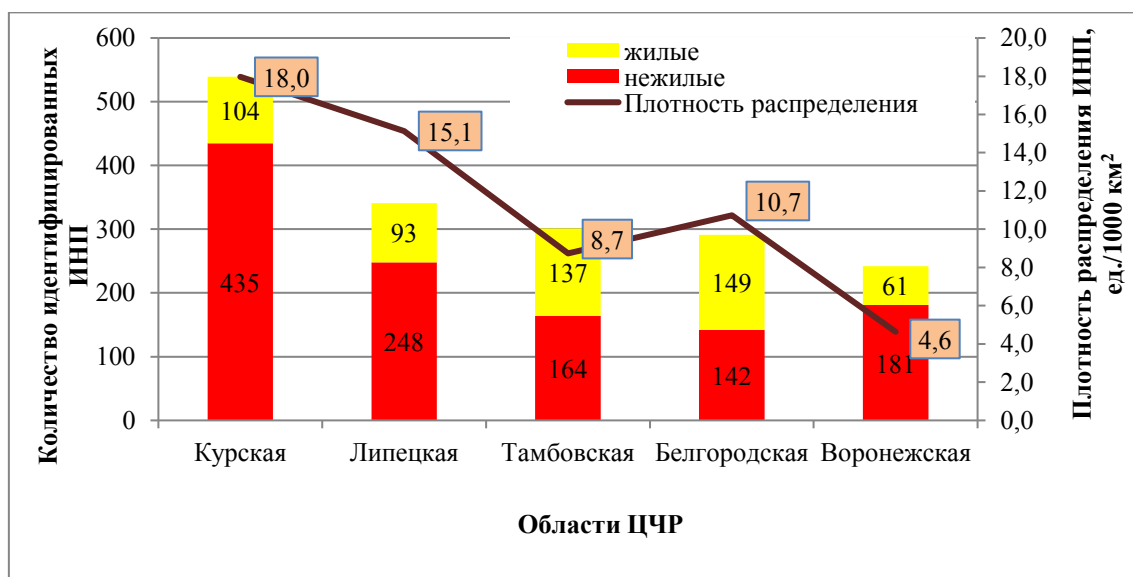


Рис. 2. Распределение идентифицированных ИНП по областям ЦЧР

Fig. 2. Distribution of identified endangered settlements by regions of the Central Chernozem Region

В ходе исследований растительности заброшенных поселений установлено, что наряду с повсеместными для ЦЧР сукцессионными сериями, контролируемым адвентивным видом *Acer negundo*, в Курской области на заброшенных сельхозугодьях распространены сукцессии, ведомые *Betula pendula*, в Тамбовской области – *Pinus sylvestris* (вследствие широкого распространения сосновых лесонасаждений) и *Populus tremula*. В Белгородской и Воронежской областях значительную конкуренцию *Acer negundo* составляют местный *Fraxinus excelsior* и адвентивный вид *Fraxinus pennsylvanica*.

В Тамбовской области описаны объекты, в которых по лесному направлению развивается не только фитоценоз, но и почвы, в которых происходит интенсивное выщелачивание карбонатов (при их наличии) и развитие оподзоливания (на песчаных субстратах), в



зависимости от литологического состава материнских пород. Однако основная часть постселитебных геосистем с лесными сукцессиями относится к «опушечному типу».

Кроме того, в Воронежской области в «лесостепных» районах, в которых преобладают сукцессии лесного типа, простимулированные посадкой садовых и адвентивных видов деревьев, обнаружены экосистемы со степным направлением сукцессий, что связано с продолжающимся антропогенным воздействием (выпас овец – 2 объекта и выжигание растительности + сенокосение – 1 объект).

Таким образом, в ходе экспедиционных исследований ренатурационных процессов в заброшенных сельских поселениях ЦЧР установлено, что основным направлением постселитебных сукцессий является лесное, простимулированное садовыми и декоративными посадками поселений, с деградацией культурных насаждений, с замещением их на монодоминантные группировки *Acer negundo* и последующим внедрением и конкуренцией с ним местных лесных видов (особенно активно замещение происходит после 50–60 лет сукцессии). Более раннее замещение антропогенных посадок на местные виды происходит только в лесных поселениях Тамбовской области и в некоторых опушечных поселениях остальных областей ЦЧР. Степное направление сукцессий характерно только для южных районов Белгородской (Ровеньский р-н) и Воронежской (Воробьевский, Богучарский р-ны) областей, где есть климатические и литологические предпосылки для существования степного климатического сообщества. В более северных районах, даже формально считающихся «степными», данное направление сукцессий возможно только при антропогенном воздействии (выпас, сенокосение, выжигание), угнетающем древесные виды.

Полученные данные о формировании надземной фитомассы травянистых группировок свидетельствуют о высоких темпах данного процесса: в исследованных экосистемах её запасы составили в среднем  $478,35 \pm 88,38$  г/м<sup>2</sup>. Несмотря на существенный разброс данных (коэффициент вариации 56,51 %), в связи с различием экологических условий, отмечено, что запасы надземной фитомассы травянистых группировок постселитебных экосистем достигли фонового уровня и даже превышают его в ряде случаев. Это позволяет использовать данный ресурс местным крестьянам для заготовки сена и выпаса скота, что зафиксировано нами во многих объектах. Такому быстрому формированию данного ресурса способствует как молодость экосистемы, так и повышенная обеспеченность экотопов биогенными элементами.

Полученные данные в целом соответствуют трендовой модели формирования запасов фитомассы, основанной на экспоненциальной функции вида  $Ft = Flim \cdot (1 - a \exp(-b \cdot t))$ . График функции представлен на рис. 3. При построении модели, наряду с данными исследований 2019 г., использованы собственные результаты, полученные ранее для посттехногенных экосистем карьерно-отвалных комплексов и беллигеративных ландшафтов в Белгородской области [Голеусов, 2012], а также данные, полученные другими исследователями для посттехногенных экосистем лесостепной зоны [Бурыкин, 1982; Трофимов и др., 1986; Титлянова и др., 1988; Титлянова и др., 1993; Подурец, 2011].

Эмпирические точки объектов с доминированием разнотравной растительности локализованы по верхней огибающей кривой, что свидетельствует о более высоком регенерационном потенциале постселитебных экосистем, по сравнению с посттехногенными. Однако, в ряде случаев, в условиях недостаточного увлажнения, при доминировании злаков, значения запасов фитомассы «отстают» от трендовых. В целом, высокий разброс точек приводит к невысокой оценке показателя аппроксимации ( $\eta = 0,4$ ). Это предполагает необходимость дифференцированного подхода к оценке динамических характеристик формирования надземной фитомассы травянистых группировок постселитебных экосистем.

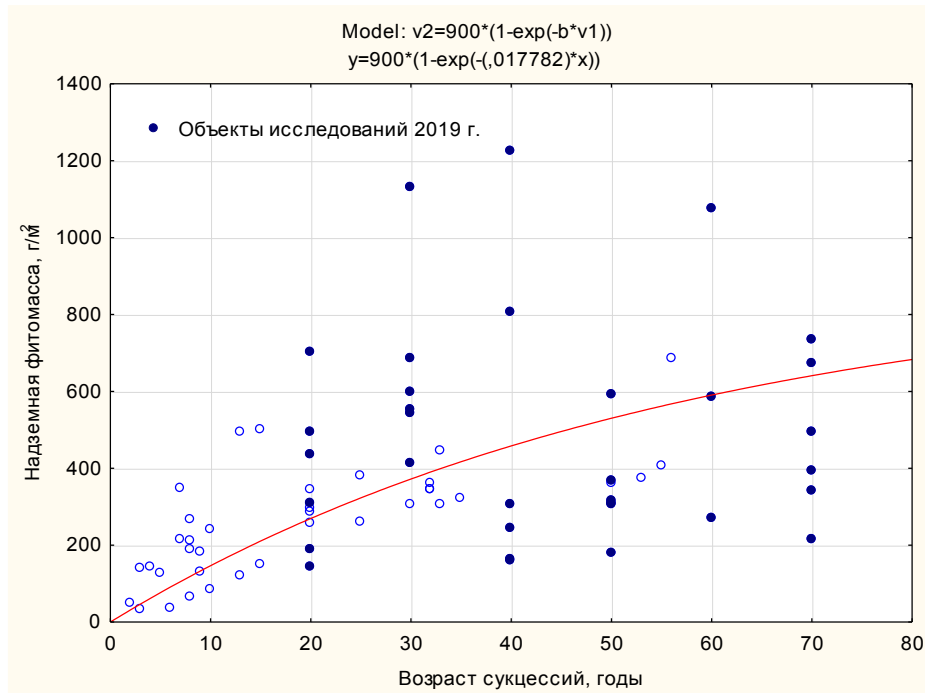


Рис. 3. Модель трендовой составляющей процесса формирования надземной фитомассы травянистых фитоценозов  
Fig. 3. Model of the trend component of the formation of the aboveground phytomass of herbaceous phytocenoses

Линейная скорость формирования общего запаса фитомассы достигает 80–120 г/м<sup>2</sup>·год в первые десятилетия регенерационной сукцессии. Средняя «мгновенная» скорость данного процесса уменьшается с возрастом растительных группировок, как это показано на графике первой производной полученной модели (рис. 4).

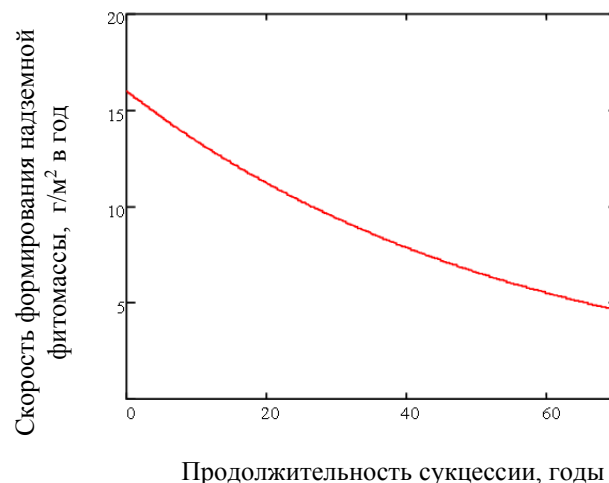


Рис. 4. Скорость формирования надземной фитомассы травянистых фитоценозов  
Fig. 4. The rate of formation of the aboveground phytomass of herbaceous phytocenoses

На основе полученных данных о мощности гумусового горизонта почв постселительных экосистем проведено определение параметров модели формирования данного признака во времени. В модель вида  $Ht = Hlim \cdot \exp(-\exp(a-b \cdot t))$  включено 97 объектов с возрастом почв 10–75 лет, образовавшихся на культурных слоях и развалинах со-



оружений. На рис. 5 представлен хроноряд роста мощности гумусового горизонта новообразованных почв заброшенных поселений, модель трендовой составляющей: в сравнении для постселитебных и посттехногенных геосистем, исследованных ранее [Голеусов, Лисецкий, 2009].

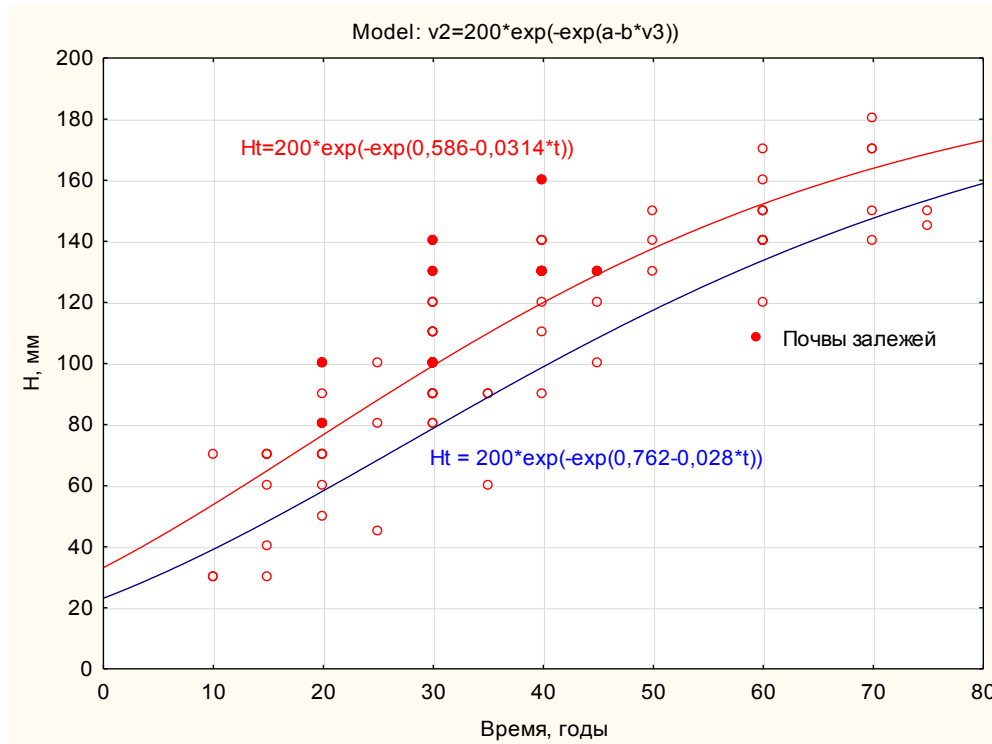


Рис. 5. Модель формирования гумусового горизонта почв постселитебных экосистем (красный цвет), в сравнении с моделью формирования почв посттехногенных ландшафтов (синий цвет)  
Fig. 5. Model of the humus horizon formation of soils in post-settlement ecosystems (red), in comparison with the model of the soil formation in post-technogenic landscapes (blue)

Установлено, что более высокой скоростью воспроизводства обладают почвы, формирующиеся на культурных слоях и в постагрогенных (аппликативных) вариантах почвообразования, что связано с более благоприятными эдафическими условиями. Менее интенсивно образуются почвы на развалинах сооружений – вследствие неблагоприятных субстратных свойств (вариант первичного воспроизводства), в частности, высокого содержания карбонатов, строительного мусора и т.п.

На рис. 6 представлены графики изменения во времени скорости формирования гумусовых горизонтов почв в постселитебных и посттехногенных геосистемах (по модели, полученной для них ранее [Голеусов, Лисецкий, 2009]). Заметно, что почвы постселитебных геосистем имеют несколько более высокие темпы воспроизводства по сравнению с посттехногенными почвами.

Аналогично получены данные о формировании запасов гумуса в новообразованных почвах постселитебных геосистем. Данный регенерационный процесс тесно взаимосвязан с предыдущим, однако характеризуется в целом высокими темпами в разных вариантах воспроизводства почв. Этому способствует локальный характер нарушений почвенного покрова, быстрое формирование экосистем, обеспечивающих высокий уровень поступления органического вещества в почву. Модель трендовой составляющей данного процесса также имеет сходный вид с ростом мощности гумусового горизонта (рис. 7).

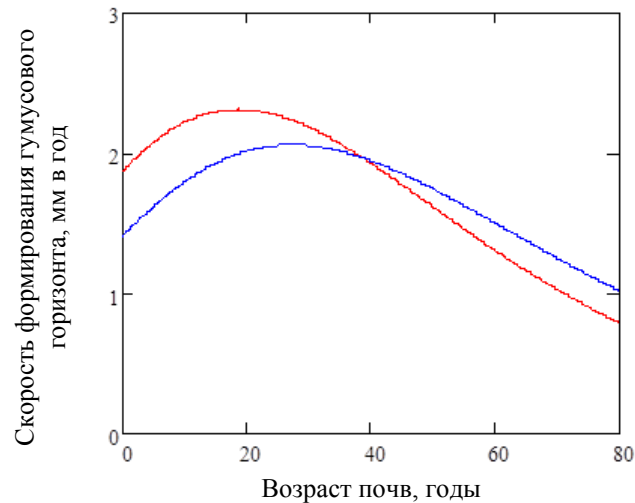


Рис. 6. Графики первых производных моделей формирования гумусовых горизонтов в постселитебных (красная линия) и посттехногенных (синяя линия) геосистемах  
Fig. 6. Graphs of the first derivative models of the formation of humus horizons in post-settlement (red line) and post-technogenic (blue line) geosystems

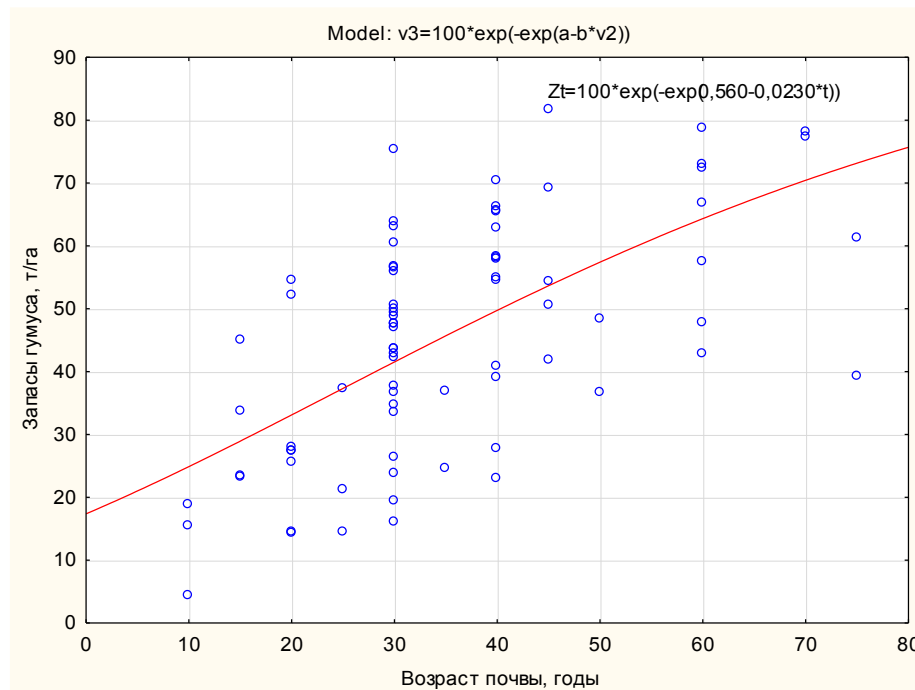


Рис. 7. Зависимость запасов гумуса в гумусовых горизонтах новообразованных почв заброшенных поселений от возраста почв  
Fig. 7. Dependence of humus reserves in the humus horizons of newly formed soils of abandoned settlements on soil age

На рис. 8 представлена скорость формирования запасов гумуса в почвах постсели-тебных геосистем.



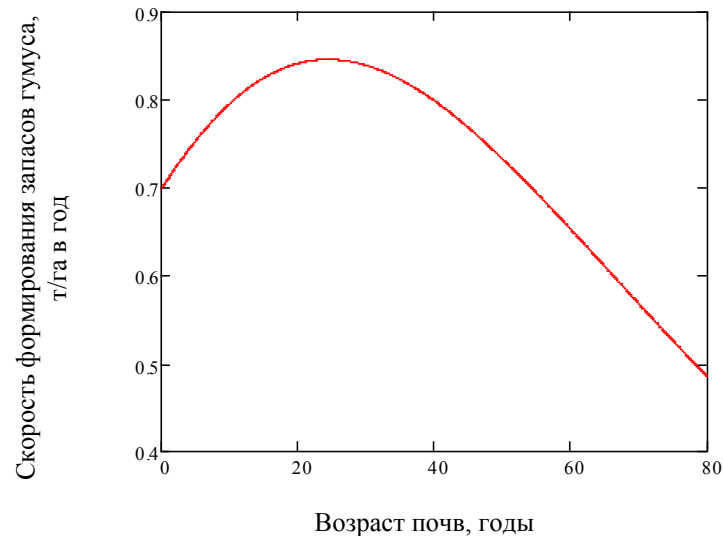


Рис. 8. Скорость формирования запасов гумуса в почвах постселитебных геосистем  
Fig. 8. The rate of humus reserves formation in soils of post-settlement geosystems

Установлено, что максимум скорости данного процесса, как и скорости формирования гумусового горизонта, характерен для почв с возрастом около 20 лет.

### Заключение

Исследования заброшенных населённых пунктов, проведённые на территории ЦЧР, показали, что Черноземье, хотя и характеризуется сходностью природной эволюции заброшенных поселений, но, тем не менее, имеет физико-географические различия данного процесса. В северных районах региона, на территории Курской, Липецкой и Тамбовской областей чаще проявляются лесные направления динамики растительных сообществ, в то время как на юго-востоке Белгородской области и в южных районах Воронежской области есть предпосылки формирования и степных сообществ. Однако практически везде естественное развитие с приобретением природного облика урочищами заброшенных деревень тормозится вследствие высокой степени обеспеченности их почв питательными элементами, накопленными в период существования поселений. На таких «удобренных» участках долго существуют сообщества, сформированные сорной растительностью, «пришлыми» и занесёнными человеком видами растений. Их постепенное замещение происходит в поселениях, заброшенных 50–60 лет назад. На огородах и особенно на деградированной пашне формирование естественного состава растительных сообществ происходит быстрее, а виды-«пришельцы» не получают такого распространения, как вблизи бывших построек.

Но если формирование природного облика на заброшенных поселениях происходит не слишком быстро, темпы формирования возобновимых ресурсов очень высоки: по запасам сена они уже догнали фоновые сообщества (4–5 т/га), а в ряде случаев существенно их превзошли (до 10 т/га). Местные крестьяне знают об этом и охотно используют территории бывших деревень для сенокосения.

Скорость формирования плодородного слоя почв тоже довольно велика – до 3–4 мм/год, причём она выше, чем, например, на отвалах горно-добывающей промышленности. Также интенсивно растут запасы гумуса – главного фактора плодородия почв Черноземья. Моделирование этих процессов показало: несмотря на то что основной «пик роста» возобновимых ресурсов экосистемами заброшенных деревень уже пройден, ещё не менее полувека они будут находиться в фазе быстрого роста, оставаясь «оазисами жизни» среди антропогенно преобразованных ландшафтов.



Полученные в исследовании математические модели регенерационных процессов в постселитебных геосистемах могут быть использованы в прогнозировании, мониторинге, в оценке экологических услуг и ресурсного потенциала этих объектов.

### Список источников

1. Итоги Всероссийской переписи населения 2010 г. Том 1. Численность и размещение населения. Раздел 1. Численность населения субъектов Российской Федерации по административно-территориальным единицам. Число районов, городских и сельских населенных пунктов по субъектам Российской Федерации. Электронный ресурс. URL: [https://rosstat.gov.ru/free\\_doc/new\\_site/perepis2010/croc/Documents/Vol1/pub-01-03.pdf](https://rosstat.gov.ru/free_doc/new_site/perepis2010/croc/Documents/Vol1/pub-01-03.pdf).

### Список литературы

1. Аверкиева К.В., Артоболевский С.С., Веденин Ю.А., Вендина О.И., Махрова А.Г., Неретин А.С., Нефедова Т.Г., Трейвиш А.И. 2015. Путешествие из Петербурга в Москву: 222 года спустя. М., ЛЕНАНД, 240 с.
2. Алексеев А.И., Сафронов С. Г. 2015. Изменение сельского расселения в России в конце XX – начале XXI века. Вестник Московского университета. Серия 5, География, 2: 66–76.
3. Бурькин А.М. 1982. Темпы эрозии и почвообразования в техногенных ландшафтах. В кн.: Восстановление и повышение плодородия земель техногенных ландшафтов (на примере КМА). Воронеж, Воронежский СХИ: 5–36.
4. Голеусов П.В., Лисецкий Ф.Н. 2009. Воспроизводство почв в антропогенно нарушенных ландшафтах лесостепи. М., ГЕОС, 210 с.
5. Голеусов П.В. 2012. Особенности воспроизводства ресурсных характеристик травянистых фитоценозов в антропогенно нарушенных экосистемах лесостепной зоны. Научные Ведомости БелГУ. Серия Естественные науки, 3 (112): 124–130.
6. Лихневская Н.В., Чугунова Н.В., Полякова Т.А., Комкова А.И. 2017. Агрохолдинги в Белгородской области: значение в экономике и жизнедеятельности населения сельских территорий. Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Экономика. Информатика, 2 (251): 5–15.
7. Миркин Б.М., Сайфуллина Н.М., Ямалов С.М. 2006. Модель ингибирования автогенной сукцессии восстановления растительности на месте заброшенных деревень в горно-лесной зоне Южного Урала. Известия Самарского научного центра Российской академии наук, 8 (2): 522–526.
8. Нефедова Т.Г. 2013. Десять актуальных вопросов о сельской России. Ответы географа. М., ЛЕНАНД, 456 с.
9. Подурец О.И. 2011. Связь динамики запасов растительного вещества с фазами посттехногенного почвообразования. Вестник Томского государственного университета, 346: 169–173.
10. Титлянова А.А., Афанасьев Н.А., Наумова Н.Б., Андриевский В.С., Артамонова В.С., Булавко Г.И., Гантимурова Н.И., Косинова Л.Ю., Косых Н.П., Миронычева-Токарева Н.П., Мордкович В.Г., Наумов А.В., Напрасникова Е.В., Половинко Г.П., Стебаева С.К., Якутин М.В. 1993. Сукцессии и биологический круговорот. Новосибирск, ВО «Наука», 157 с.
11. Титлянова А.А., Миронычева-Токарева Н.П., Наумова Н.Б. 1988. Круговорот углерода в травяных экосистемах при зарастании отвалов. Почвоведение, 7: 164–174.
12. Трофимов С.С., Наплекова Н.Н., Кандрашин Е.Р. 1986. Гумусообразование в техногенных экосистемах. Новосибирск, Наука, 164 с.
13. Турун П.П. 2013. Основные черты трансформации сельского расселения Ставропольского края в 1959-2010 гг. Вопросы географии, 135: 322–335.
14. Шкерин А.В. 2010. Современная модель глобализации и проблемы развития сельских территорий России. Вестник Нижегородского университета. Серия: Социальные науки, 33 (19): 100–108.
15. Martynenko I.A., Meshalkina J.L., Goncharuk N.Yu., Butylkina M.A., Bykova G.S. 2019. Topsoil bulk density of abandoned rural settlements of the Russian boreal zone. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 368 (1): 012032. URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/368/1/012032/pdf>.



16. Muchiru A.N., Western D., Reid R.S. 2009. The impact of abandoned pastoral settlements on plant and nutrient succession in an African savanna ecosystem. *Journal of Arid Environments*, 73: 322–331.
17. Saifullina N.M., Yamalov S.M., Shaikhislamova E.F., Mirkin B.M. 2008. Statistical analysis of progressive succession in the vegetation of abandoned villages in the mountain forest zone of Bashkortostan. *Russian Journal of Ecology*, 39 (5): 366–370.
18. Santručková M., Horák J., Fanta, V. 2020. Soil Chemistry to Support Old Map Analysis of the Built-up Area of an Abandoned Settlement. Case Study from the Romanian Banat. *Interdisciplinaria Archaeologica, Natural Sciences in Archaeology*, 11 (1): 103–115.
19. Yamalov S.M., Saifullina N.M., Mirkin B.M. 2008. Herbaceous vegetation of the abandoned settlements in the mountain-forest zone of Bashkortostan Republic. *Vegetation of Russia*, 12: 104–130.

## References

1. Averkieva K.V., Artobolevsky S.S., Vedenin Yu.A., Vendina O.I., Makhrova A.G., Razumovsky V.M., Tarkhov S.A., Nefedova T.G., Treivish A.I. 2015. The journey from St. Petersburg to Moscow: 222 years later. Moscow, LENAND, 240 p. (in Russian)
2. Alexeev A.I., Safronov S.G. 2015. Changes in rural settlement patterns in Russia during the late 20th – early 21st centuries. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 5, Geografiya*, 2: 66–76. (in Russian)
3. Burykin A.M. 1982. Tempy erozii i pochvoobrazovaniya v tekhnogennykh landshaftakh [Rates of erosion and soil formation in technogenic landscapes]. In: *Vosstanovleniye i povysheniye plodorodiya zemel tekhnogennykh landshaftov (na primere KMA) [Restoration and improvement of soil fertility in technogenic landscapes (for example, KMA)]*. Voronezh, Voronezh Agricultural Institute: 5–36.
4. Goleusov P.V., Lisetskiy F.N. 2009. Reproduction of soils in anthropogenically disturbed landscapes of the forest-steppe. Moscow, GEOS, 210 p. (in Russian)
5. Goleusov P.V. 2012. Features of reproduction of resource characteristics of grassy phytocoenoses in antropogenic disturbed ecosystems of a forest-steppe zone. *Belgorod State University Scientific Bulletin. Natural Sciences Series*, 3 (112): 124–130. (in Russian)
6. Likhnevskaya N.V., Chugunova N.V., Polyakova T.A., Komkova A.I. 2017. Agricultural holdings in the Belgorod Region: the value in the economy and living standards in rural areas. *Belgorod State University Scientific Bulletin. Economics. Information technologies*, 2 (251): 5–15. (in Russian)
7. Mirkin B.M., Saifullina N.M., Yamalov S.M. 2006. The inhibition-model of the autogenic succession of the abandon village's in the mountain-forest zone in South Urals. *Izvestia of Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences*, 8 (2): 522–526. (in Russian)
8. Nefedova T.G. 2013. Ten Topical Issues about Rural Russia. A Geographer's Viewpoint. Moscow, LENAND, 456 p. (in Russian)
9. Podurets O.I. 2011. Svyaz dinamiki zapasov rastitelnogo veshchestva s fazami postteknogenogo pochvoobrazovaniya [Relationship between the dynamics of plant matter reserves and the phases of post-technogenic soil formation]. *Tomsk State University Journals*, 346: 169–173.
10. Titlyanova A.A., Afanasyev N.A., Naumova N.B., Andrievsky V.S., Artamonova V.S., Bulavko G.I., Kosinova L.Yu., Kosykh N.P., Mironycheva-tokareva N.P., Mordkovich V.G., Naumov A.V., Naprasnikova E.V., Stebaeva S.K., Yakutin M.V. 1993. Succession and biological cycle. Novosibirsk, Science Siberian publishing firm, 157 p. (in Russian)
11. Titlyanova A.A., Mironycheva-Tokareva N.P., Naumova N.B. 1988. Carbon cycle in the developing grass ecosystems of earth excavation. *Eurasian Soil Science*, 7: 164–174. (in Russian)
12. Trofimov S.S., Naplekova N.N., Kandrashin E.R. 1986. Gumusooobrazovaniye v tekhnogennykh ekosistemakh [Humus formation in technogenic ecosystems]. Novosibirsk, Nauka, 164 p.
13. Turun P.P. 2013. Basic lines of transformation of rural settlement pattern in Stavropol krai during 1959–2010. *Questions of geography*, 135: 322–335. (in Russian)
14. Shkerin A.V. 2010. Modern model of globalization and problem of development of Russian rural areas. *Vestnik of Lobachevsky State University of Nizhni Novgorod. Series: Social Sciences*, 33 (19): 100–108. (in Russian)



15. Martynenko I.A., Meshalkina J.L., Goncharuk N.Yu., Butylkina M.A., Bykova G.S. 2019. Topsoil bulk density of abandoned rural settlements of the Russian boreal zone. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 368 (1): 012032. URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/368/1/012032/pdf>.
16. Muchiru A.N., Western D., Reid R.S. 2009. The impact of abandoned pastoral settlements on plant and nutrient succession in an African savanna ecosystem. Journal of Arid Environments, 73: 322–331.
17. Saifullina N.M., Yamalov S.M., Shaikhislamova E.F., Mirkin B.M. 2008. Statistical analysis of progressive succession in the vegetation of abandoned villages in the mountain forest zone of Bashkortostan. Russian Journal of Ecology, 39 (5): 366–370.
18. Santrůčková M., Horák J., Fanta, V. 2020. Soil Chemistry to Support Old Map Analysis of the Built-up Area of an Abandoned Settlement. Case Study from the Romanian Banat. Interdisciplinaria Archaeologica, Natural Sciences in Archaeology, 11 (1): 103–115.
19. Yamalov S.M., Saifullina N.M., Mirkin B.M. 2008. Herbaceous vegetation of the abandoned settlements in the mountain-forest zone of Bashkortostan Republic. Vegetation of Russia, 12: 104–130.

#### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

**Голеусов Павел Вячеславович**, доцент кафедры природопользования и земельного кадастра Белгородского государственного национального исследовательского университета, Белгород, Россия

**Чугунова Надежда Васильевна**, доцент кафедры природопользования и земельного кадастра Белгородского государственного национального исследовательского университета, Белгород, Россия

**Марциневская Лариса Владимировна**, доцент кафедры природопользования и земельного кадастра Белгородского государственного национального исследовательского университета, Белгород, Россия

**Польшина Марина Александровна**, доцент кафедры природопользования и земельного кадастра Белгородского государственного национального исследовательского университета, Белгород, Россия

**Симон Анна Игоревна**, аспирант кафедры географии и геоэкологии Белгородского государственного национального исследовательского университета, Белгород, Россия

#### INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**Pavel V. Goleusov**, associate professor, Department of Environmental Management and Land Cadastre, Belgorod State National Research University, Belgorod, Russia

**Nadezhda V. Chugunova**, associate professor, Department of Environmental Management and Land Cadastre, Belgorod State National Research University, Belgorod, Russia

**Larisa V. Martsinevskaya**, associate professor, Department of Environmental Management and Land Cadastre, Belgorod State National Research University, Belgorod, Russia

**Marina A. Polshina**, associate professor, Department of Environmental Management and Land Cadastre, Belgorod State National Research University, Belgorod, Russia

**Anna I. Simon**, post-graduate student, Department of Geography and Geoecology, Belgorod State National Research University, Belgorod, Russia



УДК 911.373.92:502.75  
DOI 10.18413/2712-7443-2020-44-4-474-482

## Роль постселитебных геосистем в восстановлении связности экологических сетей

**Артищев В.Е.**

Белгородская региональная общественная организация  
«Общество охотников и рыболовов»  
Россия, 308001, г. Белгород, ул. Белгородского полка, 33  
E-mail: wladimirArt@mail.ru

**Аннотация.** Зброшенне сельские поселения хуторского типа в Белгородской области расположены преимущественно в верхних звеньях гидрографических сетей. В настоящее время они представляют собой участки экологической ренатурации, становятся рефугиумами для диких видов. С помощью ГИС-технологий проведены расчёты, доказывающие, что при забрасывании сельских населённых пунктов уменьшается фрагментированность природных урочищ вследствие самоорганизации экосетей. Проектирование экосетей реабилитационного назначения на территориях, вышедших из интенсивного хозяйственного использования вследствие исчезновения сельских населённых пунктов, обеспечивает повышение связности и экологической устойчивости ландшафтов, в которых продолжается аграрное природопользование.

**Ключевые слова:** экологические сети, постселитебные геосистемы, фрагментация экосистем, экологическая ренатурация, Белгородская область, рефугиумы, экологическая компенсация.

**Благодарности:** работа выполнена при поддержке проекта РФФИ 18-05-00093 «Эколого-экистическое состояние, экологическая реабилитация и стратегии сбалансированного природопользования на постселитебных территориях Центрально-Чернозёмного региона».

**Для цитирования:** Артищев В.Е. 2020. Роль постселитебных геосистем в восстановлении связности природных экосетей. Региональные геосистемы, 44(4): 474–482. DOI: 10.18413/2712-7443-2020-44-4-474-482

---

## The role of post-settlement geosystems in restoring the connectivity of ecological networks

**Vladimir E. Artishchev**

Belgorod regional public organization "Society of hunters and fishermens"  
33 Belgorod Regiment St, Belgorod, 308001, Russia  
E-mail: wladimirArt@mail.ru

**Abstract.** The article discusses the phenomenon of restoration of the connectivity of natural ecosystems, disturbed in the past by settlement impact and maintenance of subsidiary farming. In the Belgorod region, abandoned rural settlements occupy an important environmental position: in the upper reaches of rivers. After being thrown, post-settlement geosystems are in the mode of ecological renaturation. Their ecotopes are attractive as refugia for wild species; they undergo successional changes aimed at the formation of communities of the zonal type. In this case, the forest direction of successions prevails. As a consequence, they contribute to the bridging of the “gaps” in ecological networks. Using geoinformation technologies, it has been shown that natural tracts formed on the site of abandoned settlements have less fragmentation compared to the agrarian and residential transformed landscape. Small areas are shrinking, and the average size of natural complexes increases. This fact justifies the possibility of using these territories as zones of environmental compensation. The studied phenomenon justifies the possibility of using these



territories as zones of environmental compensation. In the structure of the ecological framework of the territory, post-settlement geosystems can be considered as renaturation elements.

**Key words:** ecological networks, post-settlement geosystems, fragmentation of ecosystems, ecological renaturation, Belgorod region, refugia, ecological compensation.

**Acknowledgments:** the work was supported by the RFBR project 18-05-00093 "Ecological and ekistics condition, ecological rehabilitation and balanced nature management strategies in the post-settlement territories of the Central Chernozem region".

**For citation:** Artischev V.E. 2020. The role of post-settlement geosystems in the restoration of the connectivity of ecological networks. *Regional geosystems*, 44(4): 474–482. DOI: 10.18413/2712-7443-2020-44-4-474-482

---

---

## Введение

Антропогенные объекты инфраструктуры, селитебные территории и агроландшафты формируют очаги антропогенизации природной среды, иногда – труднопреодолимые барьеры для процессов биологической миграции, способствуют значительной фрагментации природных и квазиприродных ландшафтов. При этом из структуры земель экологического фонда исключаются не только участки с плакорным типом местности, но и элементы овражно-балочно-долинной сети (ОБДС), которая служит «последним прибежищем» для природных сообществ в районах интенсивного землепользования.

Как установлено ранее [Артищев, Голеусов, 2016], постселитебные геосистемы становятся рефугиумами дикой фауны, а растительность хотя и характеризуются обеднённым видовым составом и распространением сегетально-рудеральной и адвентивной флоры, но, тем не менее, формирует условия для активного депонирования углерода, накопления биомассы, являющейся хорошей кормовой базой. Деградирующие садовые насаждения привлекают крупных копытных, зайцев, хищных млекопитающих и птиц, других представителей охотничьей фауны, формируя ещё один вид ресурса. Охотники осведомлены о концентрации животных в заброшенных деревнях и активно используют эти урочища. Нами предложено использование заброшенных деревень для вольерного дичеразведения [Артищев, 2019].

Современные исследования фрагментированности природных территорий при помощи геоинформационных систем [Блакберн, Золотой, 2019] позволяют оценивать их перспективы использования как местообитание для определенных видов животных, а в дальнейшем выделять лесные и степные участки, пригодные для расширения ООПТ. Пространственный анализ фрагментированных участков [Блакберн, Золотой, 2020] помогает выявлять наиболее подходящие территории для включения их в экологическую сеть региона.

Оценка устойчивости ландшафтов [Гродзинский, 1993] и влияние сложности ландшафтной структуры на биоразнообразие – достаточно распространенная тема исследований [Wagner, Fortin, 2005; Duro et al., 2007; Fahrig et al., 2011], меньше внимания уделяется исследованиям миграционных возможностей экосетей [Coulon et al., 2008; Chirima et al., 2012], что является одной из первостепенных задач при планировании экологического каркаса территории [Блакберн, Калинихин, 2018].

В данной статье определены перспективы включения постселитебных земель в структуру экологического каркаса региона, благодаря их существенному влиянию на снижение фрагментированности территории.



## Объекты и методы исследования

В качестве объектов исследования выбраны наиболее типичные участки водосборов в разных ландшафтных условиях Белгородской области, с наличием постселитебных земель. В лесостепной зоне – бассейны рек Гостенка и Лозовая (Борисовский район Белгородской области), в степной – исток р. Луговая и приток р. Черная Калитва (Вейделевский район Белгородской области).

Для оценки фрагментированности угодий мы провели векторизацию космических снимков сервиса Яндекс.Карты, разрешением 3,03 м/пикс в программе MapInfo Professional 10.5. В результате нами были получены данные о категориях угодий исследуемой территории, а затем рассчитан индекс дробности и коэффициент ландшафтной раздробленности [Викторов, 1986] по следующим формулам:

1. Индекс дробности:

$$I_d = 100 \cdot \left( n / S_k \right) \quad (1)$$

где  $I_d$  – индекс дробности;  $n$  – количество выявленных объектов (контуров), ед.;  $S_k$  – площадь выявленных объектов, контуров, га.

Данный показатель характеризует условное количество контуров квазиприродных геотопов на единицу площади и свидетельствует о фрагментированности местообитаний: чем он выше, тем сильнее выражен данный процесс на рассматриваемой территории.

2. Коэффициент ландшафтной раздробленности:

$$K_{RL} = S_0 / S_l \cdot 100 \quad (2)$$

где  $K_{RL}$  – коэффициент ландшафтной раздробленности;  $S_0$  – средняя площадь контура, га;  $S_l$  – площадь, занимаемая ландшафтом, га.

Данная метрика характеризует среднюю площадь контура квазиприродного геотопа, которая приходится на единицу площади исследуемой территории. Чем этот показатель выше, тем более крупными выделами представлены участки с природным режимом функционирования.

## Результаты и обсуждение

Постселитебные геосистемы заброшенных населенных пунктов способствуют существенному увеличению площади естественных биотопов – всего по Белгородской области более 19 тыс. га. Для сравнения: площадь заповедного участка «Лес на Ворскле» с охранной зоной составляет 1038 га. Таким образом, участки, выведенные из интенсивного землепользования, существенно повышают естественную защищенность аграрно освоенной территории, фактически выполняя функцию воссоздания биосферно значимых квазиприродных зон экологической компенсации.

Нами была проведена оценка распространения экосистем, возникших в результате самозарастания постселитебных земель Борисовского и Вейделевского районов.

В бассейнах левых притоков р. Ворскла (лесостепные ландшафтные условия) участки с естественной растительностью в ОБДС, лесные массивы и лесные полосы, которые могут служить элементами экологического каркаса, составляют 20 % общей площади.

На рис. 1 представлен бассейн реки Гостёнка, он расположен на юго-западе Белгородской области в восточной части Борисовского района, в его составе – три заброшенных населенных пункта. Территория находится к западу от водораздельной возвышенности между реками Ворскла и Северский Донец и относится к бассейну Днепра. Возвышенная равнинная поверхность водосбора, расчлененная в широтном направлении долиной реки Гостёнка – приток реки Ворскла и густой овражно-балочной сетью, имеет волнисто-балочный характер [Антимонов, 1959].

Р. Гостёнка является типично равнинной рекой, характеризуется спокойным течением, значительной извилистостью русла. Меженный уровень стока формируют многочисленные родники, обеспечивая 20–30 % годового стока [Природные ресурсы..., 2005].

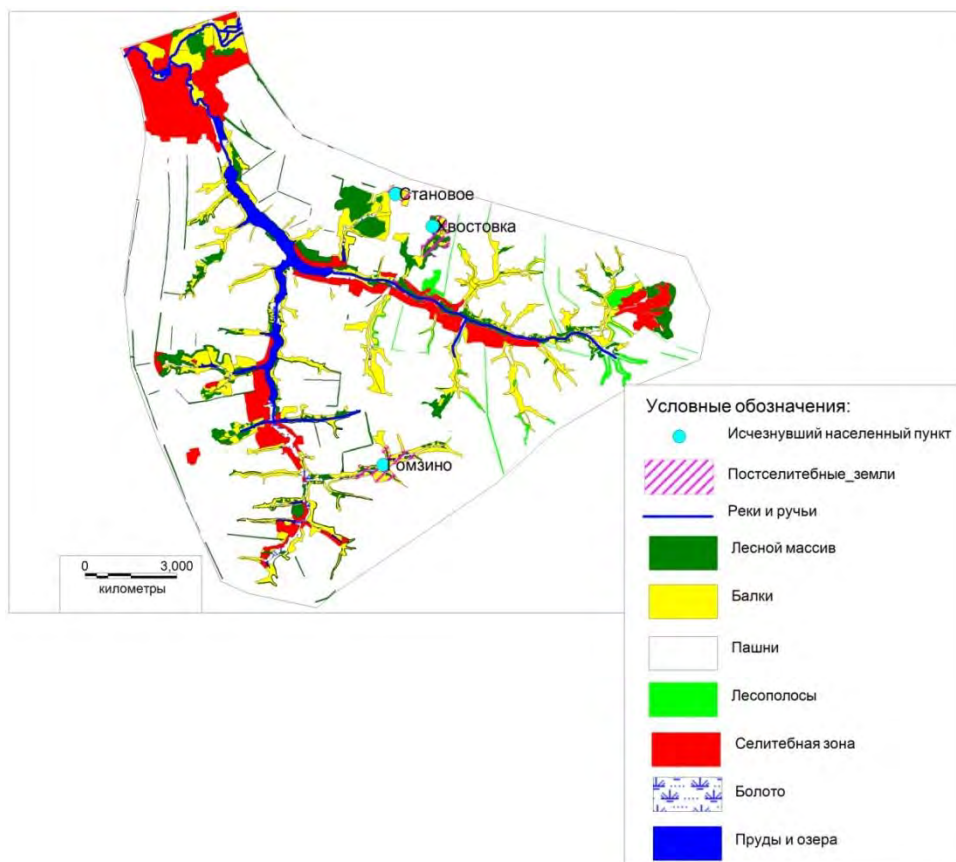


Рис. 1. Бассейн р. Гостёнка в Борисовском районе Белгородской области  
Fig. 1. River basin Gostenka in the Borisovskiy district of the Belgorod region

Леса на рассматриваемой территории представлены преимущественно небольшими по площади насаждениями и расположены островами, в основном, по балкам и оврагам, а также приовражными и придорожными лесополосами. Леса состоят преимущественно из широколиственных пород. Основными лесообразующими породами являются дуб черешчатый, клен, ясень, осина, тополь, липа, на пониженных участках – ольха. Подлесок состоит из лещины, бересклета, по опушкам растет шиповник, терн, боярышник, калина и другие виды кустарников [Дегтярь и др., 2016].

На рис. 2 представлен участок верховья реки Луговая в Вейделевском районе Белгородской области, где находится 5 заброшенных населенных пунктов. Рельеф равнинный, расчленен овражно-балочной сетью и носит в целом волнисто-балочный характер. Исток реки образован родниками, вытекающими из оврагов, балок, логов. Гидрологический режим территории определяется ручьями, протекающими по днищам балок, а также прудами и травяными болотами по пониженным днищам балок [Общегеографический региональный атлас..., 2000].

Большая часть степных участков обрабатывается под посевы сельскохозяйственных и технических культур. Преобладающими сельскохозяйственными культурами являются озимая и яровая пшеница, ячмень, соя, гречиха, горох, кукуруза, подсолнечник. На необрабатываемых степных участках, пастбищах, выгонах, сенокосах произрастает травяная растительность, свойственная зоне разнотравно-луговых степей. Здесь преобладают костер степной, полевица, типчак, полынь и др. [Природные ресурсы..., 2007]



Почвы отличаются большим содержанием гумуса, представлены черноземами типичными и выщелоченными. Они являются результатом степного типа почвообразования. Вне пахотных земель преобладает экстрazonальная растительность – луга, кустарники и опушки, водно-болотные сообщества, фитоценозы меловых обнажений.

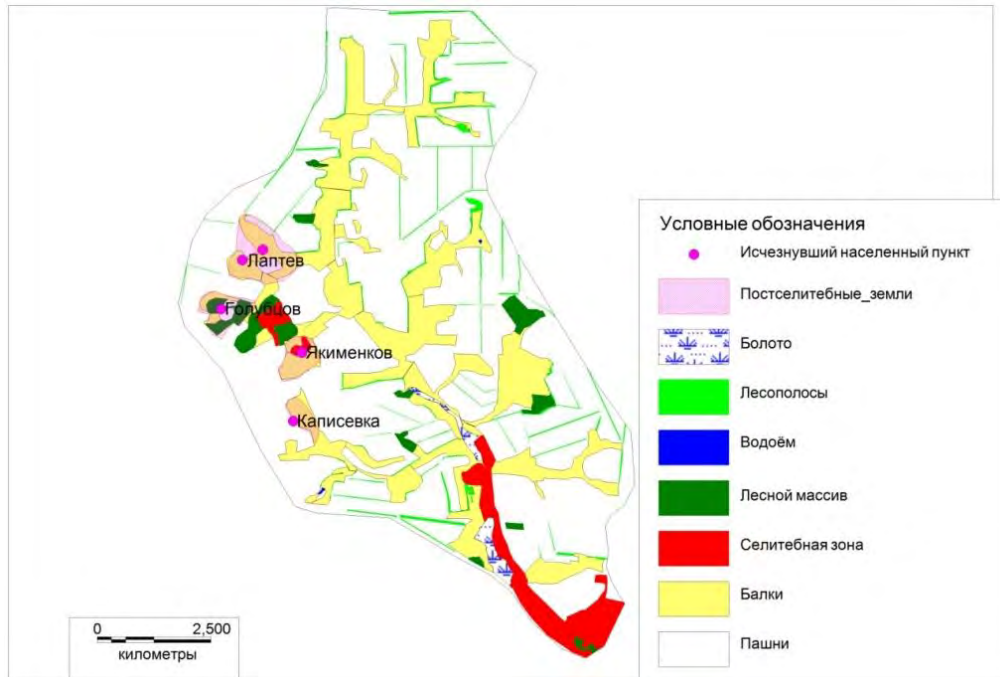


Рис. 2. Исток р. Луговая Вейделевского района Белгородской области

Fig. 2. The source of the river Lugovaya in the Veydelevsky district of the Belgorod region

На рис. 3 представлена территория северной части Вейделевского района – бассейн правого притока р. Черная Калитва, в него входят три участка постселитебных геосистем. Поверхность территории носит волнисто-балочный характер с наличием большого количества балок, оврагов, в настоящее время имеющих тенденцию к увеличению доли древесно-кустарниковой растительности. Почвенный покров представлен черноземами различного типа.

Большая часть степных участков на данной территории обрабатывается под посевы сельскохозяйственных и технических культур – озимая и яровая пшеница, ячмень, кукуруза, подсолнечник, соя, гречиха, горох. Из естественной растительности, где нет распашки, преобладают костер безостый, полевица, ковыль, типчак, полынь и др. Леса состоят в основном из широколиственных пород. Основными лесообразующими породами являются дуб черешчатый, клен, ясень, осина, тополь, липа. В водоемах береговую полосу образуют осока стройная, сусак зонтичный, стрелолист обыкновенный, поручейник широколистный, омежник водный. Мелководья зарастают тростником обыкновенным, рогозом широколистным, камышом озерным. Поверхность тихих речных заводей, стариц и мелководных пойменных прудов покрывается ковром из многокоренника обыкновенного, ряски трехдольной, водокраса лягушачьего, кубышки желтой, кувшинки белой [Чернявских и др., 2010].

Вследствие существенной антропогенной преобразованности рассматриваемых территорий, они в значительной степени потеряли зональный облик и незначительно различаются ландшафтными условиями. Общей чертой является мелкоконтурность природных геотопов. При этом территории бывших населённых пунктов приурочены к верхним звеньям ОБДС. В прошлом это приводило к разобщению природных экосистем

и способствовало усилению неблагоприятных процессов в речных бассейнах: эрозии почв и заилению родников, эвтрофикации рек, замещению зональной растительности на сегетально-рудеральные сообщества, внедрению адвентивной флоры, сокращению количества местообитаний дикой фауны и др. В настоящее время вследствие ренатурации этих геосистем [Голеусов, 2014] они становятся более привлекательными для дикой фауны и формируют экологические ниши для вселения дикорастущей флоры. На бывших сенокосах и пастбищах, а также на заброшенных огородах протекают демулационные сукцессии со всё большим участием видов, формирующих зональные климаксные сообщества. На начальном этапе постселитебных сукцессий экотопы заброшенных поселений, вероятно, выполняют в экологических сетях функцию экологических коридоров. Но в дальнейшем развитии, становясь рефугиумами, они даже в большей степени способствуют наращиванию численности диких видов, чем фоновые квазиприродные экосистемы. Именно поэтому предлагается рассматривать их как ренатурационные элементы экологических сетей [Голеусов, Артищев, 2018].

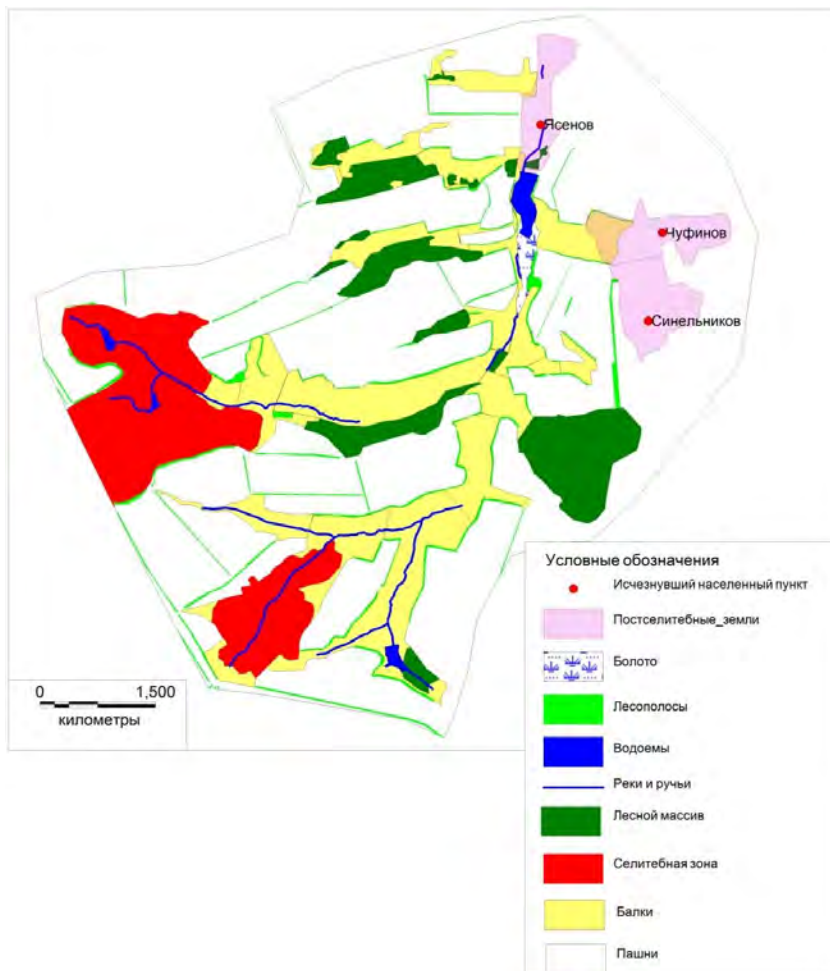


Рис. 3. Правый приток р. Черная Калитва Вейделевского района Белгородской области  
Fig. 3. Right tributary of the river Chernaya Kalitva in the Veydelevsky district of the Belgorod region

Результаты расчёта степени фрагментации модельных участков представлены в таблице.

Анализ исследуемых территорий показывает, что постселитебные геосистемы понижают индекс дробности современных ландшафтов примерно на 10 %, а коэффициент ландшафтной раздробленности увеличивается на 9 %. Число разобщённых мелких участков природных геотопов становится меньше, размеры их укрупняются. Таким образом,



постселитебные геосистемы, даже при небольших размерах в общей структуре ландшафта существенно повышают его целостность, а значит и устойчивость.

Таблица  
Table

Оценка фрагментированности экологических сетей малых рек с постселитебными геосистемами  
Assessment of the fragmentation of ecological networks of small rivers with post-settlement geosystems

Бассейн	Общая площадь, га	Площадь постселитебных геосистем, га	Индекс дробности			Коэффициент ландшафтной раздробленности		
			без постселитебных земель	с учетом постселитебных земель	изменение, %	без постселитебных земель	с учетом постселитебных земель	изменение, %
р. Гостёнка	20470	192,7	9,48	9,02	-4,8	0,23	0,26	+13,5
Исток р. Луговая	8017	325,0	2,13	2,01	-5,9	3,75	4,05	+7,3
Приток р. Черная Калитва	5299	252,4	2,58	2,28	-11,7	4,62	4,91	+6,0

### Заключение

Постселитебные геосистемы представляют собой довольно существенный резерв для наращивания площади природоподобных экосистем. Наибольшее природоохранное значение имеют постселитебные земли приречного типа местности. Расположение заброшенных населённых пунктов в речных долинах и лесное направление сукцессий позволяет рассматривать их как водоохранные ренатурационные элементы экологических сетей, являющиеся важными рефугиумами для дикой фауны. Создание охранных зон на постселитебных землях приречного типа местности позволит предотвратить развитие овражно-балочной эрозии, а также обеспечит экологическую реабилитацию местным природным сообществам после длительного антропогенного воздействия.

Постселитебные геотопы, наряду с охраняемыми территориями становятся ренатурационными элементами экологического каркаса, при отсутствии ООПТ – практически единственными на территориях интенсивного аграрного освоения. Зоны экологической компенсации (квазиприродные участки, выведенные из использования на деградированных землях, с комплексом биотехнических мероприятий) в каждом отдельном случае должны подвергаться тщательному анализу для определения их структурной принадлежности в экологическом каркасе территории. При недостатке более подходящих земель заброшенные сельские населённые пункты могут стать важным территориальным резервом для формирования ядер самоорганизации экологической сети региона. Их экологическая значимость определяется способностью повышать связность экосетей вследствие привлекательности для диких видов и высокой интенсивности регенерационных процессов.

### Список источников

1. Антимонов Н.А. 1959. Природа Белгородской области. Белгород, Белгородское книжное издательство, 240 с.
2. Гродзинський М.Д. 1993. Основи ландшафтної екології. Київ, Либідь, 224 с.
3. Общегеографический региональный атлас «Белгородская область». 2000. М., ЦВКЭФ. 49 с.
4. Природные ресурсы и окружающая среда Белгородской области. 2007. Под. ред. С.В. Лукина. Белгород. Белгор. гос ун-т, 556 с.



5. Природные ресурсы и экологическое состояние Белгородской области: атлас. 2005. Отв. ред. Лисецкий Ф.Н. Белгород. Белгор. гос ун-т, 179 с.

### Список литературы

1. Артищев В.Е., Голусов П.В. 2016. Постселитебные геосистемы Белгородской области: физико-географическая характеристика и перспективы экологической реабилитации. Успехи современного естествознания, 11-2: 334–338.
2. Артищев В.Е. 2019. Использование постселитебных геотопов для организации вольерного дичеразведения. Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Естественные науки, 43 (3): 294–306. DOI: 10.18413/2075-4671-2019-43-3-294-306
3. 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. DOI: 10.18413/2075-4671-2019-43-3-276-285
4. 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: 10.18413/2712-7443-2020-44-1-85-96
5. Блэкберн А.А., Калинихин О.Н. 2018. Оценка миграционного потенциала экологической сети Александровского района (Донецкой области). Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Естественные науки, 42 (2): 231–245. DOI: 10.18413/2075-4671-2018-42-2-231-245
6. Викторов А.С. 1986. Рисунок ландшафта. М., Мысль. 179 с.
7. Голусов П.В. 2014. Концепция ренатурации антропогенно нарушенных геосистем: методологические и прикладные аспекты. Фундаментальные исследования, 11-3: 556–564.
8. Голусов П.В., Артищев В.Е. 2018. Постселитебные геосистемы как ренатурационные элементы экологической сети Белгородской области. В кн.: Современные проблемы ландшафтоведения и геоэкологии. Материалы VI Международной научной конференции (к 100-летию со дня рождения профессора В.А. Дементьева). Под ред. А.Н. Витченко. Минск, Белорусский государственный университет: 116–119.
9. Дегтярь А.В., Григорьева О.И., Татаринцев Р.Ю. 2016. Экология Белогорья в цифрах. Белгород, Изд-во Константа, 122 с.
10. Чернявских В.И., Дегтярь О.В., Дегтярь А.В., Думачева Е.В. 2010. Растительный мир Белгородской области. Белгород, Белгородская областная типография, 472 с.
11. Chirima G.J., Owen-Smith N., Erasmus B.F.N. 2012. Changing distributions of larger ungulates in the Kruger National Park from ecological aerial survey data. Koedoe, 54 (1): 24–35.
12. Coulon A., Morellet N., Goulard M., Cargnelutti B., Angibault J.-M., Hewison A.J.M. 2008. Inferring the effects of landscape structure on roe deer (*Capreolus capreolus*) movements using a step selection function. Landscape Ecology, 23: 603–614.
13. Duro D.C., Coops N.C., Wulder M.A., Han T. 2007. Development of a large area biodiversity monitoring system driven by remote sensing. Progress in Physical Geography, 31: 235–260.
14. Fahrig L., Baudry J., Brotons L., Burel F.G., Crist T.O., Fuller R.J., Sirami C., Siriwardena G.M., Martin J. 2011. Functional landscape heterogeneity and animal biodiversity in agricultural landscapes. Ecology Letters, 14: 101–112.
15. Wagner H.H., Fortin M.J. 2005. Spatial analysis of landscapes: concepts and statistics. Ecology, 86: 1975–1987.

### References

1. Artischev V.E., Goleusov P.V. 2016. Abandoned settlements of Belgorod region: geographical characteristics and perspectives of environmental rehabilitation. Uspekhi sovremennogo yestestvoznaniya, 11-2: 334–338. (in Russian)
2. Artischev V.E. 2019. Use post-settlement geotopes to enclosure breeding of hunting animals. Belgorod State University Scientific Bulletin. Natural sciences, 43 (3): 294–306. (in Russian) DOI: 10.18413/2075-4671-2019-43-3-294-306



3. 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*, 43 (3): 276–285. (in Russian) DOI: 10.18413/2075-4671-2019-43-3-276-285
4. 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. (in Russian) DOI: 10.18413/2712-7443-2020-44-1-85-96
5. Blackburn A.A., Kalinikhin O.N. 2018. Assessment of the migration potential of the ecological network of the cities of Slavyansk and Kramatorsk (Donetsk region). *Belgorod State University Scientific Bulletin. Natural sciences*, 42 (2): 231–245. (in Russian) DOI: 10.18413/2075-4671-2018-42-2-231-245.
6. Viktorov A.S. 1986. *Risunok landshafta [Drawing of the landscape]*. Moscow, Publ. Mysl, 179 p.
7. Goleusov P.V. 2014. The concept of renaturation of anthropogenically disturbed geosystems: methodological and applied aspects. *The Fundamental Researches*, 11-3: 556–564. (in Russian)
8. Goleusov P.V., Artischev V.E. 2018. Postselitebnyye geosistemy kak renaturatsionnyye elementy ekologicheskoy seti Belgorodskoy oblasti [Post-residential geosystems as renaturation elements of the ecological network of the Belgorod region]. In: *Sovremennyye problemy landshaftovedeniya i geoeologii [Modern problems of landscape science and geocology]*. Materials of the VI International scientific conference (to the 100th anniversary of the birth of Professor V. A. Dementiev). Edited by A.N. Vitchenko. Minsk, Belorusskiy gosudarstvennyy universitet: 116–119.
9. Degtyar A.V., Grigorieva O.I., Tatarintsev R.Yu. 2016. *Ekologiya Belogoria v tsifrakh [Ecology of Belogorie in figures]*. Belgorod, Constanta Publ., 122 p.
10. Chernyavskikh V.I., Degtyar O.V., Degtyar A.V., Dumacheva E.V. 2010. *Rastitelnyy mir Belgorodskoy oblasti [The flora of the Belgorod region]*. Belgorod, Belgorodskaya oblastnaya tipografiya, 472 p.
11. Chirima G.J., Owen-Smith N., Erasmus B.F.N. 2012. Changing distributions of larger ungulates in the Kruger National Park from ecological aerial survey data. *Koedoe*, 54 (1): 24–35.
12. Coulon A., Morellet N., Goulard M., Cargnelutti B., Angibault J.-M., Hewison A.J.M. 2008. Inferring the effects of landscape structure on roe deer (*Capreolus capreolus*) movements using a step selection function. *Landscape Ecology*, 23: 603–614.
13. Duro D.C., Coops N.C., Wulder M.A., Han T. 2007. Development of a large area biodiversity monitoring system driven by remote sensing. *Progress in Physical Geography*, 31: 235–260.
14. Fahrig L., Baudry J., Brotons L., Burel F.G., Crist T.O., Fuller R.J., Sirami C., Siriwardena G.M., Martin J. 2011. Functional landscape heterogeneity and animal biodiversity in agricultural landscapes. *Ecology Letters*, 14: 101–112.
15. Wagner H.H., Fortin M.J. 2005. *Spatial analysis of landscapes: concepts and statistics*. *Ecology*, 86: 1975–1987.

#### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

**Артишев Владимир Егорович**, старший охотовед Белгородской региональной общественной организации «Общество охотников и рыболовов», г. Белгород, Россия

#### INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

**Vladimir E. Artischev**, senior hunter of the Belgorod regional public organization "Society of Hunters and Fishermen", Belgorod, Russia