



Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского»

# ИЗВЕСТИЯ САРАТОВСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

Новая серия

Серия **Науки о Земле, выпуск 4**

Продолжение «Известий Императорского Николаевского Университета» 1910–1918, «Ученых записок СГУ» 1923–1962,  
«Известий Саратовского университета. Новая серия» 2001–2004



Научный журнал  
2018 Том 18

ISSN 1819-7663 (Print)  
ISSN 2542-1921 (Online)

Издается с 2006 года

## СОДЕРЖАНИЕ

### Научный отдел

#### География

- Мячина К. В., Дубровская С. А.** Трансформация степных ландшафтов и проблемы рационального природопользования в условиях нефтегазодобычи 222
- Павлейчик В. М.** Устойчивость древесно-кустарниковых элементов степных экосистем к пирогенному фактору (на примере заповедного участка «Буртинская степь») 228
- Преображенский Ю. В., Романова А. Ю.** Изменение сетки экономических микрорайонов в Поволжском экономическом районе 234
- Пряхина С. И., Ормели Е. И.** Агроклиматическая характеристика сезонов года Саратовской области 243
- Сивохип Ж. Т.** Анализ факторов пространственной трансформации фонового природопользования в трансграничном бассейне реки Урал 248
- Уставщикова С. В.** Демографический аспект устойчивого развития Саратовского региона 255
- Шаповалов В. А.** Образование и развитие мощных конвективных облаков при различных характеристиках ветра в атмосфере 259

#### Геология

- Головин Б. А., Головин К. Б., Калинин М. В., Руднев С. А.** Литолого-петрофизическое моделирование нефтегазоносных резервуаров карбонатных отложений (на примере Северо-Лиманского месторождения) 265
- Медведев Е. И., Ивин В. В., Фатьянов И. И.** Геохимические данные по Нижнетаежному рудному узлу (Приморье) и зональность многометалльного оруденения 273
- Решетников М. В., Маджид Д. С. М., Шкодин С. Д., Юдин Н. Б., Добролюбов А. И.** Концентрация подвижных форм тяжелых металлов в почвах на территории Трофимовского нефтяного месторождения (Саратовская область) 278

Журнал включен в Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук (группы научных специальностей: 25.00.00 – науки о Земле)

Зарегистрировано в Федеральной службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций.

Свидетельство о регистрации СМИ ПИ № ФС77-56167 от 15 ноября 2013 года

Индекс издания в объединенном каталоге «Пресса России» 36010, раздел 30 «Научно-технические издания. Известия РАН. Известия вузов». Журнал выходит 4 раза в год

#### Директор издательства

Бучко Ирина Юрьевна

#### Редактор

Малютина Елена Анатольевна

#### Художник

Соколов Дмитрий Валерьевич

#### Редактор-стилист

Кочкаева Инна Анатольевна

#### Верстка

Степанова Наталия Ивановна

#### Технический редактор

Каргин Игорь Анатольевич

#### Корректор

Крылова Елена Борисовна

#### Адрес учредителя, издателя и издательства:

410012, Саратов, ул. Астраханская, 83

Тел.: (845-2) 51-45-49, 52-26-89

E-mail: izvestiya@sgu.ru

Подписано в печать 30.11.18.

Формат 60x84 1/8.

Усл. печ. л. 8,37 (9,0).

Тираж 500 экз. Заказ 157-Т.

Отпечатано в типографии Саратовского университета.

#### Адрес типографии:

410012, Саратов, Б. Казачья, 112А

© Саратовский университет, 2018



## ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ

Журнал «Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия Науки о Земле» принимает к публикации на русском языке общетеоретические, методические, дискуссионные, критические статьи, результаты исследований в области наук о Земле, краткие сообщения и рецензии, а также хронику и информацию.

Объем публикуемой статьи не должен превышать 16 страниц, 5 рисунков и 4 таблиц.

Статья должна быть аккуратно оформлена и тщательно отредактирована.

Последовательность предоставления материала:

– на русском языке: индекс УДК, название статьи, инициалы и фамилии авторов, сведения об авторах (ученая степень, должность и место работы, e-mail), аннотация, ключевые слова, текст статьи, благодарности, ссылки на гранты, библиографический список;

– на английском языке: название статьи, инициалы и фамилии авторов, место работы (вуз, почтовый адрес), e-mail, аннотация, ключевые слова.

Отдельным файлом приводятся сведения о статье: раздел журнала, УДК, авторы и название статьи (на русском и английском языках); сведения об авторах: фамилия, имя и отчество (полностью), e-mail, телефон (для ответственного за переписку обязательно указать сотовый или домашний). Если название статьи слишком длинное, то для колонтитула следует привести его краткий вариант.

Иллюстрации и таблицы должны быть представлены отдельным файлом в формате jpg, tiff, cdr, bmp, разрешением не меньше 300 dpi. Рисунки должны быть представлены в черно-белом виде.

Все материалы предоставляются как в бумажном, так и электронном виде.

Требования к аннотации и библиографическому списку:

– аннотация должна отражать основную суть публикации; оптимальный объем 500–600 знаков;

– в библиографическом списке должны быть указаны только процитированные в статье работы; ссылки на неопубликованные работы не допускаются.

Более подробная информация о правилах оформления статей, образцы оформления различных источников приведены вместе со стилевым файлом по адресу: [www.geo.sgu.ru](http://www.geo.sgu.ru).

Датой поступления статьи считается дата поступления ее окончательного варианта. Возвращенная на доработку статья должна быть прислана в редакцию не позднее чем через три месяца. Возвращение статьи на доработку не означает, что статья будет опубликована, после переработки она вновь будет рецензироваться.

Материалы, отклоненные редколлегией, не возвращаются.

Адреса для переписки с редколлегией серии: [farik26@yandex.ru](mailto:farik26@yandex.ru); 410012, г. Саратов, ул. Астраханская, 83, географический факультет, ответственному секретарю журнала «Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия Науки о Земле».

## CONTENTS

### Scientific Part

#### Geography

**Myachina K. V., Dubrovskaya S. A.** The Transformation of the Steppe Landscapes and the Problems of Environmental Management in Conditions of Oil and Gas Production 222

**Pavleychik V. M.** Stability of Woody and Shrubby Elements of Steppe Ecosystems to Pyrogenic Factor (on the Example of the Reserved Area «Burtinskaya Steppe») 228

**Preobrazhenskiy Yu. V., Romanova A. Yu.** Change of the Economic Districts Grid in the Volga Economic Region 234

**Pryakhina S. I., Ormeli E. I.** Agroclimatic Characterisation of the Seasons of the Year in Saratov Region 243

**Sivokhip Zh. T.** Analysis of the Factors of Spatial Transformation of Ground Land Use in the Trans-Boundary Basin of the Ural River 248

**Ustavshchikova S. V.** Demographic Aspect of Saratov Region Sustainable Development 255

**Shapovalov V. A.** Formation and Development of Powerful Convective Clouds with Different Characteristics of Wind in the Atmosphere 259

#### Geology

**Golovin B. A., Golovin K. B., Kalinnikova M. V., Rudnev S. A.** Lithological and Petrophysical Modeling of Oil and Gas Reservoirs of Carbonate Deposits (on the Example of the Severo-Limanskoye Oil Field) 265

**Medvedev E. I., Ivin V. V., Fatyanov I. I.** Geochemical Data on Lower-Taiga Ore Cluster (Primorye) and Zonation of Multimetal Mineralization 273

**Reshetnikov M. V., Majeed D. S. M., Shkodin S. D., Iudin N. B., Dobrolubov A. I.** Concentration of Mobile Forms of Heavy Metals in Soils in the Territory of Trophimovsk Oil Field (Saratov Region) 278



**РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ ЖУРНАЛА  
«ИЗВЕСТИЯ САРАТОВСКОГО УНИВЕРСИТЕТА. НОВАЯ СЕРИЯ.  
СЕРИЯ: НАУКИ О ЗЕМЛЕ»**

**Главный редактор**

Макаров Владимир Зиновьевич, доктор геогр. наук, профессор (Саратов, Россия)

**Заместитель главного редактора**

Первушов Евгений Михайлович, доктор геол.-минерал. наук, профессор (Саратов, Россия)

**Ответственный секретарь**

Молочко Анна Вячеславовна, кандидат геогр. наук (Саратов, Россия)

**Члены редакционной коллегии:**

Валашик Иренеуш, действительный член Польской академии наук, профессор факультета Геологии Варшавского университета (Варшава, Польша)

Гужиков Андрей Юрьевич, доктор геол.-минерал. наук, профессор кафедры общей геологии и полезных ископаемых Саратовского национального исследовательского государственного университета имени Н. Г. Чернышевского (Саратов, Россия)

Диденко Алексей Николаевич, доктор геол.-минерал. наук, член-корреспондент РАН, директор ФГБУН Института тектоники и геофизики имени Ю. А. Косыгина ДВО РАН (Хабаровск, Россия)

Коробов Александр Дмитриевич, доктор геол.-минерал. наук, профессор, заведующий кафедрой геологии и геохимии горючих ископаемых Саратовского национального исследовательского государственного университета имени Н. Г. Чернышевского (Саратов, Россия)

Семенов Юрий Михайлович, доктор геогр. наук, профессор, главный научный сотрудник Института географии им. В. Б. Сочавы СО РАН (Иркутск, Россия)

Хоецян Ашот Владимирович, доктор геогр. наук, профессор, заведующий кафедрой географии и методики ее преподавания Армянского государственного педагогического университета имени Х. Абовяна (Ереван, Армения)

Шурыгин Борис Николаевич, доктор геол.-минерал. наук, член-корреспондент РАН, заведующий лабораторией палеонтологии и стратиграфии мезозоя и кайнозоя Института нефтегазовой геологии и геофизики имени А. А. Трофимука СО РАН (Новосибирск, Россия)

**EDITORIAL BOARD OF THE JOURNAL  
«IZVESTIYA OF SARATOV UNIVERSITY. NEW SERIES.  
SERIES: EARTH SCIENCES»**

**Editor-in-Chief** – Vladimir Z. Makarov (Saratov, Russia)

**Deputy Editor-in-Chief** – Evgeniy M. Pervushov (Saratov, Russia)

**Executive Secretary** – Anna V. Molochko (Saratov, Russia)

**Members of the Editorial Board:**

Ireneusz P. Walaszczyk (Warsaw, Poland)

Andrey Yu. Guzhikov (Saratov, Russia)

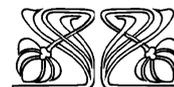
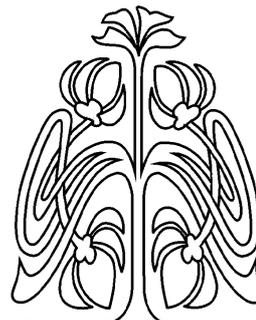
Aleksey N. Didenko (Khabarovsk, Russia)

Aleksandr D. Korobov (Saratov, Russia)

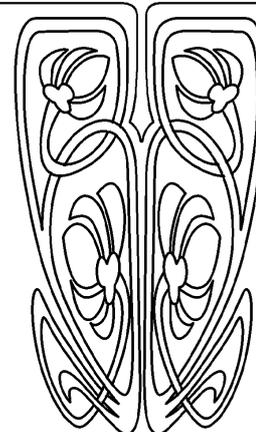
Yuriy M. Semenov (Irkutsk, Russia)

Ashot V. Khoetsyan (Erevan, Armenia)

Boris N. Shurygin (Novosibirsk, Russia)



**РЕДАКЦИОННАЯ  
КОЛЛЕГИЯ**





## ГЕОГРАФИЯ

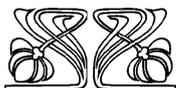
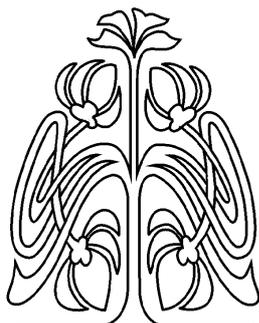
УДК 502.1:502.5:504.61:528.85:528.87

### ТРАНСФОРМАЦИЯ СТЕПНЫХ ЛАНДШАФТОВ И ПРОБЛЕМЫ РАЦИОНАЛЬНОГО ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ В УСЛОВИЯХ НЕФТЕГАЗОДОБЫЧИ

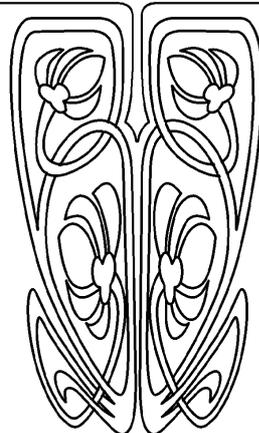
К. В. Мячина, С. А. Дубровская

Мячина Ксения Викторовна, кандидат географических наук, старший научный сотрудник отдела ландшафтной экологии, Институт степи УрО РАН, Оренбург, mavicsen@list.ru

Дубровская Светлана Александровна, кандидат географических наук, научный сотрудник отдела степеведения и природопользования, Институт степи УрО РАН, Оренбург, skaverina@bk.ru



НАУЧНЫЙ  
ОТДЕЛ



Приводятся результаты анализа геоэкологического состояния степных ландшафтов нефтегазовых месторождений Волго-Уральской нефтегазоносной провинции. В качестве ключевых участков использовались полигоны площадью 100 км<sup>2</sup> каждый. Выполнена оцифровка площадок размещения объектов нефтегазопромыслов и дорожно-транспортной сети. Показано, что наиболее масштабными и распространенными являются нарушения почвенно-растительного покрова, происходящие в результате внедрения и функционирования площадных и линейных объектов инфраструктуры месторождений. Выявлено, что значительное количество объектов на участках исследования размещено в малопригодных с точки зрения ландшафтно-морфологических условий зонах. Распространенным нарушением, способным вызвать отдаленные критические последствия, также является размещение объектов вблизи водотоков.

**Ключевые слова:** степная зона, нефтегазодобыча, трансформация ландшафтов, нарушенные земли, размещение объектов нефтегазопромыслов, рациональное природопользование.

#### The Transformation of the Steppe Landscapes and the Problems of Environmental Management in Conditions of Oil and Gas Production

K. V. Myachina, S. A. Dubrovskaya

Ksenya V. Myachina, <https://orcid.org/0000-0001-5190-1421>, Institute of Steppe Ural Branch RAS, 11, Pionerskaya Str., Orenburg, 460000, Russia, mavicsen@list.ru

Svetlana A. Dubrovskaya, <https://orcid.org/0000-6401-2018> Institute of Steppe Ural Branch RAS, 11, Pionerskaya Str., Orenburg, 460000, Russia, skaverina@bk.ru

The article presents the results of the geo-ecological state analysis of steppe landscapes of oil and gas fields within the Volga-Ural oil and gas province. As a key parcel were selected polygons with an area of around 100 sq. km each. The digitization of key sites of oil and gas objects location and road transport network has been executed. It has been shown that the most large-scale and widespread changes are disturbances of soil and vegetation cover, which occur as a result of the introduction and operation of the area and linear infrastructure of fields. It has been revealed that significant amount of oil and gas objects in the area of research are located in the unsuitable areas from the point of view of landscape-morphological conditions. Common violation that can cause long-term critical consequences is also the placement of objects near watercourses.

**Key words:** steppe zone, oil and gas production, transformation of landscapes, disturbed lands, location of oil and gas field objects, rational use of natural resources.

DOI: <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2018-18-4-222-227>



## Введение

В процессе природопользования природные системы частично или полностью трансформируются, что приводит к серьезным экологическим и социально-экономическим последствиям для регионов. Для поддержания продуктивного и безопасного функционирования любой системы, включающей природные ландшафты и антропогенные объекты, в первую очередь должны анализироваться наиболее распространенные и масштабные нарушения и процессы, проявляющиеся в ходе определенного вида природопользования. Подобная информация необходима для корректировки принципов рационального использования ландшафтных ресурсов.

Одной из основных зон суши, представленной практически на всех континентах, наиболее освоенной в хозяйственном отношении и характеризующейся обострением экологических проблем, является зона степей. Недропользование, в частности добыча нефти и газа, наряду с агропромышленным производством является одним из ключевых агентов влияния на ландшафты степных территорий, в том числе и степную зону Волго-Уральской нефтегазоносной провинции. В то же время нефть и газ являются важнейшими ресурсами, добыча которых необходима и правомерна. В Урало-Заволжском регионе продолжается развитие нефтегазодобычи, однако остаются слабоизученными вопросы выделения закономерностей и масштабов происходящих структурных изменений степных ландшафтов. Подобный пробел отнюдь не способствует корректировке существующих и/или доработке новых принципов рационального природопользования, учитывающих специфические особенности степной зоны и лимитирующие факторы воздействия на полусухие ландшафты.

Добыча углеводородного сырья остается одной из основных причин обострения экологических проблем в регионах, характеризующихся развитой сетью нефтегазодобывающего производства. Проблема оптимизации природопользования в границах техногенных ландшафтов нефтегазовых месторождений является особенно актуальной для малоустойчивых полусухих экосистем [1–5].

В статье предлагаются методика выявления и анализ наиболее выраженных последствий функционирования нефтегазовых месторождений, расположенных в степной зоне Волго-Уральской нефтегазоносной провинции, в административном отношении включающей месторождения Волгоградской, Самарской, Саратовской и Оренбургской областей (рисунок).

## Объекты и методы

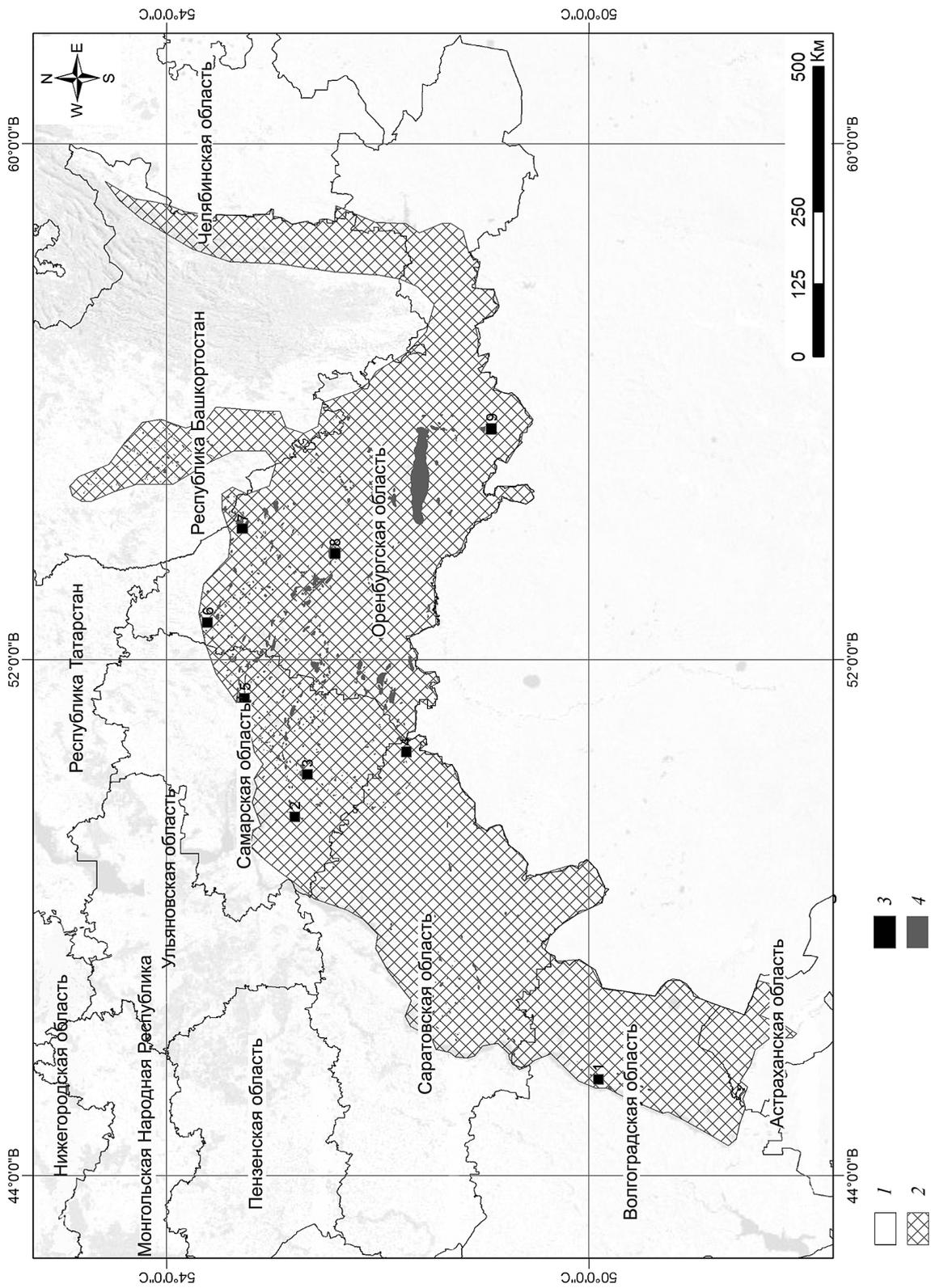
Нефтегазодобыча является наиболее существенным фактором техногенного преобразования

заволжско-уральских степей наряду с сельскохозяйственным освоением [6, 7]. Современная российская степная зона в большинстве своем представлена ландшафтами, так или иначе измененными сельскохозяйственной деятельностью. Однако внедрение в эти структуры объектов нефтегазовых месторождений способно нарушить существующий баланс и оказать негативное влияние на их дальнейшее функционирование.

В качестве ключевых участков исследований в границах Заволжско-Уральской степи методом моделирования случайно распределенных точек выбраны девять полигонов площадью около 100 км<sup>2</sup> каждый (10х10 км) (см. рисунок). В ходе многолетних полевых исследований степных ландшафтов в границах месторождений нефти и газа авторами было выявлено, что наиболее масштабными и выраженными последствиями являются механические повреждения почвенно-растительного покрова. Распространенными нарушениями, способными вызвать отдаленные критические последствия, являются также размещение объектов вблизи водотоков и осуществление активности, инициирующей эрозионные процессы.

Для исключения возникновения зон разбалансирования экосистем [4] при планировании хозяйственной деятельности в полусухих ландшафтах должны быть учтены такие характеристики, как малая влажность территории на фоне полусухого климата и преобладание низкорослой (травянистой) растительности. Указанные особенности формируют специфические требования к охране степных ландшафтов: повышенное внимание следует уделять защите от химических и механических загрязнений водотоков и максимальному сохранению травянистого растительного покрова, являющегося основным источником кислорода, поглотителем атмосферного углерода, а также основной средой обитания степной фауны. Кроме того, полусухие земли отличаются повышенной эрозионной опасностью, и лишь хорошо задернованные верхние горизонты почв противостоят активному развитию водных и ветровых эрозионных процессов [3, 8]. Большинство исследователей сходятся во мнении, что растительность является одним из немногих природных факторов, препятствующих развитию эрозии, в то время как из всех характеристик рельефа наибольшее влияние на возникновение эрозии оказывает уклон поверхности [8, 9]. Как правило, к эрозионноопасным относят земли с уклоном более 3°, хотя, например, Г. Л. Щепаченко предлагает включать в эту категорию территории с уклоном более 1° [8]. В то же время при полном отсутствии уклона возможны локальная аккумуляция загрязнителей и их просачивание в подземные воды.

На основе полевых исследований, а также путем обработки аэро- и космических снимков высокого пространственного разрешения, предо-



Территория исследования: 1 – границы административных районов российской территории; 2 – степная зона Волго-Уральской нефтегазоносной провинции; 3 – ключевые участки исследования; 4 – ареалы нефтегазовых месторождений (на основе данных Федерального агентства по недропользованию «Роснедра»)



ставляемых ESRI посредством ArcGIS 10.2, для ключевых участков исследования выполнена оцифровка полигонов размещения объектов нефтегазопромыслов и дорожно-транспортной сети. Рассчитана общая длина и средняя ширина как специализированных дорог, призванных соединять объекты месторождений, так и дорог общего пользования, высчитана средняя площадь полигонов размещения объектов месторождений. Результаты отображены в таблице.

Для определения количества полигонов, находящихся вблизи водных объектов, были выявлены водотоки ключевых участков, а также произведена их оцифровка. Для каждого водотока выделена буферная зона шириной 500 м, для которой высчитано количество размещенных в ее пределах объектов. Такая ширина водоохранной зоны выбрана на основе наших наблюдений, данных других исследователей [9], а также положения СНиП 2.04.02–84 [10], согласно которому для равнинных территорий именно это расстояние считается относительно безопасным и предупреждающим попадание загрязняющих веществ в водоем.

Далее авторами данной статьи анализировалось количество полигонов, размещенных в пределах территорий с уклоном рельефа более 3°. Анализ выполнялся на основе цифровых моделей рельефа SRTM3 (размещены в свободном доступе на сайте геологической службы США (USGS)). Данные SRTM были перепроецированы в метрическую систему координат, после чего с помощью инструментов Spatial Analyst выделены территории с искомым уклоном. Полученные результаты иллюстрирует таблица.

### Результаты и их обсуждение

Как видно из таблицы, поврежденный инфраструктурой месторождений ландшафтный покров может составлять до 5% от общей площади

ключевых участков. При этом суммарная площадь повреждений зависит не только от количества объектов, но и от размера полигонов размещения. В ходе полевых исследований выявлено, что часто поврежденные земли расширяются за счет прилегающих участков, изначально не запланированных к использованию, но страдающих в результате бесхозяйственного отношения. Например, вклад специализированных нефтегазовых дорог в общую плотность дорожно-транспортной сети территорий составляет от 12 до 59%, но 30–40% этих дорог, по приблизительным подсчетам, являются неофициальными подъездными путями, создаваемыми водителями ведомственного большегрузного транспорта для субъективного удобства передвижения. Нарушения почвенно-растительного покрова могли бы быть значительно ниже при отсутствии возможностей осуществления подобных бесконтрольных действий. Важно отметить, что в процессе развития нефтегазопромысла, при бурении дополнительных скважин, происходит постоянная экспансия новых территорий окружающих ландшафтов. Непрерывное повышение фрагментации вплоть до момента полной выработки месторождения является отличительным аспектом добычи подобных невозобновляемых источников энергии.

Выявлено, что существенная часть объектов, в некоторых случаях более 50% от общего числа, размещена в пределах 500 м от водотоков, а также в зонах с уклоном рельефа более 3° (см. таблицу).

Рассуждая о причинах подобного отношения к степным природным комплексам со стороны нефтегазодобывающих компаний, на фоне масштабы процессов можно предположить, что отсутствуют четкие экологические ограничения, нормы и правила при проектировании, строительстве и последующей эксплуатации объектов месторождений. Однако это не так. Например, необходимым экологическим разделом докумен-

**Характеристики прямых воздействий объектов нефтегазовых месторождений на ключевых участках**

Номер участка	Год начала разработки недр на его территории	Количество полигонов с объектами нефтегазовых месторождений	Плотность дорожно-транспортной сети, км/га	Доля специализированных дорог нефтегазовых месторождений в общей плотности дорожно-транспортной сети, %	Доля земель, нарушенных инфраструктурой месторождений (полигонами и дорогами), % от общей площади участка	Доля полигонов с объектами, расположенных в пределах 500 м от водотоков, % от общего количества полигонов	Доля полигонов с объектами, размещенными на землях с уклоном более 3°, % от общего количества полигонов
1	1989	13	0,031	22,31	0,88	0	0
2	1949	158	0,034	58,94	3,67	37	0
3	1977	34	0,014	50,44	1,38	14	10
4	1990	12	0,02	27,87	0,93	0	0
5	1945	49	0,036	56,98	3,35	21	5
6	1947	98	0,032	58,41	5,18	57	13
7	1961	168	0,034	49,20	4,39	38	1
8	1974	120	0,027	35,69	3,04	13	12
9	1997	9	0,021	12,38	1,16	4	4



тации на проектирование/разработку скважин является Оценка воздействия на окружающую среду (ОВОС). Такие анализируемые параметры, как уклон поверхности и удаленность от водотоков с учетом их категоричности, должны приниматься во внимание при выборе места расположения объекта, наряду с растительным покровом, типом почвенного покрова, наличием особо охраняемых природных территорий, путями миграции животных, глубиной залегания грунтовых вод, данных по сейсмической опасности территории и пр. [11].

На практике же при согласовании проектов и принятии решений в большинстве случаев демонстрируется малозначительность раздела ОВОС, ведомственная направленность результатов и формальность подходов. Действующие на данный момент нормативы и требования, на основе которых должна выполняться ОВОС, нередко игнорируются в целях увеличения, упрощения и удешевления добычи сырья. На деле результаты экологических исследований зачастую не отражают реального положения дел. На данный момент проблема «декоративной» роли экологических составляющих при проектировании и, соответственно, дальнейшем функционировании объектов приобрела масштабный характер и выходит на государственный уровень. Например, она озвучивается в докладе первого заместителя председателя Комитета Государственной думы по природным ресурсам, природопользованию и экологии И. И. Никитчука, сделанном в рамках IV международной научно-практической конференции «Экологическая и техносферная безопасность горнопромышленных регионов». Обсуждая экологические проблемы, в частности, связанные с добычей полезных ископаемых на территории России И. И. Никитчук отметил: «...владельцы предприятий, которые намереваются производить добычу и переработку сырья, каким-то образом получили положительные заключения природоохранных и надзорных служб, службы по обеспечению здоровья и благополучия населения, выданы положительные заключения Главэкспертизы и т. д.» [12].

Значительным недостатком существующих методических подходов к экологической оценке среды является их унификация. Как правило, не учитываются ведущие факторы дифференциации ландшафтов, такие как географическая зональность и связанные с ней специфические характеристики природных комплексов. Например, расстояние проектируемого объекта от водотоков рассчитывается с учетом их категоричности, при этом даже водоемы рыбохозяйственного значения подвергаются риску загрязнения и/или эвтрофикации [13], потому что расстояние до них от объектов месторождений может составлять менее 100 м. По нашему мнению, на фоне возрастающего мирового дефицита пресной воды для степных маловодных

территорий ценность водоемов должна корректироваться, и каждый водоток рассматриваться с позиции минимизации влияния, при котором удаленность от объекта воздействия должна быть не менее 500 м.

### Заключение

Неэффективные модели разработки и использования экологических разделов проектной документации в процессе строительства и более чем лояльное отношение контрольно-надзорных органов к компаниям-недропользователям в ходе эксплуатации объектов стоят в ряду основных причин ухудшения геоэкологического состояния степных ландшафтов. Только ужесточение экологических требований для нефтегазодобывающих компаний и усиление контроля за текущими сценариями землепользования будут способствовать сохранности степей.

*Работа выполнена в рамках государственного задания ИС УрО РАН (тема № ГР АААА-А17-117012610022-5).*

### Библиографический список

1. Mainguet, M. Dimensions in Space of “Desertification” or Land Degradation : Their Degree and Specificity in Each Continent // Desertification. Berlin, 1991. P. 42–150.
2. Yang, X., Zhang, K., Jia, B., Ci, L. Desertification assessment in China : An overview // Journal of Arid Environments. 2005. Vol. 63, № 2. P. 517–531.
3. Cantón, Y., Solé-Benet, A., De Vente, J., Boix-Fayos, C., Calvo-Cases, A., Asensio, C., Puigdefábregas, J. A Review of Runoff Generation and Soil Erosion Across Scales in Semi-arid South-Eastern Spain // Journal of Arid Environments. 2011. Vol. 75, № 12. P. 1254–1261.
4. Чибилев, А. А., Мячина, К. В., Дубровская, С. А. Техногенное воздействие на ландшафты степной зоны : типизация, последствия, ограничения // Проблемы региональной экологии. 2014. № 6. С. 20–26.
5. Ahmed, Z. Determination and Analysis of Desertification Process with Satellite Data Alsat-1 and Landsat in the Algerian Steppe // Engineering Geology for Society and Territory. 2015. Vol. 2. P. 1847–1852.
6. Myachina, K. V., Chibilev, A. A. Use of Satellite Data to Identify Steppe Lands of the Orenburg Trans-Volga Region Disturbed by Oil Development // Geography and Natural Resources. 2015. Vol. 36, iss. 4. P. 383–388.
7. Mjachina, K. V., Baynard, C. W., Chibilyev, A. A. Oil and Gas Development in the Orenburg Region of the Volga–Ural Steppe Zone : Qualifying And Quantifying Disturbance Regimes // International Journal of Sustainable Development and World Ecology. 2014. Vol. 21, № 2. P. 111–126.
8. Щенаценко, Г. Л. Ливневая эрозия почв и методы борьбы с ней. М., 1991. 178 с.
9. Trabucchi, M., Puente, C., Comin, F. A., Olague, G., Smith, S. V. Mapping Erosion Risk at the Basin Scale in a Mediterranean Environment with Opencast Coal Mines to



Target Restoration Actions // Regional Environmental Change. 2012. Vol. 12, № 4. P. 675–687.

10. СНиП 2.04.02-84. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения. Доступ из справ.-правов. системы «КонсультантПлюс».

11. РД 39–133-94. Инструкция по охране окружающей среды при строительстве скважин на нефть и газ на суше. Доступ из справ.-правов. системы «КонсультантПлюс».

12. *Никитчук, И. И.* (первый заместитель Председателя Комитета Государственной Думы по природным ресур-

сам, природопользованию и экологии) [Электронный ресурс] // Экологическая и техносферная безопасность горнопромышленных регионов : докл. на IV Междунар. науч.-практ. конф. URL: <http://www.komitet2-21.km.duma.gov.ru/site.xp/052052124050048053057.html> (дата обращения: 15.06.2018).

13. *Мячина, К. В.* К анализу трансформации степных ландшафтов в зонах нефтедобычи на основе данных дистанционного зондирования // Известия ОГАУ. 2015. № 6 (56). С. 180–183.

---

**Образец для цитирования:**

*Мячина К. В., Дубровская С. А.* Трансформация степных ландшафтов и проблемы рационального природопользования в условиях нефтегазодобычи // Изв. Саратов. ун-та. Нов. сер. Сер. Науки о Земле. 2018. Т. 18, вып. 4. С. 222–227. DOI: <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2018-18-4-222-227>

**Cite this article as:**

Myachina K. V., Dubrovskaya S. A. The Transformation of the Steppe Landscapes and the Problems of Environmental Management in Conditions of Oil and Gas Production. *Izv. Saratov Univ. (N. S.), Ser. Earth Sciences*, 2018, vol. 18, iss. 4, pp. 222–227 (in Russian). DOI: <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2018-18-4-222-227>

---



УДК 502.57(252.51):614.84

## УСТОЙЧИВОСТЬ ДРЕВЕСНО-КУСТАРНИКОВЫХ ЭЛЕМЕНТОВ СТЕПНЫХ ЭКОСИСТЕМ К ПИРОГЕННОМУ ФАКТОРУ (на примере заповедного участка «Буртинская степь»)

В. М. Павлейчик

Павлейчик Владимир Михайлович, кандидат географических наук, заведующий отделом ландшафтной экологии, Институт степи УрО РАН, Оренбург, pavleychik@rambler.ru

На основе анализа космических изображений и полевого обследования участка «Буртинская степь» заповедника «Оренбургский» выявлено, что степные пожары являются одним из наиболее значимых лимитирующих факторов развития древесно-кустарниковых элементов степных экосистем. Отмечается высокая восстановительная способность лесных урочищ, особенно в условиях повышенного увлажнения грунта.

**Ключевые слова:** степные пожары, лесные урочища, кустарники, устойчивость, восстановление.

### Stability of Woody and Shrubby Elements of Steppe Ecosystems to Pyrogenic Factor (on the Example of the Reserved Area "Burtinskaya Steppe")

V. M. Pavleychik

Vladimir M. Pavleychik, <https://orcid.org/0000-0002-2846-0442>, Institute of Steppe of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, 11, Pioneerskaya Str., Orenburg, 460000, Russia, pavleychik@rambler.ru

Based on the analysis of satellite images and field survey of the site «Burtinskaya Steppe» of the Orenburgsky reserve, it was revealed that steppe fires are one of the most significant limiting factors in the development of woody and shrubby elements of steppe ecosystems. A high restorative capacity of forest tracts is noticed, especially in the conditions of increased soil moistening.

**Key words:** steppe fires, forest tracts, shrubs, sustainability, recovery.

DOI: <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2018-18-4-228-233>

### Введение

В последние годы усилилось внимание к экологическим и социально-экономическим проблемам, возникающим в связи с обширным распространением природных пожаров в различных районах РФ. За серию засушливых лет лесные и торфяные пожары часто приводили к чрезвычайным последствиям в сфере безопасности жизнедеятельности, массовому уничтожению жилых и хозяйственных строений, ухудшению экологической обстановки, что вызвало широкий общественный резонанс.

Травяные пожары обычно не представляют угрозу населению и хозяйственной инфраструктуре, поэтому до последних лет какого-либо внимания к данному характерному для степных



регионов явлению не наблюдалось. Лишь в биологических науках пожары постоянно рассматривались в качестве одного из ведущих факторов формирования степных экосистем. Подобные исследования до сих пор преимущественно основываются на изучении реакции отдельных элементов биоты на пирогенный фактор и проводятся на локальном уровне. Вместе с тем работы, посвященные изучению пространственно-временных закономерностей и анализу ландшафтообразующей роли степных пожаров, практически отсутствуют.

Быстрое нарастание надземной фитомассы в степных экосистемах способствует формированию мнения о «безобидности» травяных пожаров, что влечет за собой распространение практики сельскохозяйственных палов как на обрабатываемых землях (сжигание стерневых остатков), так и на сенокосных и пастбищных угодьях (в целях «улучшения» кормовых свойств). Помимо продолжительных постпирогенных сукцессий, занимающих по разным оценкам от 3–5 до 8–10 лет, травяные пожары охватывают также немногочисленные лесные урочища и кустарниковый элемент степных экосистем, имеющие важное геосистемное (ландшафтообразующее) значение. Особенно актуальна угроза их деградации в условиях повсеместной и отчетливо выраженной тенденции активизации пожарных явлений, наблюдаемой в различных степных и лесостепных регионах Евразии [1–5].

Заметим, что длительное время, особенно после периода «освоения целины» (1954–1960 гг.), формировалась особая геоэкологическая ситуация, при которой пашнями были заняты все пригодные участки, а оставшиеся неудобья интенсивно использовались под сенокосные и пастбищные угодья. Сложившаяся структура степного природопользования хотя и привела к сокращению лесопокрытой площади и многочисленным экологическим последствиям, тем не менее являлась регулятором развития природных пожаров. В 1990–2000-х гг. в связи с неблагоприятной экономической обстановкой в странах бывшего СССР отмечалось резкое снижение сельскохозяйственного производства. Сокращение поголовья привело к довольно быстрому восстановлению растительного покрова степных пастбищ, сопровождавшемуся нарастанием плотности травостоя и надземной фитомассы. На южной границе районов земледельческого освоения в этот же период стали забрасывать малопродуктивные и сложно-



возделываемые участки пашни. Таким образом, в последние 20–25 лет часть степных экосистем находится в стадии восстановления естественной структуры после продолжительного сельскохозяйственного воздействия и одновременно под воздействием резко усилившегося пирогенного фактора [6]. Во многом сходная пирологическая ситуация складывается и на территории государственных степных заповедников, что является актуальной и значимой проблемой для решения задач сохранения ландшафтного и биологического разнообразия.

В этой связи целью исследований стал анализ устойчивости древесных и кустарниковых элементов степных экосистем в условиях постоянного и нарастающего распространения травяных пожаров. Исследования проведены на примере участка «Буртинская степь» заповедника «Орен-

бургский» на площади 45 км<sup>2</sup>. Его положение на приводораздельном пространстве, ограниченном долинами р. Урал и ее притоков (р. Буртя и р. Бурля), а также отсутствие значительных природных и антропогенных рубежей в сочетании со значительной долей малоиспользуемых угодий способствовало формированию обстановки, благоприятной для возникновения и обширного распространения пожаров (рис. 1) [7].

#### Методика исследований и исходные материалы

За основу приняты космоснимки из геоинформационного сервиса Google Earth с разрешением около 0,6 м на 1 пиксель, что позволяет идентифицировать ареалы таких ландшафтных элементов, как лесные урочища, и в общих чертах

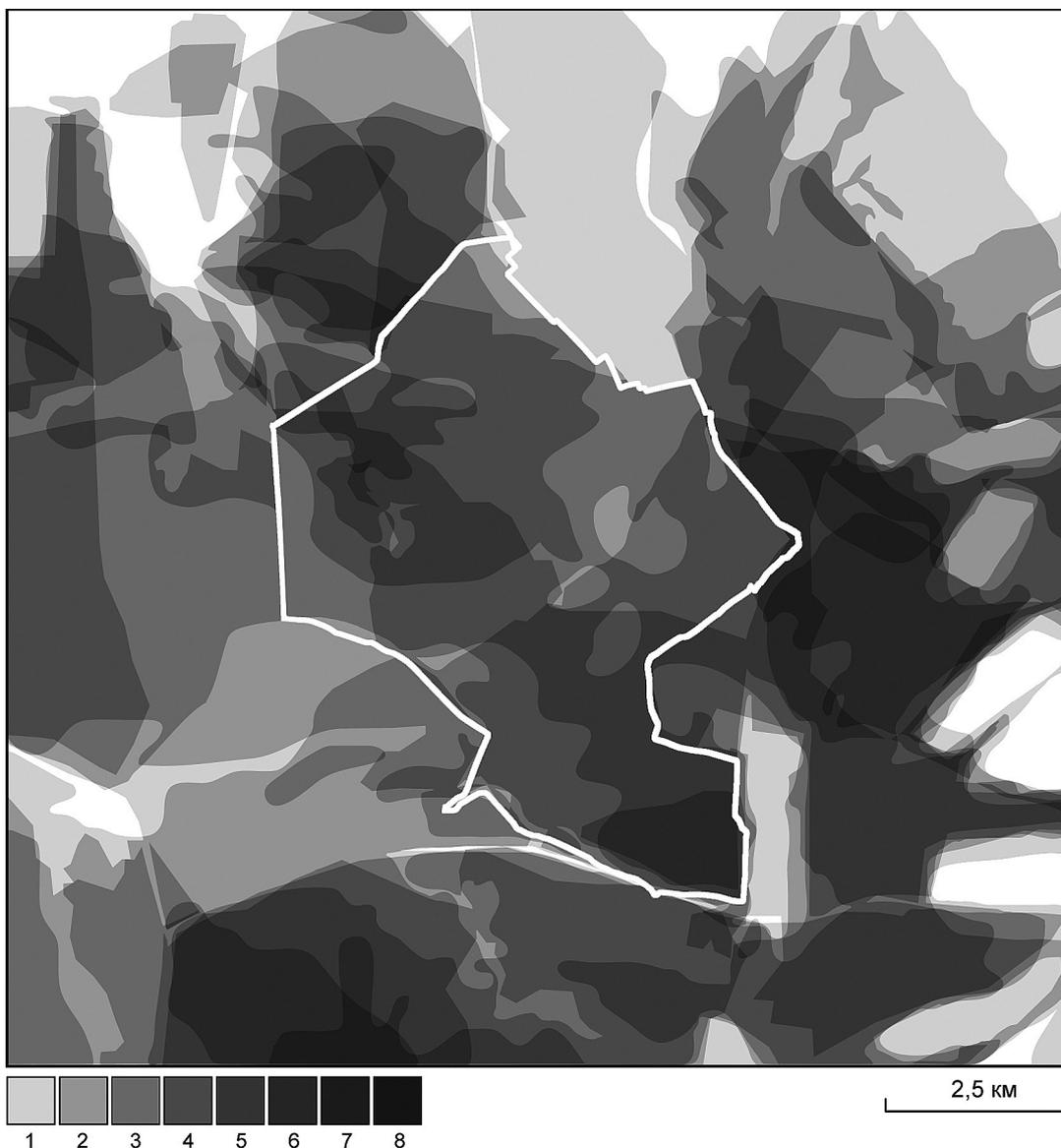


Рис. 1. Совокупные ареалы пожаров на участке заповедника «Буртинская степь» и прилегающих территориях в период 1984–2015 гг. 1–8 – количество пожаров



по особенностям текстуры оценить их современное состояние. Для территории «Буртинской степи» в открытом доступе имеется два разновременных изображения – за 2005 г. и 2015 г., которые и послужили основой для данного исследования. Несмотря на высокое разрешение снимков, кустарниковый элемент степных экосистем (карагана кустарниковая, спирея, миндаль низкий и др.) идентифицируется с малой степенью достоверности; отчетливо выявляются лишь кустарники (ива пепельная), формирующие довольно крупные кроны куполовидной формы диаметром 3–10 м. Сомкнутый зрелый древостой на снимках имеет специфическую текстуру, отличающуюся наличием контрастных теней.

Для верификации камерально выявленных различий в структуре древесно-кустарниковых урочищ были проведены экспедиционные исследования, в ходе которых соотнесены выделенные типы тонов и текстур космических изображений с видовым и возрастным составом древостоя, а также с их общим состоянием. Полевые изыскания позволили избежать принципиальных ошибок в окончательных выводах, которые могли бы возникнуть из-за сходства текстур зарослей кустарников и древесного подроста.

Исследования дополнены кратким анализом постпожарного состояния древостоя в урочище Шубарагаш, занимающем массив развееваемых песчаных отложений на междуречье Илека и Малой Хобды.

### Обсуждение результатов

Как отмечалось ранее, современное состояние степных экосистем, включая древесно-ку-

старниковый элемент, складывается исходя из двух тенденций их развития. Первая – это часть общего процесса восстановления растительного покрова, сопровождающегося сокращением доли чужеродных видов, увеличением продуктивности сообществ и проективного покрытия и др. С введением заповедного режима в 1989 г. в отношении лесных урочищ после длительного периода прекратилось их использование в качестве дополнительных пастбищных угодий, мест водопоя и отдыха скота. Такие условия позволили на протяжении последующих 27 лет воссоздать естественное состояние лесных урочищ, занимающих к настоящему времени наиболее благоприятные, относительно более увлажненные экотопы – расчлененные участки эрозионно-балочной сети (байрачные осиново-березовые леса), увлажненные зоны вдоль постоянных и временных водотоков (приручьевые ленточные черноольшаники), места разгрузки грунтовых вод (черноольшаники).

Вторая тенденция (фактор) – угнетение и гибель древесно-кустарникового покрова в результате периодических пожаров, несмотря на первоочередные противопожарные меры по охране лесов, предпринимаемые сотрудниками заповедника «Оренбургский».

С учетом продолжительности восстановления древостоя до полноценного зрелого состояния можно говорить о том, что состояние лесных урочищ в 2005 г. (рис. 2, *а*) и 2015 г. отражают последствия как последних (рис. 2, *б*), так и всех предшествующих (см. рис. 1) пожаров.

В ходе исследований по результатам дешифрирования снимков подготовлены и сопоставлены схемы распространения лесопокрытых террито-

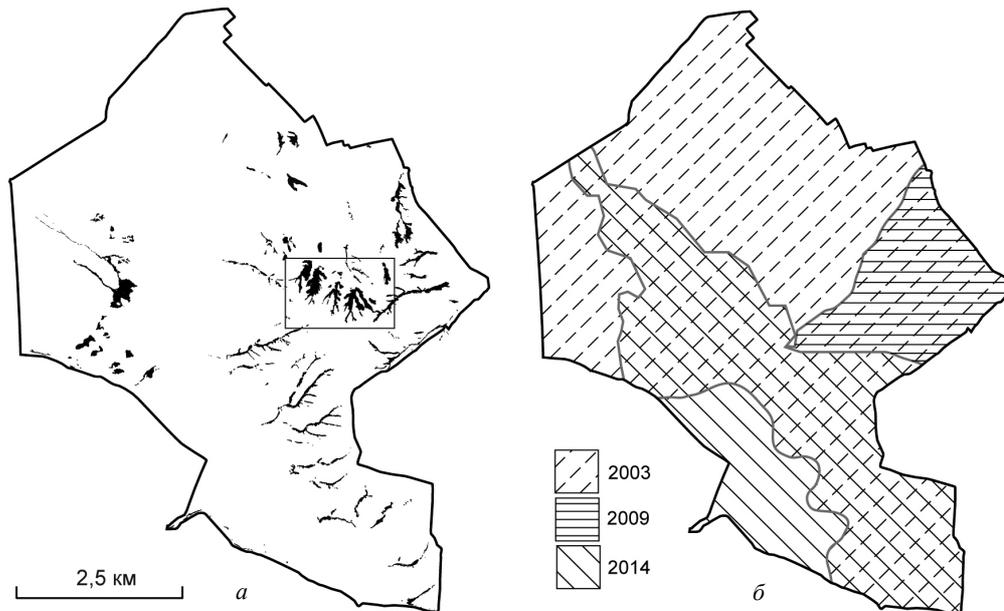


Рис. 2. Лесные урочища «Буртинской степи» в условиях пирогенного воздействия: *а* – распространение лесных урочищ в 2005 г.; *б* – ареалы последних (2003, 2009 и 2014 гг.) пожаров



рий в 2005 г. и в 2015 г. Ниже (рис. 3) представлен фрагмент схемы, на которой отражено сокращение площади зрелого древостоя байрачных колков в результате степных пожаров.

Исходя из схем распространения лесопокрытых территорий были получены данные о изменении площади лесных урочищ в разрезе сохранившегося зрелого древостоя и восстанавливающегося древесного подроста (таблица).

Анализ тяжести воздействия пирогенного фактора, выражающегося в сокращении ареалов лесных урочищ со зрелым древостоем, был соотнесен со схемами последних и совокупных пожаров. Полученные картографические и числовые данные позволили сформулировать следующие заключения.

1. Общая лесопокрытая площадь за период 2005–2015 гг. осталась практически неизменной (в пределах погрешности) – 1,6 км<sup>2</sup>. Это свидетельствует о высокой степени устойчивости

лесных урочищ к степным пожарам, а вернее, о высокой восстановительной способности. Заметим, что в случае проникновения фронта пожара на территорию заповедника первоочередные мероприятия направлены на защиту именно лесных урочищ, в связи с чем масштабы ущерба потенциально могут быть более значимыми, а полученные нами выводы об их устойчивости – преувеличенными. Вместе с тем результаты аналогичных исследований в целом подтверждают довольно высокую восстановительную способность естественных лесных массивов степного Приуралья.

2. Несмотря на сохранение доли лесопокрытой площади, в пространственной структуре происходят определенные трансформации, обусловленные как воздействием пожаров и последующими восстановительными процессами, так и проявлением других факторов. В возрастном отношении резко изменилось соотношение площадей, занимаемых зрелым древостоем и густым

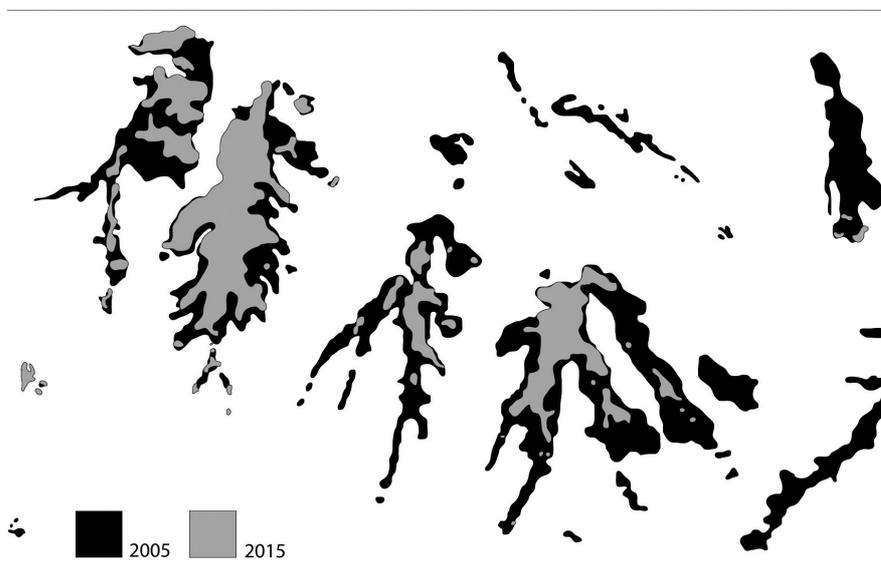


Рис. 3. Динамика площади зрелого древостоя в лесных урочищах за 2005–2015 гг. (фрагмент схемы)

**Структура лесопокрытой площади в 2005 г. и 2015 г.**

Параметры		Площадь, км <sup>2</sup>	% от площади участка
2005 г.	Зрелый древостой	1,02	2,26
	Подрост	0,58	1,28
2015 г.	Зрелый древостой	0,33	0,73
	Подрост	1,26	2,81
Сопоставление контуров зрелого древостоя:			
– только в 2005 г. (сокращение площади)		0,74	1,65
– только в 2015 г. (рост площади)		0,07	0,16
– совпадение контуров 2005 и 2015 гг.		0,28	0,62
Сопоставление контуров подроста 2015 г.:			
– новые территории		0,46	1,03
– совпадение с лесными урочищами 2005 г.		0,53	1,18
– совпадение с подростом 2005 г.		0,34	0,77



молодым (3–5 лет) подростом. Если в 2005 г. подрост занимал около 36% (и это в условиях после пожара 2003 г.), то в 2015 г. – 79%. Площадь, занимаемая зрелым древостоем, сократилась за 2005–2015 гг. на 65–70%, независимо от типа и породного состава лесов.

3. Наиболее существенное воздействие пожары оказали на байрачные березово-осиновые леса, в связи с тем что активно выгорал сухой травяной покров в пределах урочищ. Это привело к полной гибели древостоя, особенно в лесах, имеющих узкий (галерейный) характер распространения. Более крупные и компактные байрачные леса, характерные для верховьев балок, местами сохранили зрелый древостой в центральной (удаленной от сгоревшей периферии) части урочищ. Постоянное увлажнение черноольховых урочищ воздействует на развитие пожаров неоднозначно. Наличие сети водотоков препятствует их распространению, а особенности травянистого покрова урочищ не приводят к образованию сухой растительной ветоши. В противовес этим лимитирующим условиям по опушкам обычно развиты высокопродуктивные разнотравно-злаковые (тростник, кострец, пырей, вейник) сообщества, значительно повышающие возможность нанесения серьезного урона черноольшаникам. Подобное сокращение проявляется по всему периметру лесного урочища Тузкарагал – одно из мест разгрузки грунтовых вод, питающих ручей Кайнар и еще один безымянный сезонно пересыхающий ручей.

4. После пожара 2003 г. на протяжении длительного периода (до 2013 г. включительно) развитие лесного покрова практически не проявлялось и носило «законсервированный» характер. В течение трех последующих лет (2014–2016 гг.) произошел резкий и массовый (по всему участку) переход в развитии древостоя от ростков (ранее ежегодно выраставших и погибавших к следующему вегетативному сезону) к стабильному подросту. Наиболее активное для рассматриваемого участка восстановление лесного покрова мы наблюдали в пределах ленточного черноольшаника вдоль ручья Кайнар. О причинах и факторах длительного периода «покоя» и последующего интенсивного развития древостоя на данном этапе исследований сделать выводы не представляется возможным.

5. С учетом указанного выше (в п. 3, 4) имеет место зависимость степени выгорания отдельных лесных урочищ от давности пожаров и частоты их проявления за многолетний период. Большинство полностью погибших лесных урочищ приходится на участки с высокой частотой прохождения пожаров (4–5 за 23 года, 1991–2014 гг.). Такая периодичность (1 раз в 5 лет) не позволяет восстановиться древостою до зрелого состояния и может привести к полной потере локальных древостоев и групп единичных деревьев. Вместе с тем на отдельных участках (независимо от обозначенных выше факторов) наблюдается увеличение лесопокрытой площади за счет освоения новых, ранее не заселенных лесом экотопов. Возможно,

это следствие более длительного процесса общего восстановления растительного покрова в условиях заповедного режима.

6. Анализ динамики лесопокрытой площади, особенно в аспекте произрастания ольхи черной, может служить основой для идентификации трансформаций условий поверхностного стока (не связанных с проявлением пожаров). Так, нами отмечена гибель черной ольхи вдоль одного из рукавов ручья Кайнар, ранее питавшего карстовое оз. Косколь. Вероятно, именно с сокращением стока в озеро связана наблюдающаяся тенденция к усыханию озера.

Еще одним фактором (помимо пожаров) трансформации лесных урочищ на рассматриваемом участке является заселение ручьев колонией бобров, что привело к гибели части галерейного черноольшаника из-за постоянного повышенного увлажнения. Различными авторами высказывались предположения, что введение заповедного режима может привести к мезофитизации (олуговлению) степных фитоценозов, активному внедрению кустарниковых элементов, расширению площадей древесно-кустарниковой растительности, т. е. к изменению ландшафтной структуры и облика заповедных участков. Тем не менее полученные результаты свидетельствуют о том, что степные пожары являются тем элиминирующим фактором, который сдерживает эти потенциально негативные процессы.

Для оценки устойчивости лесных урочищ к пожарам и постпирогенных восстановительных способностей различных типов леса нами рассмотрены последствия пожара, произошедшего в древесно-кустарниково-степном урочище Шубарагаш, занимающем бугристо-ячеистые пески на междуречье Илека и Малой Хобды. В результате пожара в 2010 г., пришедшего с прилегающей территории, воздействию огня была подвержена крайняя юго-западная окраина урочища общей площадью около 5,5 км<sup>2</sup>. На репрезентативный участок площадью 0,4 км<sup>2</sup> по серии разновременных (2009, 2010, 2012 гг.) изображений Google Earth были составлены схемы, отражающие характерное пред- и послепожарное состояние древостоя. Выявлено, что площадь, покрытая лесокустарниковой растительностью, сократилась в результате пожара с 26,8 до 2,5%. В течение последующих четырех лет лесные гари представляли собой сочетание сухостойных деревьев и завалов. Вместе с тем достаточная обводненность котловин и песчаных отложений в целом позволила в относительно короткие сроки восстановить (до стадии 3–4 летнего жизнеспособного и обильного подроста) занимаемые ранее границы. Интересен факт, что именно 2014 г. стал наиболее благоприятным для самовосстановления лесных урочищ, как в урочище Шубарагаш, так и на заповедном участке «Буртинская степь».

Современная активизация степных пожаров не могла не отразиться и на динамике лесопокрытых территорий. Это подтверждается результа-



тами исследований лесных пожаров в пределах Оренбургской области, проведенных на основе статистических ведомственных данных [8]. Эта тенденция не столь явная, как на степных участках, что можно объяснить эффективностью системы противопожарной охраны лесных угодий. Для более ранних периодов, предшествующих практически повсеместному развитию земледелия, в качестве основного фактора развития катастрофических пожаров в Бузулукском сосновом боре указывается серия атмосферных засух, характерных для всего XIX в. и начала XX в. [9].

### Заключение

Лесные пожары в степи – обычно результат распространения травяных пожаров с прилегающих территорий. Пожары наносят значительный ущерб как естественным лесам, так и искусственным лесонасаждениям. Естественные лесные урочища занимают относительно благоприятные экотопы с повышенным увлажнением, поэтому обычно они отличаются относительно высоким потенциалом самовосстановления после пожаров. В значительной степени этим качеством характеризуются пойменные леса, в наименьшей – водораздельные и склоновые (байрачные) колки. Наибольший ущерб от пожаров наносится искусственным лесонасаждениям, особенно в южных районах области.

Проведенные исследования и обзор литературы свидетельствуют о том, что пожары в степных регионах являются значимым фактором, определяющим облик степного пространства, его ландшафтную структуру и параметры биологического разнообразия. Степные пожары лимитируют потенциальное распространение древесно-кустарниковых элементов степных экосистем. Тем не менее проведенные исследования доказывают, что рассматриваемые урочища характеризуются высокими восстановительными способностями в пределах занимаемых ими экотопов. Полученные результаты свидетельствуют о необходимости формирования системы пожарного экологического мониторинга, о чем говорит и мировой опыт управления пожарами [10].

*Исследование выполнено в рамках государственного задания ИС УрО РАН (тема № ГР АААА-А17-117012610022-5) и при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 18-05-00088).*

### Образец для цитирования:

Павлейчик В. М. Устойчивость древесно-кустарниковых элементов степных экосистем к пирогенному фактору (на примере заповедного участка «Буртинская степь») // Изв. Саратов. ун-та. Нов. сер. Сер. Науки о Земле. 2018. Т. 18, вып. 4. С. 228–233. DOI: <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2018-18-4-228-233>

### Cite this article as:

Pavleychik V. M. Stability of Woody and Shrubby Elements of Steppe Ecosystems to Pyrogenic Factor (on the Example of the Reserved Area “Burtinskaya Steppe”). *Izv. Saratov Univ. (N. S.), Ser. Earth Sciences*, 2018, vol. 18, iss. 4, pp. 228–233 (in Russian). DOI: <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2018-18-4-228-233>

### Библиографический список

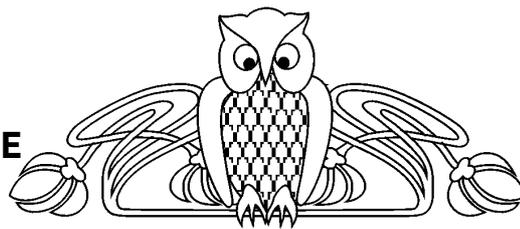
1. Дубинин, М. Ю., Луцкеина, А. А., Раделоф, Ф. К. Оценка современной динамики пожаров в аридных экосистемах по материалам космической съемки (на примере Черных Земель) // Аридные экосистемы. 2010. Т. 16, № 3 (43). С. 5–16.
2. Ткачук, Т. Е. Динамика площадей степных пожаров на юге Даурии в первом десятилетии XXI века // Учёные записки ЗабГУ. 2015. № 1 (60). С. 72–79.
3. Шинкаренко, С. С. Анализ распространения степных пожаров и идентификация пожароопасных территорий на основе геоинформационных технологий // Научный альманах. 2015. № 8 (10). С. 1240–1244.
4. Павлейчик, В. М. К вопросу об активизации степных пожаров (на примере Заволжско-Уральского региона) // Вестник Воронежского государственного университета. Сер. : География. Геоэкология. 2016. № 3. С. 15–25.
5. Валендик, Э. Н., Кисилыхов, Е. К., Косов, И. В., Лобанов, А. И., Пономарев, Е. И. Катастрофические степные пожары : проблемы и пути их решения // Мониторинг, моделирование и прогнозирование опасных природных явлений и чрезвычайных ситуаций : материалы всерос. науч. практ. конф. (г. Железногорск, Красноярский край, 17 июня 2015 г.). Железногорск, 2016. С. 34–36.
6. Павлейчик, В. М. Условия распространения и периодичность возникновения травяных пожаров в Заволжско-Уральском регионе // География и природные ресурсы, 2017. № 2. С. 56–65.
7. Павлейчик, В. М. Пространственно-временная структура пожаров на заповедном участке «Буртинская степь». [Электронный ресурс] // Бюллетень Оренбургского научного центра УрО РАН. 2015. № 4. С. 1–11. URL: <http://elmag.uran.ru:9673/magazine/Numbers/2015-4/Articles/PVM-2015-4.pdf> (дата обращения: 15.06.2018).
8. Танков, Д. А. Лесные пожары и их влияние на древесно-кустарниковую растительность в лесах Оренбуржья : дис. ... канд. с.-х. наук. Оренбург, 2014. [Электронный ресурс]. URL: <http://dissovet21228101.nethouse.ru/static/doc/0000/0000/0233/233498.52h1z81lj9.pdf> (дата обращения: 15.06.2018).
9. Климентьев, А. И. Бузулукский бор : почвы, ландшафты и факторы географической среды. Екатеринбург, 2010. 401 с.
10. Рекомендации по управлению пожарами, выполняемых в добровольном порядке. Рабочий доклад Продовольственной и сельскохозяйственной организации ООН (ФАО). 2007. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.biodiversity.ru/programs/steppe/pub/FAO-2007.pdf> (дата обращения: 15.06.2018).



УДК 911.6

## ИЗМЕНЕНИЕ СЕТКИ ЭКОНОМИЧЕСКИХ МИКРОРАЙОНОВ В ПОВОЛЖСКОМ ЭКОНОМИЧЕСКОМ РАЙОНЕ

Ю. В. Преображенский, А. Ю. Романова



Преображенский Юрий Владимирович, кандидат географических наук, доцент кафедры социальной и экономической географии, Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского, topofag@yandex.ru

Романова Анастасия Юрьевна, магистрант 2-го курса географического факультета, Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского, nastenka1401@yandex.ru

В статье рассматривается проблема экономического районирования, связанная с методологией выделения экономических микрорайонов, предложенной Е. Е. Лейзеровичем. Проводится сопоставление сеток районирования разных лет, выявляются причины их различий. Рассматриваются возможные изменения типов экономических микрорайонов Поволжья и факторы, им способствующие. Проанализировано сравнительное развитие промышленности в микрорайонах.

**Ключевые слова:** экономическое районирование, экономический микрорайон, сетка районирования, Поволжский экономический район, типология.

### Change of the Economic Districts Grid in the Volga Economic Region

Yu. V. Preobrazhenskiy, A. Yu. Romanova

Yuri V. Preobrazhenskiy, <https://orcid.org/0000-0003-2774-0554>, Saratov State University, 83, Astrakhanskaya Str., Saratov, 410012, Russia, topofag@yandex.ru

Anastasiya Yu. Romanova, <https://orcid.org/0000-0003-2788-3387>, Saratov State University, 83, Astrakhanskaya Str., Saratov, 410012, Russia, nastenka1401@yandex.ru

This article deals with the problem of economic zoning associated with the methodology of allocation of economic microzones, proposed by E. E. Leyzerovich. A comparison of meshes of the zoning of different years is carried out, the reasons of their differences are established. Possible changes of types of economic districts of the Volga region and the factors promoting them are considered. Comparative development of industry in the districts is analyzed.

**Key words:** economic zoning, economic microzones, mesh zoning, the Volga economic district, typology.

DOI: <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2018-18-4-234-242>

**Введение.** Экономическое районирование<sup>1</sup> проводится на разных уровнях пространства, а

<sup>1</sup> Как методика и результат выделения не физико-географических районов. Иными словами, экономический район в общем виде – это результат районирования Ойкумены, и правильнее было бы называть его общественно-географическим или экуменическим районом, однако термин устоялся.

итогом районирования являются экономические районы, которые имеют свою иерархическую структуру. Наиболее полно она проработана Е. Е. Лейзеровичем. Им выделялись по умолчанию экономические макрорайоны (т. е. привычные экономические районы числом около десятка – Поволжье, Урал, Северо-Запад и др.), мезорайоны (как некоторое промежуточное звено) и микрорайоны, в методологию и практику выделения которых он внёс наибольший вклад. Согласно Е. Е. Лейзеровичу, экономические микрорайоны (ЭМ) представляют собой сочетание территориальных хозяйственных микросистем с системами расселения и инфраструктурой – инженерной и социальной. В конкретной действительности это территории, имеющие свое местное хозяйство, достаточно индивидуальное экономическое лицо, определенные производственные фонды и трудовые ресурсы. Для их жителей за пределами города-центра ЭМ характерно относительное «единство» образа жизни и качества жизни [1, с.14].

Данная статья посвящена, во-первых, методологическим вопросам выделения микрорайонов, во-вторых, изменению сетки микрорайонов в Поволжье.

**Постановка проблемы.** Очевидно, что сдвиги в территориальной организации общества в пределах региона означают изменение в сетке районирования. Подобные сдвиги связаны, во-первых, с трансформацией структуры расселения, в том числе с появлением новых населенных пунктов, способных исполнять узловую (увязывающую) роль по отношению к прилегающей территории, или, напротив, с деградацией таких поселений в силу депопуляции (по естественным или экономическим причинам). Во-вторых, речь может идти об изменении специализации единицы районирования (прежде всего, о переходе от добывающей промышленности к обрабатывающей или наоборот).

Подобные изменения, наблюдаемые в течение длительных периодов времени, позволяют выделить более стабильные части макрорайона и переходные его части, подверженные трансформациям, на которых, соответственно, в значительной степени сказывается изменение внешних и внутренних условий хозяйствования. Первые более стабильны в сетке районирования, вторые – менее.

На каждом иерархическом уровне район можно рассматривать и в качестве центр-пери-



ферийной системы, при этом низкая плотность населения (как один из критериев) за пределами относительно крупных городов на большей части России определяет существенный разрыв между показателями центра и периферии, столь высокий, что это грозит нарушить цельность выделяемой ячейки. В этой связи Е. Е. Лейзерович отмечал, что для многих субъектов РФ «...чрезвычайно осязаемо отчуждение их центров от большинства других административно-территориальных образований (сельских районов и городов вне районного – республиканского, краевого, областного, окружного – подчинения), составляющих эти регионы. ... Как результат имеет место заметный и постоянно нарастающий разрыв между социально-культурным потенциалом и качеством жизни районов, примыкающих к республиканским, краевым, областным, окружным центрам, и районов, удаленных от них» [2, с.85].

Подобная периферийность большей части регионов делает выделяемые в их пределах микрорайоны устойчивыми во времени, но это устойчивость запустения. Изменения на периферии требуют в большинстве случаев настолько существенных затрат (прежде всего, на инфраструктуру) при объективной их некупаемости, что власти предпочитают её «законсервировать».

Наиболее динамична и неустойчива при этом полупериферия (провинция). С одной стороны, в ней хватает относительно малых и средних (иногда больших) городов – узлов, вокруг которых строится микрорайон, с другой же – концентрация населения требует соответствующего количества рабочих мест. В российских условиях после распада СССР из-за «вымывания» вторичного сектора экономики<sup>1</sup>, представленного цепочками создания добавленной стоимости в обрабатывающей промышленности, наблюдается очевидный недостаток подобных населённых пунктов.

Это ставит на передний план проблему несоответствия экономического веса городов их людности. Другими словами, микрорайон можно выделить по экзистенциальным признакам (т. е. связанным с системой расселения), а не по экономическим. По крайней мере, весь опыт экономико-географа говорит, что если нет специализации – нет и района. Может показаться, что выходом из такой проблемной в методологическом отношении ситуации могло бы стать увеличение размеров микрорайона, для чего потребовалось бы привязать периферийные микрорайоны к средним и большим городам. Однако, как представляется, это будет привязка только на бумаге, поскольку часто связи данных городов с периферией ограничены бюджетными трансфертами, логистикой продуктов и товаров потребления, но хозяйственные отношения отсутствуют. Да и

самых так называемых вторых городов не хватает (см., например, [3]).

**Мозаичность района и изменение сетки районирования.** Очевидно, что для макрорайонов (экономических районов) должно наблюдаться некоторое соотношение внутреннего разнообразия и схожести. Первое требование вытекает из процессов специализации и кооперации (которые, в свою очередь, вызваны теми или иными факторами размещения производства, такими как, например, сырьевой, энергетический, водный и пр.), определяющих отраслевую направленность хозяйства района. Второе<sup>2</sup> связано с относительно общим технологическим уровнем развития (технологический уклад), а также особенностями ведения бизнеса, т. е. экономическими институтами.

Чем больше промышленных комплексов различной специализации, тем более мозаичен экономический район. Однако эта мозаичность может как укреплять цельность района, если между подобными комплексами активно идут связи по линии кооперации, так и расшатывать её. В последнем случае, вероятно, стоит выделить более дробные районы или разделить территорию рассматриваемого района между уже существующими. Заметим, что в большинстве предлагаемых сеток районирования присутствуют промежуточные территории, которые тяготеют в равной степени к двум районам. Показателен здесь пример Башкирии, которую в 1980-е гг. «выписали» из Поволжского экономического района и закрепили за Уральским (особенно «пострадал» северо-запад этой республики, тесно связанный с экономикой Татарстана).

Динамика регионального развития вносит свои коррективы в сложившуюся сетку районирования. Причём можно говорить как об уменьшении числа выделяемых районов, так и об их увеличении. Первый процесс связан с уменьшением внутреннего разнообразия района, второй – с увеличением. Вопрос оценки подобных процессов должен сопрягаться с динамикой социально-экономического развития. Увеличение социально-экономического разнообразия на фоне общего роста экономики региона можно считать положительным моментом, так как появляются новые производства, усиливающие в целом сложившуюся региональную технологическую систему. Однако и некоторое (не столь значимое) снижение этого разнообразия также можно оценить как положительный процесс, связанный с усилением специализации региона. Увеличение разнообразия на фоне спада, напротив, можно оценить в системном смысле негативно, так как это говорит о расхождении траекторий развития экономики внутри района.

<sup>1</sup> Занятость в этом случае можно представить в виде схемы: буфетчица кормит шахтера (нефтяника), а продавец продает охраннику форму, в которой последний охраняет склад с продуктами, которыми буфетчица кормит шахтера, ... и т. д.

<sup>2</sup> Общность физико-географических условий и ресурсов, а также социокультурная общность в данном случае нам представляется «уже учтённой», заложенной в факторы производства и институты.



**Экономические микрорайоны Е. Е. Лейзеровича: сопоставление сеток в пределах Поволжского района.** Сетка районов Е. Е. Лейзеровича, по признанию многих экономико-географов [4–7], является одним из достижений отечественной экономической географии. Сетка районов несколько раз перекраивалась её автором, к чему были объективные причины трансформации социально-экономического пространства. В работе 2007 г. [2] представлена более старая версия, по всей видимости, 2004 года (насчитывающая 423 района), в которой зафиксирована социально-экономическая динамика 1990–2000 гг., в работе [1] более новая (и, по всей видимости, последняя из предложенных Е. Е. Лейзеровичем) версия, ЭМ в ней представлены числом 463.

Рассмотрим два варианта (табл. 1) и выявим их различия. Города-центры районов указаны перед скобками, в которых перечислены муниципальные районы, составляющие ЭМ.

Как можно видеть, Волгоградская и Ульяновская области и Республика Калмыкия не претерпели изменений в числе ЭМ и их составе<sup>1</sup>, другие регионы изменения затронули в той или иной степени. В Республике Татарстан автором районирования был выделен Нурлатский район, вероятно, в силу того, что сам Чистополь (к которому данный район прежде был привязан) не настолько крупный город, чтобы увязывать вокруг себя такую обширную территорию. В Астраханской области из Ахтубинского района выделился Харабалинский (в составе двух муниципальных районов). Наиболее сильные изменения коснулись Саратовской, Самарской и Пензенской областей.

В Пензенской области не вполне понятно выделение в качестве отдельного ЭМ Никольского района, состоящего только из одного (одноименного) муниципального района, хотя сам г. Никольск по своему положению и людности мог бы стать узловым центром для северной части области. Тем не менее ключевое его предприятие – завод Красный Гигант – было закрыто, а население сокращается. На западе области был выделен Нижнеломовский район.

В Самарской области выделился Сызранский и Нефтегорский районы. Появление первого, очевидно, связано с ростом значимости Сызрани, Нефтегорска это касается в меньшей степени.

В Саратовской области появились Петровский и Пугачёвский районы. Аткарский ЭМ вошёл в состав Саратовского ЭМ, а Краснокутский был переименован в Новоузенский (видимо, в связи с депопуляцией Красного Кута).

**Типология ЭМ.** Районирование можно понимать в каком-то смысле как типологизацию пространства, в этой связи оно, как правило, не обходится без выделяемых типов (как суммы межрайонных различий). Типологизация, предложенная Е. Е. Лейзеровичем, включает

<sup>1</sup> В Ульяновской области к центрам был добавлен выросший Новоульяновск.

11 типов, по большому счёту, переходы между типами плавные, от меньшего к большему идёт нарастание плотности сельского населения, доли городского населения и людности крупнейшего города района.

Основной районообразующий фактор для территорий интенсивного хозяйственного освоения – наличие города, межрайонного культурно-хозяйственного центра с населением 50 тыс. жителей или более, имеющего развитые культурно-бытовые, а в ряде случаев и трудовые связи с окружающими его населёнными пунктами. Для территорий экстенсивного хозяйственного освоения основной районообразующий фактор – сходные черты экономико-географического положения. Здесь на смену узловому принципу районирования приходит позиционный [2, с.87].

Нами приведены (табл. 2) критерии выделения районов, составленные по тексту работы [2], кроме того, поскольку в работе [1] ЭМ не типологизированы, мы по формальным критериям отнесли вновь выделенные ЭМ к тому или иному типу (они отмечены в табл. 2 курсивом).

Типы I–III характеризуются дисперсным, экстенсивным освоением, в Поволжье относящиеся к ним ЭМ не представлены.

Перемещение ЭМ между типами в будущем может быть связано, прежде всего, с экистическими процессами. В связи с суженным воспроизводством население в большинстве районов будет, по-видимому, сокращаться, в результате будет снижаться его плотность, однако критические значения (1,5 человека на км<sup>2</sup>) даны с большим запасом и их преодоление в среднесрочной перспективе маловероятно. Доля городского населения в районах будет расти в зависимости от людности города. Отметим, что такие вновь выделенные районы, как Нурлатский, Нижнеломовский, Пугачёвский, по доле городского населения едва преодолели 40%-ный уровень, вполне возможно, что в VII типе они не закрепятся, а опустятся в VI тип.

Среди поволжских городов в ЭМ VIII и IX типа не просматриваются такие, которые в среднесрочной перспективе подняли бы свою людность до 100 тыс. и 300 тыс. чел. соответственно, поэтому перемещение в IX и X тип им не грозит.

Районирование Е. Е. Лейзеровича не ставит критерием отнесения района к тому или иному типу уровень развития промышленности, сама структура расселения во многом отражает интенсивность развития экономики (т. е. соотношение первичного, вторично и третичного её секторов). Тем не менее нужно учитывать, что современная система расселения наследует системе расселения РСФСР, формировавшейся в несколько других условиях (в частности, людность города находилась в некоторой зависимости от объёма выпускаемой здесь промышленной продукции). Её инертность по сравнению с изменением экономики известна, например, Б. Н. Зимин «... считал расселение



Таблица 1

## Экономические микрорайоны Поволжского экономического района

Регион	Микрорайон	Состав 2007 г. (2004 г.)	Состав 2008 г.
Астраханская область	Астраханский	Астрахань (Наримановский, Икрянинский, Лиманский, Камызякский, Володарский, Красноярский, Приволжский)	Тот же
	Ахтубинский	Ахтубинск, Знаменск (Черноярский, Ахтубинский, Енотаевский, Харабалинский)	Ахтубинск, Знаменск (Черноярский, Ахтубинский)
	Харабалинский	–	Енотаевский, Харабалинский
Волгоградская область	Волгоградский	Волгоград, Волжский (Дубовский, Иловлинский, Калачевский, Светлоярский, Среднеахтубинский, Ленинский, Городищенский)	Тот же
	Камышинский	Камышин (Камышинский, Котовский, Ольховский, Жирновский, Руднянский, Еланский)	Тот же
	Урюпинский	Урюпинск (Урюпинский, Новониколаевский, Киквидзенский, Новоаннинский, Алексеевский, Нехаевский)	Тот же
	Михайловский	Михайловка, Фролово (Михайловский, Фроловский, Кумылженский, Серафимовичский, Даниловский)	Тот же
	Суровикинский	Суровикинский, Чернышковский, Котельниковский, Октябрьский, Клетский	Тот же
	Палласовский	Старополтавский, Николаевский, Быковский, Палласовский	Тот же
Самарская область	Самарский	Самара, Кинель, Новокуйбышевск, Тольятти, Сызрань, Чапаевск, Жигулевск, Октябрьск (Волжский, Кинельский, Красноярский, Безенчукский, Приволжский, Ставропольский, Сызранский, Шигонский, Елховский)	Самара, Кинель, Новокуйбышевск, Тольятти, Чапаевск, Жигулевск (Волжский, Кинельский, Красноярский, Безенчукский, Ставропольский, Красноармейский, Елховский, Хворостянский)
	Сызранский	–	Сызрань, Октябрьск (Сызранский, Приволжский, Шигонский)
	Южно-Самарский	Хворостянский, Пестравский, Большеглушицкий, Большечерниговский, Красноармейский, Алексеевский	Пестравский, Большеглушицкий, Большечерниговский
	Нефтегорский	–	Алексеевский, Богатовский, Борский, Нефтегорский
	Отрадный	Отрадный, Похвистнево (Кинель-Черкасский, Похвистневский, Богатовский, Борский, Нефтегорский)	Отрадный, Похвистнево (Кинель-Черкасский, Похвистневский, Сергиевский)
	Северо-Самарский	Челно-Вершинский, Шенталинский, Клявлинский, Сергиевский, Иса克林ский, Кошкинский, Камышлинский	Тот же
Пензенская область	Пензенский	Пенза, Заречный (Пензенский, Мокшанский, Иссинский, Лунинский, Никольский, Городищенский, Шемышейский, Кондольский <sup>1</sup> , Лопатинский, Бессоновский)	Пенза, Заречный (Пензенский, Мокшанский, Иссинский, Лунинский, Городищенский, Шемышейский, Кондольский <sup>4</sup> , Лопатинский, Бессоновский, Малосердобинский)
	Никольский	–	Никольский
	Кузнецкий	Кузнецк (Кузнецкий, Сосноборский, Камешкирский, Неверкинский)	Тот же
	Сердобский	Сердобск (Сердобский, Кольшлейский, Малосердобинский, Бековский, Тамалинский)	Сердобск (Сердобский, Кольшлейский, Бековский, Тамалинский)
	Каменский	Каменка (Земетчинский, Вадинский, Беднодемьяновский <sup>2</sup> , Наровчатский, Нижнеломовский, Пачелмский, Башмаковский, Каменский, Белинский)	Каменка (Земетчинский, Белинский, Пачелмский, Башмаковский, Каменский)
	Нижнеломовский	–	Наровчатский, Нижнеломовский, Вадинский, Беднодемьяновский <sup>5</sup>

<sup>1</sup> В 2006 г. объединен с Пензенским районом.<sup>2</sup> Теперь Спасский.



Продолжение табл. 1

Регион	Микрорайон	Состав 2007 г. (2004 г.)	Состав 2008 г.
Саратовская область	Саратовский	Саратов, Энгельс, Маркс, Красноармейск, пгт Светлый (Саратовский, Татищевский, Красноармейский, Энгельский, Марковский, Новобурасский, Советский, Ровенский, Базарно-Карабулакский)	Саратов, Энгельс, Маркс, Красноармейск, Аткарск, пгт Светлый (Саратовский, Татищевский, Красноармейский, Марковский, Энгельский, Воскресенский, Советский, Ровенский, Федоровский, Аткарский, Лысогорский)
	Петровский	–	Петровск (Петровский, Новобурасский, Базарно-Карабулакский, Балтайский)
	Балаковский	Балаково, Вольск, Хвалынский, Пугачев, Шиханы (Пугачевский, Балаковский, Духовницкий, Вольский, Хвалынский, Балтайский, Перелюбский, Ивантеевский, Краснопартизанский, Воскресенский)	Балаково, Вольск, Хвалынский, Шиханы (Балаковский, Духовницкий, Вольский, Хвалынский)
	Пугачевский	–	Пугачев (Пугачевский, Перелюбский, Ивантеевский, Краснопартизанский)
	Ершовский	Ершовский, Дергачевский, Федоровский, Озинский	(Ершовский, Дергачевский, Озинский)
	Краснокутский	Краснокутский, Питерский, Новоузенский, Александрово-Гайский	–
	Новоузенский	–	Краснокутский, Питерский, Новоузенский, Александрово-Гайский
	Аткарский	Аткарск, Петровск (Аткарский, Лысогорский, Калининский, Петровский)	–
	Ртищевский	Ртищево (Ртищевский, Екатериновский, Аркадакский, Турковский)	Тот же
	Балашовский	Балашов (Балашовский, Романовский, Самойловский)	Балашов (Балашовский, Романовский, Самойловский, Калининский)
Ульяновская область	Ульяновский	Ульяновск (Ульяновский, Чердаклинский, Цильнинский, Майнский, Теренгульский, Сенгилеевский, Карсунский, Сурский, Вешкаймский, Старомайнский)	Ульяновск, Новоульяновск (Ульяновский, Чердаклинский, Цильнинский, Майнский, Теренгульский, Сенгилеевский, Карсунский, Сурский, Вешкаймский, Старомайнский)
	Димитровградский	Димитровград (Мелекесский, Новомалыклинский)	Тот же
	Инзенский	Барыш (Барышский, Кузоватовский, Инзенский, Базарно-Сызганский)	Тот же
	Южно-Ульяновский	Николаевский, Радищевский, Новоспасский, Старокулаткинский, Павловский	Тот же
Республика Калмыкия	Элистинский	Элиста (Целинный, Ики-Бурульский, Приютненский, Городовиковский, Яшалтинский)	Тот же
	Сарпинский	Сарпинский, Малодербетовский, Кетченеровский, Октябрьский, Юстинский	Тот же
	Черноземельский	Яшкульский, Черноземельский, Лаганский	Тот же
Республика Татарстан	Казанский	Казань, Зеленодольск (Высокогорский, Арский, Балтасинский, Кукморский, Зеленодольский, Верхнеуслонский, Лаишевский, Пестречинский, Сабинский, Камско-Устьинский, Атнинский, Тюлячинский)	Тот же
	Набережно-Челнинский	Набережные Челны, Елабуга, Нижнекамск, Заинск (Елабужский, Нижнекамский, Мензелинский, Актанышский, Муслимовский, Мамадышский, Сармановский, Заинский, Агрызский, Тукаевский, Менделеевский)	Тот же
	Альметьевский	Альметьевск, Бугульма, Лениногорск, Бавлы, Азнакаево (Альметьевский, Азнакаевский, Бавлинский, Бугульминский, Лениногорский, Ютазинский)	Тот же



Окончание табл. 1

Регион	Микрорайон	Состав 2007 г. (2004 г.)	Состав 2008 г.
Республика Татарстан	Чистопольский	Чистополь, Нурлат (Чистопольский, Алексеевский, Аксубаевский, Алькеевский, Рыбно Слободский, Черемшанский, Новшешминский, Спасский, Нурлатский)	Чистополь (Чистопольский, Алексеевский, Алькеевский, Рыбно-Слободский, Новшешминский, Спасский)
	Нурлатский	–	Нурлат (Нурлатский, Аксубаевский, Черемшанский)
	Буинский	Буинск (Апастовский, Буинский, Тетюшский, Дрожжановский, Кайбицкий)	Тот же

Сост. по: [1, 2].

Таблица 2

## Типы и характеристика ЭМ, выделяемых в пределах Поволжья

Тип ЭМ	Критерии	ЭМ
X-a	Наличие города с числом жителей свыше 300 тыс. человек Сосредоточение конечных стадий многих промышленных производств Развитие сельского хозяйства пригородного типа Наличие крупных железнодорожных узлов	Самарский, Набережно-Челнинский, Волгоградский, Казанский, Саратовский, Ульяновский, Астраханский, Пензенский
IX	Концентрация хозяйственной деятельности в больших (100–300 тыс. жителей) городах на фоне равномерного освоения территории Значение плотности сельского населения не ниже 2,6 человека на км <sup>2</sup> Преобладание численности городского населения над численностью сельского населения Развитие химической промышленности, черной и цветной металлургии, машиностроения Доля сельскохозяйственных угодий более 20% Наличие, как правило, железнодорожных узлов	Альметьевский, Балаковский, Камышинский, Димитровградский, Сызранский
VIII	Наличие малых и средних городов Доля городского населения выше 50% Присутствие таких отраслей, как электро- и теплоэнергетика, машиностроение и легкая промышленность Равномерное сельскохозяйственное освоение территории	Михайловский, Балашовский, Элистинский, Кузнецкий, Инзенский, Ахтубинский, Ртищевский, Никольский
VII	Плотность населения не ниже 2,1 человека на км <sup>2</sup> Доля городского населения от 40 до 50% Заметное развитие промышленности Равномерное сельскохозяйственное освоение территории	Отраденский, Урюпинский, Каменский, Суровикинский, Сердобский, Ершовский, Новоузенский, Пугачёвский, Петровский, Нижнеломовский, Нурлатский
VI	Доля городского населения от 20 до 40% Преобладание пищевой промышленности, работающей преимущественно на местном сырье	Чистопольский, Южно-Ульяновский, Палласовский, Харабалинский, Нефтегорский
V	Доля городского населения менее 20% Равномерное чисто сельскохозяйственное освоение Слабый охват ж/д сетью	Северо-Самарский, Южно-Самарский, Буинский, Сарпинский
IV	Плотность сельского населения менее 1,5 человека на км <sup>2</sup> Относительно равномерное экстенсивное освоение района Площадь сельскохозяйственных угодий составляет более 20% территории	Черноземельский

Сост. по: [2] с добавлением авторов данной статьи.

наиболее консервативным элементом экономико-географического поля» [8, с. 69].

Однако изменения в структуре хозяйства (связанные, прежде всего, со снижением доли обрабатывающей промышленности или её исчезновением) понемногу оказывают влияние на систему расселения, во многих случаях нарушая её целостность. Такого мнения придерживается и К. В. Аверкиева с соавторами, отмечая, что

«...целостность системы расселения и устойчивость миграционных связей во многих случаях обусловлены целостностью экономической структуры определенной территории» [9, с. 29].

Таким образом, полагаем, что можно дополнительно ввести собственно экономический критерий для определения типа ЭМ. По сути дела, единственным доступным показателем, позволяющим это сделать, является объем отгруженной



продукции (включая разделы С, D, E<sup>1</sup> классификатора ОКВЭД). Мы суммировали этот показатель по муниципальным районам, входящим в ЭМ, и отобразили на карте различия между последними (рисунок).

Концентрация ЭМ с большей стоимостью произведенной промышленной продукции отмечается в северной части Поволжского ЭР. Сюда относятся: Республика Татарстан, Ульяновская и Самарская области. В этой части Поволжского экономического района среди ЭМ по стоимости произведенной промышленной продукции заметно выделяется Самарский микрорайон – 1182 млрд рублей, затем следует Набережно-Челнинский – 935 млрд рублей, Казанский – 757 млрд рублей, Альметьевский – 675 млрд рублей.

Южная же часть Поволжского экономического района отстает по стоимости произведенной промышленной продукции от северной. Здесь явно выделяется лишь Волгоградский ЭМ – 781 млрд рублей. Немалую роль играют также Саратовский, Балаковский и Астраханский микрорайоны. Однако в этой части Поволжья стоимость произведенной продукции в большинстве районов не превышает 25 млрд рублей. Так, в Сарпинском экономическом микрорайоне данный показатель составляет наименьшее значение – 0,92 млрд рублей. Это означает, что различия в промышленном производстве по ЭМ Поволжья достигают трёх порядков.

Таким образом, в структуре Поволжского экономического района по объёмам промышленного производства отчетливо выделяется северный (Республика Татарстан, Ульяновская, Самарская и Пензенская области) и южный (Республика Калмыкия, Астраханская, Волгоградская и Саратовская области) подрайоны.

**Экономические процессы в Поволжье и изменение сетки.** Можно ли объяснить наблюдаемую перекройку сетки сдвигами в экономике поволжских регионов? До определённой степени да.

Если вернуться к определению ЭМ, данному во введении, то можно отметить изменения во многих его составляющих в отношении микрорайонов Поволжья. Так, в постсоветский период существенно сократилось число объектов социальной инфраструктуры, функции социально-культурного центра многими малыми городами были переданы «наверх».

Далее, многие районы, и прежде всего с IV по VII тип, потеряли своё «индивидуальное экономическое лицо», переориентировавшись на возделывание монокультуры, в первую очередь подсолнечника. Важной тенденцией в период 2005–2013 гг. стал также рост «...доли пищевой промышленности во вторичном секторе почти всех субъектов РФ ПЭР» [11, с.28]. Этот процесс сопровождался усилением сельскохозяйственной специализацией многих муниципальных районов,

<sup>1</sup> По отдельности эти разделы за последние годы перестали быть доступными.

для которых она стала практически единственной. Для ряда муниципальных районов Саратовской области, например, характерны почти полное исчезновение промышленности и переход к сельскохозяйственной специализации.

В результате отказа от промышленного производства произошло устаревание и выбытие производственных фондов. Все эти процессы снизили внутреннее разнообразие районов данных типов, мозаичность Поволжского экономического района в целом. По сути, все их можно причислить к зоне сельскохозяйственной периферии<sup>2</sup>.

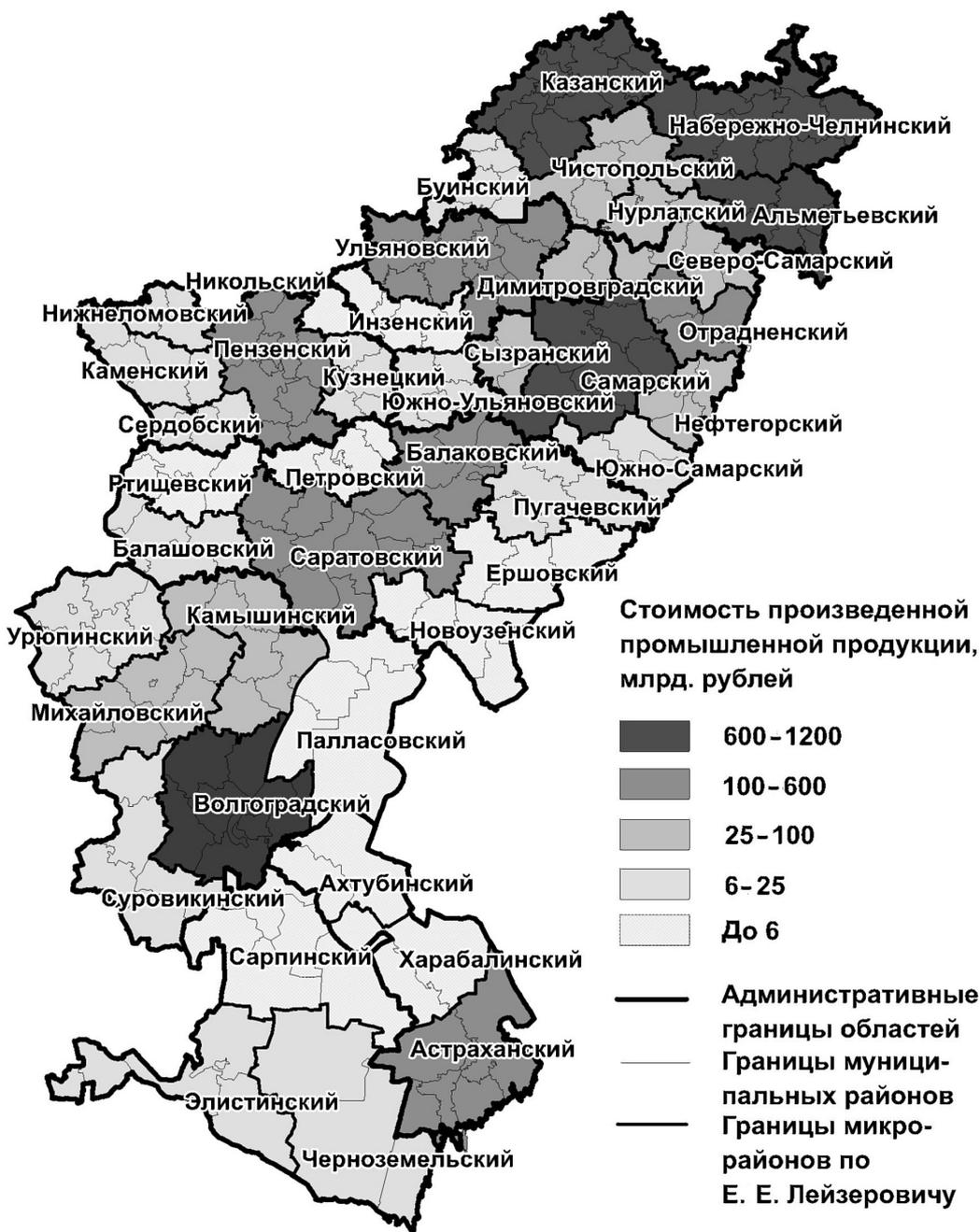
Несколько иные процессы происходили в последние два десятилетия в районах, относимых к типам VIII–X<sup>3</sup>. В них более значима роль крупных городов, чьё развитие связано как с обрабатывающей промышленностью, так и с развитием сферы услуг. Наиболее «успешными» городами, помимо областных центров, становятся вторые города регионов (см., например, [12]), но это касается полноценных вторых городов, ранг которых связан с развитой промышленностью. Это относится, прежде всего, к Самарской области и Республике Татарстан, в которых хорошо выражена промышленная функция возложена на вторые-третьи города: доля промышленного производства в Тольятти почти в 2 раза больше, чем его доля в населении области, а в Сызрани – в 4. Промышленная специализация Набережных Челнов выражена не столь значительно, как в третьих-четвертых городах – Альметьевске и Нижнекамске [3, с.23]. В результате в этих регионах, помимо столичных, выделяются такие мощные промышленные ЭМ, как Набережно-Челнинский, Альметьевский, Сызранский.

Представляется, что обрабатывающие отрасли в Поволжье развиты значительно слабее своего потенциала, прежде всего это относится к Пензенской, Саратовской и Ульяновской областям, имеющим несколько более узкий набор факторов роста, чем, например, Республика Татарстан [11, с.29]. В послесоветский период самыми устойчивыми оказались экономики регионов, в недрах которых сосредоточены месторождения углеводородов. На их базе развивается нефтепереработка и нефтехимия. В то же время доля машиностроения, для которого сырьевой фактор менее значим (за исключением тяжёлого), снизилась.

**Заключение.** Таким образом, представляется, что методологию выделения экономических микрорайонов, предложенную Е. Е. Лейзеровичем, можно дополнить оценкой уровня развития промышленного производства в условиях, когда ранг города часто не соответствует его экономиче-

<sup>2</sup> За исключением в отдельных случаях существенного вклада добывающей промышленности в некоторых районах Астраханской и Самарской областей, Республики Татарстан.

<sup>3</sup> VIII тип здесь переходный. Ему не свойственны большие города, тем не менее, представленность промышленности здесь в теории большая, чем в районах предыдущих типов (насколько это так в действительности, нужно смотреть по каждому ЭМ).



Районные различия в промышленном производстве (рассчитано и составлено авторами по: [10])

ской роли. По приведённому картографическому материалу можно отметить концентрацию произведённой промышленной продукции в микрорайонах IX и X типа.

При сравнении версий сеток микрорайонирования в Поволжье были выделены и типологизированы новые районы. По нашему мнению, именно принцип выделения микрорайонов должен быть положен в основу районирования регионов Поволжья (и страны в целом) для целей территориального планирования (по Саратовской области см. [13]).

#### Библиографический список

1. Лейзерович, Е. Е. Сетка экономических микрорайонов России. Вариант 2008 года // Региональные исследования. 2010. № 4 (30). С. 14–28.
2. Лейзерович, Е. Типология местностей России (экономические микрорайоны России: сетка и типология) // Социальная реальность. 2007. № 7. С. 84–125.
3. Преображенский, Ю. В. Эффект второго города в экономическом развитии субъектов РФ Поволжского экономического района // Изв. Саратовского университета. Нов. сер. Сер. Науки о Земле. 2015. Т. 15, вып. 2. С. 21–26.



4. *Ткаченко, А. А.* О районировании Е. Е. Лейзеровича // Региональные исследования. 2010. № 4. С. 28–31.
5. *Родоман, Б. Б.* Районирование как обладание пространством // Региональные исследования. 2017. № 3 (57). С. 4–12.
6. *Смирнягин, Л. В.* Методические подходы к районированию в общественной географии // Вестник Московского университета. Сер. 5, География. 2011. № 6. С. 13–19.
7. *Каганский, В. Л.* Районирование Лейзеровича : трудный подарок социологу // Социальная реальность. 2007. № 7. С. 81–83.
8. *Шупер В. А.* Почему не происходит сжатие социально-географического пространства // Сжатие социально-экономического пространства : новое в теории регионального развития и практике его государственного регулирования. М. : Эслан, 2010. 428 с.
9. *Аверкиева, К. В., Антонов, Е. В., Денисов, Е. А., Фаддеев, А. М.* Территориальная структура городской системы севера Свердловской области // Известия РАН. Сер. географическая. 2015. № 4. С. 24–38.
10. Федеральная служба государственной статистики [Электронный ресурс]. URL: <http://www.gks.ru/dbscripts/munst/munst63/DBInet.cgi/> (дата обращения 20.06.2018).
11. *Преображенский, Ю. В.* Трансформация отраслевой структуры экономики субъектов Российской Федерации Поволжского экономического района в 2005–2013 годах // Изв. Саратов. ун-та. Нов. сер. Сер. Науки о Земле. 2015. Т. 15, вып. 4. С. 24–29.
12. *Власова, Н. Ю., Тургель, И. Д.* Факторы и тенденции развития «вторых» городов старопромышленных регионов // Социально-экономическая география : история, теория, методы, практика : сб. науч. ст. Смоленск : Универсум, 2016. С. 421–427.
13. *Преображенский, Ю. В.* Пространственные аспекты в «Стратегии социально-экономического развития Саратовской области до 2030 года» // Изв. Саратов. ун-та. Нов. сер. Сер. Науки о Земле. 2017. Т. 17, вып. 4. С. 227–231.

**Образец для цитирования:**

*Преображенский Ю. В., Романова А. Ю.* Изменение сетки экономических микрорайонов в Поволжском экономическом районе // Изв. Саратов. ун-та. Нов. сер. Сер. Науки о Земле. 2018. Т. 18, вып. 4. С. 234–242. DOI: <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2018-18-4-234-242>

**Cite this article as:**

Preobrazhenskiy Yu. V., Romanova A. Yu. Change of the Economic Districts Grid in the Volga Economic Region. *Izv. Saratov Univ. (N. S.), Ser. Earth Sciences*, 2018, vol. 18, iss. 4, pp. 234–242 (in Russian). DOI: <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2018-18-4-234-242>



УДК 551.582 (470.44)

## АГРОКЛИМАТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СЕЗОНОВ ГОДА САРАТОВСКОЙ ОБЛАСТИ

С. И. Пряхина, Е. И. Ормели

Пряхина Софья Ивановна, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского, psi267269@yandex.ru

Ормели Екатерина Ивановна, аспирант, Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского, meteokatenok@mail.ru

В статье по ежедневным метеорологическим данным за семидесятилетний период (1941–2011 гг.) дается агроклиматическая характеристика сезонов года Саратовской области. Рассматриваются структура, продолжительность и погодные условия каждого сезона.

**Ключевые слова:** агроклиматическая характеристика, сезоны года, радиационный баланс.

### Agroclimatic Characterisation of the Seasons of the Year in Saratov Region

S. I. Pryakhina, E. I. Ormeli

Sofya I. Pryakhina, <https://orcid.org/0000-0002-7226-6129>, Saratov State University, 83, Astrakhanskaya Str., Saratov, Russia, 410012, psi267269@yandex.ru

Ekaterina I. Ormeli, <https://orcid.org/0000-0002-0486-4047>, Saratov State University, 83, Astrakhanskaya Str., Saratov, Russia, 410012, meteokatenok@mail.ru

In the article on daily meteorological data for the seventy-year period (1941–2011), the agroclimatic characterisation of the seasons of the year in the Saratov region are given. The structure, duration and weather conditions of each season are considered.

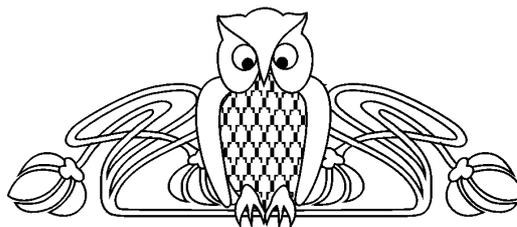
**Key words:** agroclimatic characterization, seasons of the year, radiation balance.

DOI: <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2018-18-4-243-247>

### Введение

В умеренных широтах изменения составляющих теплового и водного режима, а следовательно, и погодных условий достаточно велики, поэтому смена времен года – один из самых важных природных ритмов. Временные границы сезонов определяются как климатическими, так и географическими особенностями, в связи с чем для каждого крупного региона они должны устанавливаться отдельно.

Объективно подойти к выделению климатических сезонов и их фаз в Саратовской области позволил анализ хода радиационного баланса, характера изменений подстилающей поверхности,



ежедневного хода синоптических процессов и погодных условий, средней суточной, максимальной и минимальной температуры и характера осадков за 70-летний период. Годовой динамике природных процессов региона соответствуют четыре сезона. Лето и зима характеризуются трехфазной структурой, а переходные сезоны – двухфазной. Главные погодные характеристики сезона наиболее ярко выражаются в течение центральной его фазы, которая обычно является и самой продолжительной. Основные сезоны – летний и зимний – длятся 4,5–5 месяцев, а переходные – от одного до полутора месяца.

### Зима

В конце октября на территории области радиационный баланс становится отрицательным. Начинают преобладать процессы выхолаживания подстилающей поверхности, которые приводят к переходу средней суточной температуры через 0°C.

Зима в Саратовской области в северных и центральных районах начинается с первой, а в южных – со второй декады ноября и продолжается на юге до середины, а на севере – до конца марта. В это время происходит устойчивый переход средней суточной температуры через 0°C, хотя максимальная температура днем имеет еще положительные значения. Зима устанавливается постепенно. В среднем по области ее продолжительность меняется от 145 дней на севере до 135 дней на юге. В структуре зимнего сезона выделяются три фазы: предзимье, разгар зимы и спад зимы [1].

Обычно начало зимы знаменуется выпадением первого снега и образованием снежного покрова, но снег лежит недолго – всего несколько дней. В это время периоды похолодания сменяются потеплениями, сухие дни чередуются с влажными, малооблачные – с облачными и пасмурными. Осадки выпадают как в жидком, так и в твердом виде. Данный период характеризуется как фаза предзимья. Конец фазы приходится на середину декабря и характеризуется образованием устойчивого снежного покрова, а также переходом через 0°C не только средней суточной, но и максимальной температуры.

В основную часть зимнего периода радиационный баланс становится отрицательным, снежный покров держится устойчиво, господствует морозная погода. Эта фаза зимы с вероятностью 50% начинается в середине декабря и продолжается до начала марта. Бывают годы, когда зима начинается



без предвзвешивания, когда резко падает температура и образуется устойчивый снежный покров. Такими были зимы 1963/1964 гг. и 1969/1970 гг.

Снежный покров появляется в Саратовской области обычно в середине ноября. В этот период он неустойчив, так как температура воздуха довольно высокая (в среднем на 2–3°C выше нуля). Средняя дата образования устойчивого снежного покрова по области конец ноября – начало декабря. Устойчивое залегание снежного покрова продолжается обычно 132–146 дней в Правобережье и 120–130 дней в Заволжье. В зависимости от погоды дата образования и разрушения устойчивого снежного покрова от года к году значительно изменяется. К концу зимы высота снега в Правобережье достигает 30–40 см, в Левобережье – 20 см, но в отдельные годы может достигать 50–57 см, а в Заволжье – 25 см [2, 3].

Ни один сезон года не характеризуется такими большими колебаниями температуры воздуха, как зимний. В зимнее время частая смена воздушных масс приводит к значительным межсуточным перепадам температур и давления. Средний перепад температур в зимний сезон составляет 7–9°C. Наиболее резкие перепады средней суточной температуры – 10°C и более – тоже не редкость.

Самыми холодными периодами являются январь и первая половина февраля. Средняя месячная температура января в северо-западных лесных районах изменяется от –8°C до –11°C, а в Заволжских районах она снижается до –14°C. В отдельные холодные годы по территории области минимальные температуры воздуха опускались до –40°C (табл. 1) [2].

Зимой в области часто наблюдаются оттепели. В среднем они составляют 10–11 дней за январь и февраль, но бывают годы, когда число дней с оттепелью (декабрь–февраль) возрастает до 30 и

более. В декабре их повторяемость наибольшая. Оттепели среди зимы следует рассматривать как неблагоприятное метеорологическое явление, так как они приводят к уплотнению снега и образованию ледяной корки, повреждающей зимующие растения [4].

Ветровой режим зимнего сезона характеризуется преобладанием северо-западных и южных ветров. Наименьшую повторяемость имеют северные и северо-восточные ветры. Чаще всего отмечается ветер со скоростью 2–5 м/с, увеличивается повторяемость сильных ветров более 15 м/с. Зимой часты метели. Преобладающие ветры при метелях – восточные, на юге Заволжья – юго-западные.

За зимний период с ноября по март по области средняя сумма осадков изменяется от 112 мм в Александров Гай до 154 мм в Балашове (табл. 2).

С первых чисел марта зима вступает в последнюю фазу – спад зимы. Она характеризуется быстрым увеличением продолжительности дня и полуденной высоты Солнца. От февраля к марту резко сокращается число дней с морозной погодой. На юге территории области в середине, а на севере в конце марта зима заканчивается, в это время среднесуточная температура переходит через нулевую отметку.

## Весна

Весна – это период времени от разрушения устойчивого снежного покрова и перехода средней суточной температуры через 0°C к положительным значениям до окончания заморозков в воздухе и перехода средней суточной температуры через 10°C, а средней максимальной через +15°C. Весна в регионе очень активная, она продолжается в среднем 40–45 дней. В структуре весны выделяется две фазы: снеготаяние и разгар весны [1].

Таблица 1

Средняя месячная и годовая температура воздуха, °C

Станция	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Черкасское	-12,8	-11,9	-5,8	5,9	14,3	18,5	20,5	19,0	12,5	4,1	-2,6	-8,6	4,4
Балашов	-10,6	-10,4	-4,6	6,3	14,5	18,6	20,6	19,2	12,9	5,2	-1,5	-7,6	5,2
Саратов	-11,0	-11,4	-4,8	6,6	15,0	19,4	21,4	19,9	14,0	5,4	-2,0	-8,3	5,3
Ершов	-12,9	-12,4	-6,3	6,3	15,0	19,9	22,2	20,5	13,8	5,1	-2,5	-9,2	5,0
Александров Гай	-12,7	-12,1	-4,9	7,9	16,3	21,0	23,6	22,0	14,9	6,1	-1,7	-8,3	6,0

Таблица 2

Месячное и годовое количество осадков, мм, с поправкой на смачивание

Станция	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Черкасское	32,0	25,0	26,0	29,0	43,0	43,0	49,0	47,0	39,0	42,0	38,0	35,0	448,0
Балашов	33,0	29,0	28,0	31,0	40,0	55,0	52,0	53,0	37,0	42,0	40,0	41,0	481,0
Саратов	32,0	26,0	28,0	29,0	43,0	45,0	51,0	44,0	39,0	41,0	37,0	36,0	451,0
Ершов	26,0	21,0	22,0	23,0	36,0	34,0	38,0	31,0	29,0	35,0	37,0	30,0	362,0
Александров Гай	25,0	21,0	20,0	22,0	26,0	28,0	31,0	27,0	21,0	30,0	32,0	29,0	312,0



Перестройка циркуляционных процессов на летний тип, увеличение продолжительности солнечного сияния способствуют приходу радиационного тепла. К 20-м числам марта заканчиваются устойчивые морозы, средняя суточная температура приближается к нулю, а максимальная температура в дневные часы принимает положительные значения. Начинается первая фаза весны – снеготаяние.

Снеготаяние начинается почти одновременно на всей территории во второй половине марта и продолжается в течение 13–20 дней. В отдельные годы сход снежного покрова наблюдается в течение 5–10 дней или, наоборот, затягивается до 25–30 дней. В этот период радиационный фактор играет главную роль в формировании погоды. Под влиянием приходящей солнечной радиации снежный покров уплотняется, а затем тает, и начинается сток талых вод. Полный сход снега с полей происходит на 5–9-й день после установления положительных суточных температур обычно в конце марта и начале апреля.

Вторая фаза – разгар весны – начинается на юге с конца марта, а на севере с начала апреля и в основном продолжается до конца апреля, до перехода средней суточной температуры через 10°C, а максимальной через 15°C. Во второй фазе происходят значительные изменения подстилающей поверхности. Со сходом снежного покрова значительно уменьшается ее альbedo, что приводит к возрастанию поглощенной радиации и подъему температуры.

Осадки чаще всего носят ливневой характер. Количество их изменяется в больших пределах. Число дней с осадками резко сокращается по сравнению с числом дней в зимние месяцы, а суточные суммы осадков значительно увеличиваются. Количество осадков весной за апрель–май в области колеблется от 90 мм на северо-западе до 52 мм на крайнем юго-востоке. Для сельского хозяйства наиболее опасны сухие весны, когда за апрель и май выпадает менее 54,5 мм, что составляет 80% осадков от нормы [5].

Большой интерес для сельского хозяйства представляет продолжительность периода между датами перехода температуры через 0°C и 10°C, т. е. до наступления активной вегетации растений. За этот период поспевают почва, производятся сельскохозяйственные работы, связанные с ее обработкой и проведением сева. Повсеместно по области переход температуры через 0°C наблюдается с конца марта до 5 апреля, а через 10°C после 20 апреля. Продолжительность периода перехода температуры от 0 до 10°C составляет в среднем 25 дней [4].

В апреле наблюдается большое разнообразие погодных условий. Наряду с теплой засушливой можно наблюдать и морозную погоду. Если максимальная температура апреля ежегодно поднимается выше 20°C, то минимальная почти ежегодно опускается ниже 0°C. Наибольшая повторяемость

низких температур связана с северо-восточным ветром, а температура выше 20°C чаще всего наблюдается при южном и юго-западном ветрах. Преобладающее направление ветра в Балашове и Саратове юго-восточное, а в заволжских районах – северо-восточное.

В начале апреля на юге и в середине этого месяца на севере области средняя суточная температура переходит через 5°C, и начинается вегетация растений. В конце апреля – начале мая средняя суточная температура переходит через 10°C, а максимальная – через 15°C, сравнительно короткая весна заканчивается и начинается лето. В это время обычно распускаются листья на деревьях, и начинается продолжительное жаркое лето.

## Лето

Летом над регионом ослабляется атмосферная циркуляция и устанавливается более устойчивый метеорологический режим, обусловленный радиационными процессами. Межсуточная изменчивость температуры и давления воздуха летом меньше, чем в другие сезоны.

Термическому режиму начала лета соответствует устойчивый переход средней суточной температуры воздуха через 10°C: на юге области со второй половины апреля (Александров Гай – 22 апреля), а на севере с начала мая (Хвалынский – 1 мая). В регионе летний период продолжается около пяти месяцев. В его динамике выделяется три фазы: предлетье, разгар лета и спад лета [1].

Первая фаза заканчивается на юге области – в Александров Гай – 10 мая, а на севере – в Хвалынске – 25 мая, и наступает центральная фаза – разгар лета. Эта фаза характеризуется переходом среднесуточной температуры через 15°C, а максимальной через 20°C. Минимальная температура при этом начинает превышать 10°C. Разгар лета в нашей области – это господство жаркой и сухой погоды. Повсеместно данная центральная фаза летнего сезона заканчивается при переходе средней суточной температуры воздуха через 15°C в первой декаде сентября. Наступает последняя фаза – спад лета, продолжающаяся обычно до конца сентября.

Наиболее теплым месяцем является июль. Среднемесячная температура в июле изменяется по области от 20°C на северо-западе до 24°C на юго-востоке. На большей части территории в течение всего летнего сезона средняя месячная температура составляет более 15°C, а в июне, июле и августе, за исключением северных районов, температура, как правило, выше 20°C.

В Саратове с июня наступают самые жаркие дни. В июле максимальная температура может достигать 40°C на северо-западе – в Балашове, а в Александров Гай 44°C. Амплитуда суточного хода температуры воздуха составляет 11–15°C. В среднем за лето насчитывается около 25 дней с температурой выше 30°C, но в отдельные годы их



число может быть в 2–3 раза больше, например в 1954, 1957, 1972 и 2010 гг. Чаще всего жаркая погода наблюдается при ветрах с восточной составляющей, при этом в 54% случаях скорость ветра составляет 5–8 м/с. В среднем продолжительность летнего сезона на севере области составляет 160, а на юге-востоке – 170 дней.

С переходом температуры воздуха через 10°C начинается активная вегетация растений. Рост и развитие сельскохозяйственных культур, степень их вызревания и урожайности зависят от продолжительности периода вегетации, обеспеченности его теплом и влагой. Область располагает большими тепловыми ресурсами. Сумма активных температур выше 10°C по территории области изменяется с севера на юг от 26°C в Хвалынске до 31°C в Александров Гае, с запада на восток она изменяется от 28°C в Саратове и Балашове до 29°C в Ершове.

В районах, где продолжительность периода со средней суточной температурой выше 10°C составляет 120–150 дней, значительно увеличивается удельный вес пшеницы. В районах с продолжительностью вегетационного периода 150–180 дней создаются благоприятные условия для возделывания культур со сравнительно повышенными требованиями к теплу – кукурузы на зерно, сахарной свеклы, риса, сои, подсолнечника на семена. В районах с продолжительностью периода активной вегетации более 180 дней создаются благоприятные условия для позднеспелых сортов кукурузы, риса и других требовательных к теплу культур.

Летом почти на всей территории области преобладают северные и северо-западные ветры. В левобережных районах наряду с этими ветрами почти одинаковую повторяемость имеет северо-восточный ветер. Скорость ветра невелика, в Правобережье 3,6–4,0 м/с, в Заволжье чуть больше – 3,8–4,5 м/с.

Летние осадки часто имеют ливневый характер. За летние месяцы (с мая по сентябрь) в долине Волги выпадает 220 мм, в Правобережье – 220–230 мм, в Заволжье – от 168 в Ершове до 130 мм в Александров Гае, что составляет около 40% годовой суммы осадков [2].

Главная особенность климата – частая повторяемость засух и суховеев. За последние 100 лет повторяемость засух в период весенне-летней вегетации составила в среднем 46%, т. е. практически каждый второй год отмечаются засушливые явления той или иной интенсивности [4].

## Осень

Осень – переходный климатический сезон от лета к зиме, в течение которого угасают признаки лета, появляются и возрастают признаки приближающейся зимы. Началу осени соответствует устойчивый переход средней суточной температуры воздуха через 10°C. В конце осени отмечается

колебание температуры около 0°C. Осенний сезон на территории области короткий – в среднем 45 дней.

Осенью происходит смена летнего типа циркуляции атмосферы на зимний, что приводит к прекращению засушливой погоды. В осеннем сезоне наблюдается две фазы: становление осени и поздняя осень [1].

К началу первой фазы осени, которая является последней фазой в вегетационном периоде растений, деревья и кустарники приобретают осеннюю окраску, поэтому ее называют еще золотой осенью. Данная фаза отмечается, когда средняя суточная температура воздуха перешла через 10°C. В фазе становления осени характерны возвраты тепла – бабье лето. Они связаны с выносом теплых масс воздуха с юга или с установлением отрога субтропического антициклона. Для Саратовской области в основном характерны два-три периода бабьего лета: один в конце сентября, остальные в начале или середине октября. В такие дни стоит малооблачная сухая без осадков погода. Средняя суточная температура даже в октябре поднимается до 20°C. Средняя продолжительность этих периодов около 5 дней.

С наступлением осени уменьшается продолжительность светового дня и приход солнечной радиации, что приводит к большому перепаду средней месячной температуры воздуха от сентября к октябрю.

С переходом средней суточной температуры воздуха через 5°C, а максимальной через 10°C наступает вторая фаза – поздняя осень. Начало этой фазы на севере приходится на вторую половину октября, а на юге области – на конец данного месяца. Это период появления заморозков в ночные часы. Увеличивается облачность, осадки выпадают как в виде дождя, так и в виде мокрого снега, снежной крупы, мороси. В начале ноября на севере и во второй декаде на юге области средняя суточная температура приближается к нулевой отметке. Заканчивается короткая, сухая осень и наступает продолжительный холодный зимний сезон.

Повсеместно по области осень в среднем наступает в начале октября, а заканчивается во второй декаде ноября. Период перехода средней суточной температуры воздуха от 10 до 5°C составляет 20–25 дней. В этот период производятся работы, связанные с осенней обработкой почвы и уборкой урожая. По многолетним наблюдениям в области осенью стоит сухая погода с большим количеством солнечных дней. Озимые культуры набирают 300°C эффективных температур и благополучно проходят две фазы закалывания [4].

В осенние месяцы (сентябрь-октябрь) происходит плавное убывание осадков с северо-запада на юго-восток. Максимальное количество осадков отмечается в Балашове (80 мм) и Хвалынске (81 мм), а на юго-востоке, в Александров Гае, они составляют 50 мм.



Чаще всего низкие температуры в октябре наблюдаются при северных, северо-восточных и северо-западных ветрах. Преобладающими ветрами в октябре являются западные и северо-западные. Средняя месячная скорость ветра составляет 4,5 м/с. Ветер со скоростью 15 м/с наблюдается в среднем один раз в месяц. Увеличивается число дней с туманом. В конце октября заканчивается листопад, и в первой декаде ноября в северных районах области наступает зима.

#### Выводы

Своеобразие климата Саратовской области состоит в его засушливости, высокой степени континентальности и большой изменчивости погоды от года к году. Для него характерна холодная малоснежная зима, короткая засушливая весна и сухое лето.

Анализ ежедневного метеорологического материала по станциям Саратовской области показал, что потепление зимнего сезона и увеличение осадков в этот период создают более благоприятные условия для зимующих культур, а повышение температуры воздуха в мае в последние десятилетия способствует усилению засушливых явлений в начале лета, что неблагоприятно сказывается на

возделывании яровых зерновых культур. Увеличение посевных площадей под озимые культуры будет способствовать более рациональному использованию естественных природных ресурсов региона.

#### Библиографический список

1. Пряхина, С. И. Климатическая характеристика сезонов // Климат Саратова / под ред. Ц. А. Швер. Л. : Гидрометеиздат, 1987. С. 91–102.
2. Научно-прикладной справочник по климату СССР. Сер. 3. Многолетние данные. Ч. 1–6. Л. : Гидрометеиздат, 1988. 647 с.
3. Пряхина, С. И., Васильева, М. Ю., Котова, А. А. Агроклиматическая характеристика зимнего сезона города Саратова // Изв. Саратов. ун-та. Нов. сер. Сер. Науки о Земле. 2016. Т. 16, вып. 2. С. 78–81.
4. Пряхина, С. И., Фридман, Ю. Н., Васильева, М. Ю. Мониторинг климата Саратовской области // Изв. Саратов. ун-та. Нов. сер. Сер. Науки о Земле. 2006. Т. 6, вып. 1. С. 15–18.
5. Пряхина, С. И., Котова, А. А., Котова, К. А. Типизация весен Саратова по тепловлагообеспеченности // Изв. Саратов. ун-та. Нов. сер. Сер. Науки о Земле. 2016. Т. 16, вып. 3. С. 147–151.

---

#### Образец для цитирования:

Пряхина С. И., Ормели Е. И. Агроклиматическая характеристика сезонов года Саратовской области // Изв. Саратов. ун-та. Нов. сер. Сер. Науки о Земле. 2018. Т. 18, вып. 4. С. 243–247. DOI: <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2018-18-4-243-247>

#### Cite this article as:

Pryakhina S. I., Ormeli E. I. Agroclimatic Characterisation of the Seasons of the Year in Saratov Region. *Izv. Saratov Univ. (N. S.), Ser. Earth Sciences*, 2018, vol. 18, iss. 4, pp. 243–247 (in Russian). DOI: <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2018-18-4-243-247>

---



УДК 502.656

## АНАЛИЗ ФАКТОРОВ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ФОНОВОГО ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ В ТРАНСГРАНИЧНОМ БАСЕЙНЕ РЕКИ УРАЛ

Ж. Т. Сивохи́п

Сивохи́п Жанна Тарасовна, кандидат географических наук, старший научный сотрудник отдела ландшафтной экологии, Институт степи УрО РАН, Оренбург, [sivohip@mail.ru](mailto:sivohip@mail.ru)

Трансграничный бассейн р. Урал относится к числу ключевых аграрно-индустриальных регионов Российской Федерации и Республики Казахстан, водосборная часть которого расположена преимущественно в пределах степной зоны. Несмотря на масштабное промышленное освоение территории бассейна р. Урал регион сохраняет сельскохозяйственную специализацию, которая отражает зональную специфику степных ландшафтов и относится к отраслям фонового природопользования. Для аграрного природопользования бассейна р. Урал характерен длительный период синхронного освоения, особенно в пределах приграничных степных участков. Доминирование социально-экономических факторов без учета природно-зональной специфики обусловило активизацию деградационных процессов в природных геосистемах трансграничного бассейна.

**Ключевые слова:** трансграничный бассейн, региональное природопользование, природно-зональные условия, пространственно-временная специфика, синхронизация аграрного освоения.

**Analysis of the Factors of Spatial Transformation of Ground Land Use in the Trans-Boundary Basin of the Ural River**

Zh. T. Sivokhip

Zhanna T. Sivokhip, <https://orcid.org/0000-0001-5704-0554>, Institute of Steppe of UB RAS, 11, Pionerskaya Str., Orenburg, 460000, Russia, [sivohip@mail.ru](mailto:sivohip@mail.ru)

Trans-boundary basin of the river Ural is one of the key agrarian-industrial regions of the Russian Federation and the Republic of Kazakhstan, the catchment part of which is located mainly within the steppe zone. Despite the large-scale industrial development of the basin of the river Ural, region retains its agricultural specialization, which reflects the zonal specificity of steppe landscapes and belongs to the sectors of the background nature management. The agrarian nature management of the Ural river basin is characterized by a long period of synchronized development, especially within the frontier steppe areas. The dominance of socio-economic factors, without taking into account the natural-zonal specifics, led to the activation of degradation processes in the natural ecosystems of the trans-boundary basin.

**Key words:** trans-boundary basin, regional land use, natural and zonal conditions, spatio-temporal specifics, synchronization of agrarian development.

DOI: <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2018-18-4-248-254>

### Введение

В условиях значительного антропогенного преобразования естественных ландшафтов природопользование выступает как основной процесс



взаимодействия природной среды и общества, формирующий конкретную (региональную) модель освоения территории. Базовое понятие для изучения региональных схем освоения территории – «тип природопользования», под которым подразумевается технологически однородная и территориально конкретная форма использования природно-ресурсного потенциала с типичными связями хозяйственной деятельности населения и природной среды [1]. Для каждого типа природопользования характерны пространственные аспекты, выражающиеся через территориальную структуру (территориальную организацию) и временные (динамические) аспекты, выражающиеся в последовательной смене в пределах конкретной территории ряда систем природопользования [1].

Речной бассейн представляет собой сложную природно-хозяйственную систему, оптимальное функционирование которой определяется стабильным ходом природных процессов на фоне устойчивого природопользования. Общность вещественно-энергетических потоков в границах водосборных территорий определяет универсальный характер речного бассейна как природной геосистемы в аспекте изучения региональной структуры природопользования. Кроме того, для многих региональных систем природопользования реки выступают в роли основного каркаса хозяйственного освоения, особенно на начальных этапах [2].

Следует учесть, что в границах национальных речных бассейнов структура регионального природопользования детерминируется, в первую очередь, спецификой территориального сочетания природных и социально-экономических ресурсов. В пределах трансграничных речных бассейнов, кроме отмеченных факторов, существенное значение имеет реализация основных функций государственной границы – барьерной или контактной. В итоге с учетом вышесказанного цель проведенного исследования – анализ пространственно-временной специфики регионального природопользования в бассейне р. Урал с учетом взаимодействия природно-зональных и социально-экономических факторов.

### Материалы и методы исследования

Для изучения пространственно-временной специфики региональных систем природопользования были проанализированы многолетние (1990–2015 гг.) данные о структуре землеполь-



зования областных ГУ «Управления земельных отношений» Республики Казахстан. Посредством дешифрирования мозаики космоснимков Landsat ранее была сформирована геоинформационная база тематических слоев, в результате анализа которых составлена схема территориальной ор-

ганизации природопользования в трансграничном бассейне р. Урал. В исследовании были использованы слои, отражающие пространственную организацию земель бассейна р. Урал: контуры пахотных угодий, промышленного производства, населенных пунктов (рис. 1).

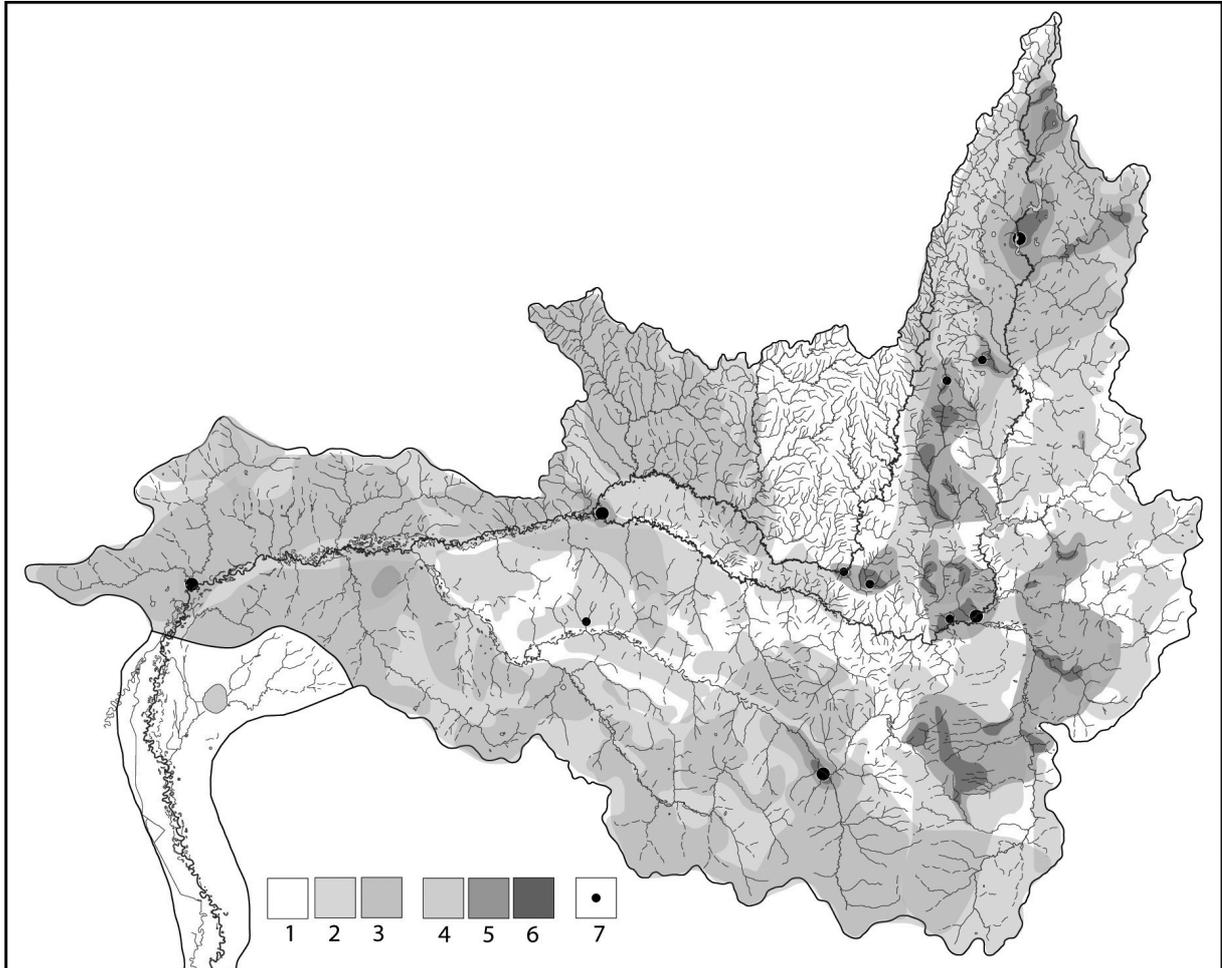


Рис. 1. Пространственная организация природопользования в трансграничном бассейне р. Урал (верхнее и среднее течение) (картосхема выполнена В. М. Павлейчик): 1 – слабоосвоенные участки; 2 – участки развития фоновое (сельского хозяйства) природопользования; 3 – участки преобладающего развития фоновое (сельского хозяйства) природопользования; 4 – участки с сочетанием фоновое и индустриального природопользования; 5 – участки, характеризующиеся преобладающим развитием индустриального природопользования; 6 – участки промышленно-урбанистического природопользования; 7 – крупные промышленные центры

### Результаты и их обсуждение

Сельское хозяйство как основной тип фоновое природопользования в трансграничном бассейне р. Урал характеризуется значительной территориальной и отраслевой дифференциацией. Исследуемая территория характеризуется достаточно высокими показателями агропотенциала, особенно в пределах лесостепных и степных водосборных участков. Ключевыми предпосылками интенсивного аграрного освоения стали благоприятные природные условия (прежде всего, почвенные и климатические ресурсы), а также социально-экономические (трудовые ресурсы,

история освоения, социальная и производственная инфраструктура и др.) (табл. 1).

Необходимо отметить, что в отличие от других трансграничных территорий азиатской части России для аграрного природопользования бассейна р. Урал характерен длительный период синхронного освоения, особенно в пределах приграничных степных участков (рис. 2).

Данная синхронизация в пределах исследуемого бассейна обусловлена следующими факторами: – физико-географической идентичностью природных зон в районах непосредственного приграничного контакта, что отразилось на специализации фоновое природопользования



Таблица 1

**Природные и социально-экономические предпосылки развития фонового природопользования в Западно-Казахстанской области**

Районы	Численность занятых в сельском хозяйстве, чел.	Доля занятых в сельском хозяйстве, %	Обеспеченность, га/чел.	Зональные группы почв
Акжайикский	10852	48	215	Пустынно-степные светло-каштановые
Бурлинский	4136	13	124	Сухостепные каштановые и темно-каштановые
Жангалинский	5902	48	325	Пустынно-степные светло-каштановые
Зеленовский	12414	41	54	Сухостепные каштановые и темно-каштановые
Казталовский	7100	50	250	Пустынно-степные светло-каштановые
Сырымский	4824	45	232	Пустынно-степные светло-каштановые
Таскалинский	4206	44	186	Сухостепные среднепродуктивные темно-каштановые солонцеватые
Теректинский	6670	33	106	Сухостепные каштановые и темно-каштановые
Чингирлауский	3151	37	218	Сухостепные каштановые и темно-каштановые



Рис. 2. Динамика ареалов пахотных угодий в бассейне р. Орь (левый приток р.Урал) (Google Earth 2014 г., белым цветом оконтурены границы пахотных угодий по состоянию на 1985 г.; пунктирная линия – Российско-Казахстанская государственная граница)



с доминированием растениеводства в районах распространения черноземных почв и животноводства в более засушливых районах;

– историко-географической и этнокультурной идентичностью придолинных участков р. Урал, определившей начало синхронного хозяйственного освоения исследуемой территории в XX столетии. В частности, в конце XIX – начале XX в. началось целенаправленное переселение крестьян из европейской части Российской империи на новые земли, в том числе и в Оренбургскую губернию (стольпинская аграрная реформа). Дальнейшему укреплению региональной системы расселения способствовало масштабное освоение целинных земель в степных районах;

– геополитической идентичностью – в течение длительного периода территория бассейна р. Урал была частью единого социалистического государства и соответственно интенсивность хозяйственного освоения определялась общей социально-экономической стратегией.

Общеизвестно, что ориентация сельского хозяйства на природно-зональную специфику (увлажнение, почвенное плодородие) соответствует представлениям об оптимальной территориальной организации фонового природопользования. В целом природно-зональные условия определили пространственную специфику фонового природопользования в бассейне р. Урал, прежде всего, на начальных этапах освоения. В течение длительного периода в пределах исследуемой территории сохранялась достаточно четкая зональная специализация фонового природопользования. Районы интенсивного развития растениеводческой отрасли соответствовали распространению зональных типов почв (различных подтипов черноземов), а районы традиционного животноводства охватывали более южные засушливые степные ландшафты на темно-каштановых почвах. Кроме того, сложная и неоднородная ландшафтная структура степных водосборов бассейна р. Урал исполняла роль естественного лимитирующего фактора для развития богарного земледелия. Отметим, что ведущее значение природно-зональных условий как фактора пространственной организации фонового природопользования сохранялось в бассейне р. Урал до середины XX столетия.

Начиная с середины XX столетия усиливается значение социально-экономических условий как факторов пространственной трансформации фонового природопользования. Например, в период целинной кампании для решения продовольственных задач границы распространения богарного земледелия сместились на юг, охватив степные плакорные пространства с каштановыми почвами [3]. Максимальные площади целинных земель были распаханы в Оренбургской и Актыбинской областях. В итоге в течение 50–70-х гг. в пределах отдельных участков бассейна р. Урал были распаханы практически все пахотнопригодные земли, в том числе потенциально низкопродуктивные

(почвы с легким механическим составом, солонцы, каменистые почвы и др.).

В постсоветский период в пределах трансграничного бассейна р. Урал произошла значительная трансформация сельскохозяйственного природопользования как в российских регионах, так и в Республике Казахстан. На снижение интенсивности аграрного производства оказали влияние как общие факторы (социально-экономический кризис, депопуляция и отток населения из сельской местности, деградация почв и др.), так и внутрирегиональные. С учетом последних в настоящее время в трансграничном бассейне р. Урал наблюдаются значительные региональные различия в территориальной и отраслевой структуре фонового природопользования. В первую очередь, данная дифференциация проявляется в интенсивности аграрного освоения, динамике численности сельского населения, структуре сельскохозяйственных земель, организации сельскохозяйственного производства и др. Отметим, что наиболее серьезные изменения произошли в структуре фонового природопользования в казахстанской части бассейна р. Урал, что связано с масштабной перестройкой аграрного сектора в соответствии с природно-зональными условиями сухих степей и значительными социально-экономическими преобразованиями аграрного сектора. Важными факторами изменения сельскохозяйственного производства в российской части бассейна стало значительное уменьшение государственного участия, что в итоге привело к экономической поляризации хозяйствующих субъектов [4].

В постсоветский период одним из ведущих факторов пространственно-временной перестройки фонового природопользования стали количественные и качественные изменения в естественном и механическом движении населения. В российских регионах трансграничного бассейна социально-экономический кризис 90-х гг. спровоцировал депопуляцию и значительный отток сельского населения из города, что повлекло за собой значительную пространственную трансформацию фонового природопользования. В казахстанском секторе главной причиной сокращения численности сельского населения стало увеличение миграционного оттока русскоязычного населения, в частности, и в приграничные районы Оренбургской области. В связи с этим, связывают существенное сокращение поголовья крупного рогатого скота в приграничных районах Актыбинской области, в которых традиционно его разведением занималось русскоязычное население.

К настоящему времени в пределах трансграничного бассейна сформировалась достаточно устойчивая территориальная система расселения сельского населения, но также с определенной региональной спецификой [5]. Так, согласно проведенным исследованиям, максимальное количество сельских поселений в долине р. Урал отмечается в Оренбургской и Западно-Казахстанской областях (табл. 2). Но если в Оренбургской области



Таблица 2

Современная система сельского расселения в долине р. Урал

Регион	Классификация сельских населенных пунктов по численности населения										Всего
	< 100		100–500		501–1000		1001–2000		2001 и >		
	Всего	%	Всего	%	Всего	%	Всего	%	Всего	%	
РБ	0	0	4	40	4	40	2	20	0	0	10
ЧО	1	4	13	50	4	15	5	19	3	12	26
ОрО	6	8	28	38	8	11	17	25	13	18	72
ЗКО	7	11	13	20	15	24	20	31	9	14	64
АтО	4	9	1	2	9	21	11	26	18	42	43

Примечание. РБ – Республика Башкортостан, ЧО – Челябинская область, ОрО – Оренбургская область, ЗКО – Западно-Казахстанская область, АтО – Атырауская область.

в долине трансграничной реки максимально распространены села с численностью населения до 500 человек, то в казахстанском трансграничном регионе доминируют крупные сельские поселения (1000–2000 и более человек). Укрупнение сельских поселений в нижнем течении р. Урал связано с определяющим значением речной долины для формирования систем расселения в условиях слаборасчлененных сухостепных и полупустынных ландшафтов.

Кроме того, о региональной специфике территориальных систем расселения свидетельствует проведенный анализ динамики людности в российских и казахстанских регионах трансграничного бассейна и соответственно степени устойчивости данных систем (рис. 3).

Согласно рис. 3 территориальные системы сельского расселения в пределах трансграничного бассейна характеризуются различной степенью устойчивости, даже несмотря на наличие идентичных природных и социально-экономических

условий: расположение в право- и левобережных участках долины р. Урал, относительная близость к областным центрам, транспортная инфраструктура, сельскохозяйственная специализация и др.

Ряд авторов отмечает существенную линейную зависимость динамики посевных площадей от изменения численности сельского населения. Например, влияние демографического фактора на динамику посевных площадей отмечается в Курской области [6]. Для исследуемого трансграничного региона положительная динамика прослеживается только в пределах отдельных районов российской части бассейна, например в Оренбургском районе Оренбургской области. В данном районе за период с 2012 по 2016 г. отмечается рост численности сельского населения на 18% и соответственно увеличение посевных площадей на 6%. В пределах казахстанской части бассейна сокращение посевных площадей отмечается как в районах с положительной, так и с отрицательной динамикой численности сельского

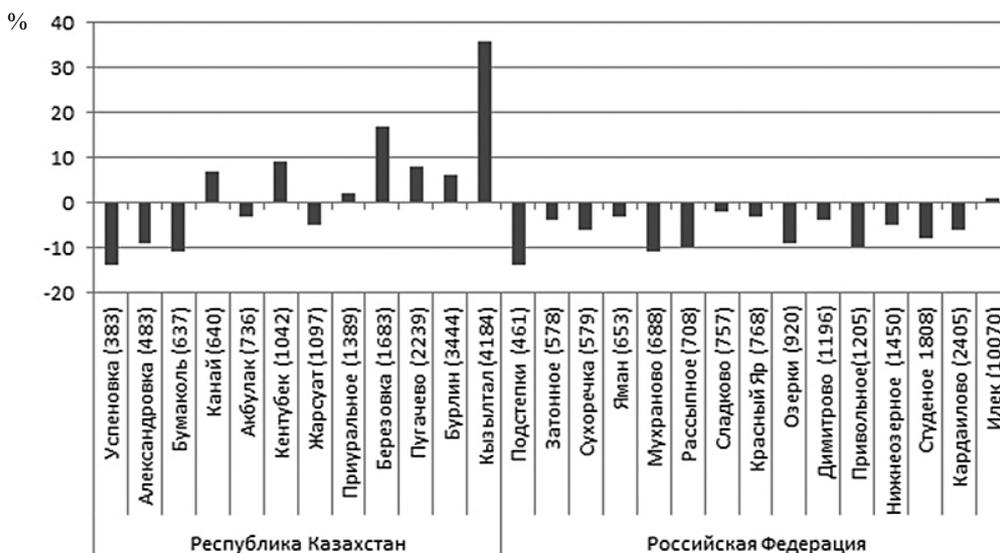


Рис. 3. Гистограмма динамики людности в сельских населенных пунктах Илекского (Оренбургская область) и Бурлинского (Западно-Казахстанская область) муниципальных районах к 2011 г. В скобках – численность населения по состоянию на начало 2017 г.



населения. Отсутствие четкой линейной зависимости объясняется воздействием других факторов на сокращение посевных площадей, прежде всего приоритетным развитием животноводческой отрасли в соответствии с зональной спецификой территории.

Еще одним важным фактором пространственной трансформации фонового природопользования в условиях трансграничного положения речного бассейна являются различия в национальных стратегиях социально-экономического развития приграничных государств. Так, например, в 1996 г. в Республике Казахстан была официально проведена оптимизация сельскохозяйственного производства, включающая изменение структуры использования сельскохозяйственных земель (рис. 4). Основным итогом данной оптимизации стало выведение из земельного оборота миллионов гектаров низкопродуктивных агроземов, использование которых в рыночных условиях лишено экономической целесообразности.

Сопоставительный анализ структуры земельного фонда в приграничных районах Актюбинской области иллюстрирует сокращение площадей пашни, увеличение природных кормовых угодий и залежных земель, что свидетельствует о значительном снижении интенсивности использования земель сельскохозяйственного назначения.

Еще одним направлением оптимизации аграрного сектора в Республике Казахстан является диверсификация земельного фонда за счет

сокращения площади государственных земель и введения разнообразных форм собственности, в первую очередь за счет увеличения доли крестьянских (фермерских) хозяйств (табл. 3). Так, в крупных по площади районах Западно-Казахстанской области (Акжайикский, Жангалинский и Казталовский) произошло более чем десятикратное увеличение числа крестьянских хозяйств с преимущественным развитием животноводческой отрасли. Интенсификация развития фермерства в направлении животноводства обусловила значительное сокращение пахотных земель и увеличение площадей естественных кормовых угодий. Кроме того, реорганизация земельного фонда по правовому признаку привела к перераспределению земель, дроблению крупных товарных предприятий и расширению мелкотоварного сектора.

Достаточно успешная государственная политика оптимизации аграрного сектора в Республике Казахстан обусловила значительную трансформацию территориальной организации фонового природопользования. Прежде всего, следует отметить снижение уровня концентрации сельскохозяйственного производства, что способствовало закономерному укреплению мелкотоварного сектора. В настоящее время с целью преодоления мелкотоварной ориентации животноводства в пределах Республики Казахстан проводится целенаправленная политика по интенсификации сельскохозяйственных кластеров (агропромышленных групп).

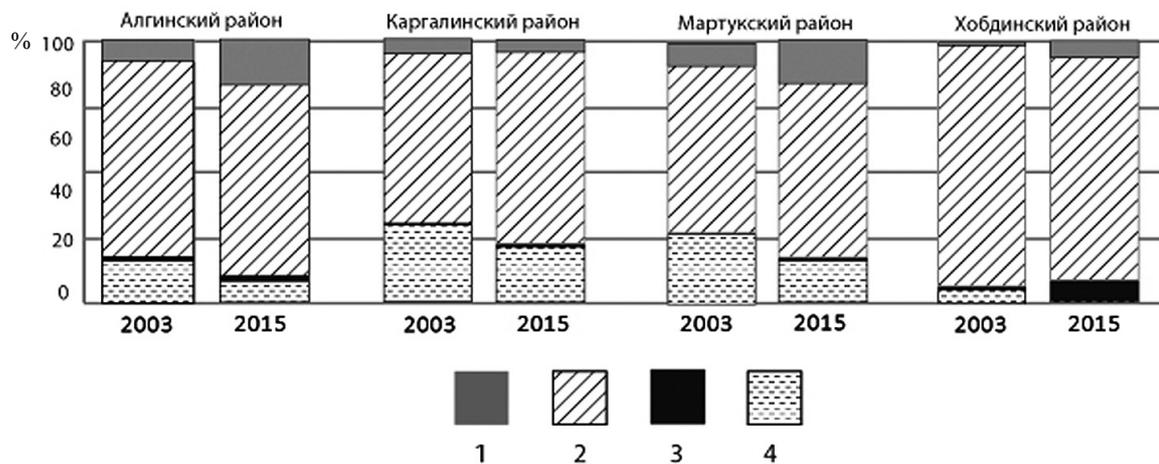


Рис. 4. Изменение структуры земельного фонда в Актюбинской области (2003 г. и 2015 г.): 1 – залежь; 2 – пастбища; 3 – сенокосы; 4 – пашня

Динамика земельного фонда в Акжайикском районе Западно-Казахстанской области (1991–2015 гг.)

Таблица 3

Категория земель	1995 г. к 1991 г., %	1996 г. к 2000 г., %	2001 г. к 2005 г., %	2006 г. к 2010 г., %	2011 г. к 2015 г., %
Земли государственных сельскохозяйственных предприятий	<95	>57	>7	<3	>9
Земли крестьянских хозяйств	<60	>2400	<20	>108	>46
Земли запаса	>6	>85000	>7	<52	<35



## Заключение

Отметим, что в пределах трансграничного бассейна р. Урал сформировалась сложная природно-хозяйственная система, характеризующаяся сочетанием фоновых (в первую очередь, сельское хозяйство) и крупноочаговых отраслей (горнодобывающая промышленность, металлургия, нефтегазопереработка). Длительный период доминирования социально-экономических факторов без учета природно-зональных условий (прежде всего, гидроклиматических и почвенно-биологических) обусловил активизацию деградационных процессов в природных геосистемах трансграничного бассейна. В настоящее время в трансграничном регионе наблюдается определенное пространственное «смещение» ареалов сельскохозяйственного землепользования, связанное как с социально-экономическими предпосылками (отраслевая диверсификация, трансформация сельских систем расселения, правовые преобразования земельного фонда и др.), так и ориентацией на природно-климатический оптимум в условиях степных ландшафтов.

*Работа выполнена в рамках государственного задания ИС УрО РАН (тема № ГР АААА-А17-117012610022-5).*

## Образец для цитирования:

Сивохин Ж. Т. Анализ факторов пространственной трансформации фонового природопользования в трансграничном бассейне реки Урал // Изв. Сарат. ун-та. Нов. сер. Сер. Науки о Земле. 2018. Т. 18, вып. 4. С. 248–254. DOI: <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2018-18-4-248-254>

## Cite this article as:

Sivokhip Zh. T. Analysis of the Factors of Spatial Transformation of Ground Land Use in the Trans-Boundary Basin of the Ural River. *Izv. Saratov Univ. (N. S.), Ser. Earth Sciences*, 2018, vol. 18, iss. 4, pp. 248–254 (in Russian). DOI: <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2018-18-4-248-254>

## Библиографический список

1. Поярков, Б. В. Теоретические основы программно-целевого подхода к проблеме регионального природопользования // География и природные ресурсы. 1982. № 2. С. 16–24.
2. Рунова, Т. Г., Волкова, И. Н., Нефедова, Т. Г. Территориальная организация природопользования. М. : Наука, 1993. 208 с.
3. Чибилев, А. А., Левыкин, С. В., Соколов, А. А., Чибилев, А. А. (мл.). Геоэкологические аспекты динамики агроландшафтов в российско-казахстанском степном регионе // Вопросы степеведения. Оренбург: УрО РАН, Институт степи УрО РАН, 2005. Т. 8(5). С. 39–45.
4. Нефедова, Т. Г. Основные тенденции изменения социально-экономического пространства сельской России // Известия РАН. Сер. Географическая. 2012. № 3. С. 5–21.
5. Сивохин, Ж. Т. Геопространственная специфика территориальных систем расселения в трансграничном бассейне реки Урал // Вестник ПНИПУ. Прикладная экология. Урбанистика. 2017. № 3. С. 26–38.
6. Некрич, А. С., Люри, Д. И. Факторы динамики посевных земель в кризисный период во внутриобластном масштабе (на примере Курской области) // Известия РАН. Серия Географическая. 2016. № 1. С. 123–130.



УДК 911.3

## ДЕМОГРАФИЧЕСКИЙ АСПЕКТ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ САРАТОВСКОГО РЕГИОНА

С. В. Уставщикова

Уставщикова Светлана Владимировна, кандидат географических наук, доцент кафедры экономической и социальной географии, Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского, sveus1@yandex.ru

Демографическая устойчивость выступает важнейшим компонентом социальной подсистемы устойчивого развития региона. В статье дается понятие демографической устойчивости, а также оценивается степень демографической устойчивости Саратовской области. В результате проведенного исследования было выявлено, что в настоящее время для региона характерно сохранение низкого уровня демографической устойчивости.

**Ключевые слова:** устойчивое развитие, демографическая устойчивость.

### Demographic Aspect of Saratov Region Sustainable Development

S. V. Ustavshchikova

Svetlana V. Ustavshchikova, <https://orcid.org/0000-0003-0816-9866>, Saratov State University, 83, Astrakhanskaya Str., Saratov, 410012, Russia, sveus1@yandex.ru

Demographic stability is an important component of the social subsystem of regional sustainable development. The article gives a concept of demographic stability. And also estimates the degree of demographic stability of the Saratov region. As a result of the study, it was revealed that at present, the region is characterized by a low level of demographic stability.

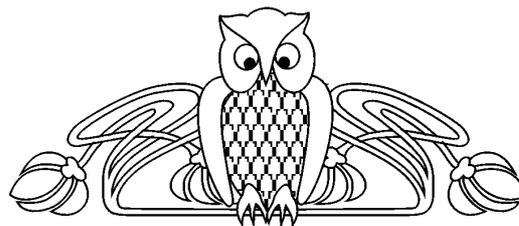
**Key words:** sustainable development; demographic sustainability.

DOI: <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2018-18-4-255-258>

**Цель:** оценка демографической устойчивости территорий Саратовского региона. Она проводится с учетом типологии муниципальных образований, в основе которой лежат природно-климатические условия и административно-хозяйственные различия. Регион является приграничным.

**Основные теоретические и эмпирические положения статьи.** Демографическая устойчивость является важнейшим компонентом социальной подсистемы устойчивого развития региона. В исследовании было выявлено, что для региона характерен низкий уровень демографической устойчивости.

**Введение.** В качестве важнейшей задачи социально-экономического развития страны и ее регионов выдвигается улучшение демографической ситуации, а также обеспечение комфортных



условий жизнедеятельности населения. Демографические процессы лежат в основе многих долгосрочных тенденций, определяющих устойчивое развитие региона. Этим объясняется важность их изучения.

**Основная часть.** В настоящее время в проводимых исследованиях по вопросам устойчивого развития территорий выделяется несколько групп по следующей направленности проблематики: экономико-экологическая устойчивость, социально-экономическая устойчивость [1–3]. В рамках второго направления при анализе устойчивости территорий выделяются экономическая, социальная и экологическая устойчивость. В ряде исследований в качестве составляющей социальной устойчивости принято выделять демографическую устойчивость [4]. А. Ю. Гайфуллин вводит понятие социальной устойчивости региона и предлагает оценивать ее через экономические, инфраструктурные, экономико-географические параметры, а также группу социально-демографических показателей [5].

В научной литературе даются достаточно схожие определения понятия демографическая устойчивость в региональном аспекте. Так, по мнению большинства авторов, демографическая устойчивость – это такое развитие демографических процессов и структур, которое позволяет территориям наиболее полно и эффективно выполнять свои внутренние и внешние функции в конкретных пространственно-временных условиях [1].

В ряде исследований подчеркивается, что демографическая устойчивость не должна трактоваться узко, оценивая только половозрастные характеристики населения, она должна включать социоэкономические и качественные параметры. Таким образом, демографическая устойчивость понимается как оптимальное соотношение количественных и качественных показателей, характеризующих население [6].

В рамках данной статьи оценка степени демографической устойчивости территориальных образований региона проводится на основе только количественных показателей.

**Оценка демографической устойчивости Саратовской области.** Сравним демографическую ситуацию в Саратовской области и в целом по Российской Федерации, используя демографические критерии устойчивости (табл. 1).

В отличие от страны в целом, население которой в последние годы увеличивается ежегодно



Таблица 1

## Эмпирические показатели демографической ситуации в Саратовской области в сравнении со средними по России и с нормативными

Критерии (средние значения показателей взяты за период 2015–2017 гг.)	Саратовская область	Нормативное значение показателя	РФ
I. Общие характеристики населения:			
годовой темп прироста, %	–3,3	Более 0,7	1,8
доля мужчин в общей численности населения, %	45,8	50,0	46,3
доля детей и подростков в общей численности населения, %	16,6	25,0	18,3
коэффициент демографической нагрузки, ед.	779	490	764
II. Естественное движение населения:			
общий коэффициент рождаемости, ‰	10,9	20,0	12,9
общий коэффициент смертности, ‰	14,8	7,1	12,9
коэффициент младенческой смертности, ‰	6,5	0,0	6,0
коэффициент смертности трудоспособного населения, ‰	4,9	Менее 2	5,2
III. Миграция и система расселения:			
коэффициент миграционного прироста, ‰	–0,2	1,5	1,8
плотность населения, чел. на 1 км	24,5	Более 10,0	8,6
доля сельского населения, проживающего в малых поселениях (менее 500 чел.), %	28,3	10	27,2

Сост. по: [6–8].

в среднем на 0,2%, область теряет население со скоростью 3,3% в год. В то же время область имеет и менее благоприятные показатели в сравнении с общероссийскими, характеризующие возрастную структуру населения. Население менее сбалансированно по полу, доля детей и подростков ниже, а коэффициент демографической нагрузки выше. Неоднозначна картина и естественного движения населения. С одной стороны, общий и суммарный коэффициенты (суммарный коэффициент рождаемости по РФ 1,762, по области 1,55 за 2016 г.) рождаемости ниже среднероссийских, но коэффициент смертности трудоспособного населения в области ниже, чем в среднем по России. С другой стороны, показатели смертности выше, а показатели продолжительности жизни населения области выше среднероссийских (ожидаемая продолжительность жизни по Саратовской области составляет 72,07 года, по РФ – 71,87). Плотность населения Саратовской области составляет 24,5 человека на 1 кв. км, что в 2,8 раза выше среднероссийского показателя. В Саратовской области с начала 2000-х гг. наблюдается миграционная убыль населения. Область превратилась в донора, подпитывающего население другие регионы России.

В итоге можно сделать вывод о том, что по ключевым демографическим показателям (динамика численности населения, общий уровень смертности населения, значение чистой миграции) Саратовская область демонстрирует заметно худшую ситуацию, чем сложившуюся в стране в целом.

**Демографическая устойчивость Саратовской агломерации и муниципальных образований Правобережья и Левобережья Саратовской области.** В статье предложено проводить

оценку демографической устойчивости с учетом типологии муниципальных образований, в основе которой лежат природно-климатические условия и хозяйственные различия (табл. 2). Внутреннее разнообразие региона объясняется природной неоднородностью, сложной историей заселения, хозяйственного освоения, этнографическими различиями [9,10].

Оценивая демографическую ситуацию в выделенных демографических типах муниципальных образований Саратовской области с позиции устойчивости, можно сделать следующие выводы: по большинству демографических индикаторов выделенные типы муниципальных образований не соответствуют критериям демографической устойчивости (табл. 3).

1-й демографический тип: население имеет несбалансированную возрастную структуру: среднюю по сравнению со 2-м и 3-м типом, но все же низкую долю детей и подростков (причем в Саратове самую низкую – 15,4), доля мужчин менее 50%, но, как и в среднем по РФ, эта диспропорция характерна для населения старших возрастных групп (в Саратове доля мужчин 44,6%). Показатели режима воспроизводства суженные, но лучшие среди выделяемых типов. 1-й тип имеет положительное миграционное сальдо и, как следствие, рост численности населения. Наибольший миграционный приток направлен в Саратовский и Татищевский районы. Среди причин роста населения данных районов можно выделить и процессы субурбанизации в агломерации. В регионе самая незначительная демографическая нагрузка.

Эффект агломерирования будет и в дальней-



Таблица 2

## Типология муниципальных образований Саратовской области

Тип	Общая характеристика
1-й	Областной центр, Саратовский, Татищевский, Энгельский МО – Саратовская агломерация. Всего численность населения составляет около 1,2 млн человек (50,4% населения области). Площадь агломерации около 7,7 тыс. кв. км (7,7% площади области). В агломерации 1 крупный город, 1 большой, 4 поселка городского типа. Эта территория основной социально-экономической активности в регионе
2-й	Муниципальные районы Правобережья области (кроме входящих в агломерацию Саратовского и Татищевского) – 18. В регионе 10 городов (2 средних, 8 малых), 11 поселков городского типа. Городские поселения выполняют центральные функции в своих муниципальных районах, являются центрами перерабатывающей промышленности (в том числе и сельскохозяйственной продукции своего района). Население региона около 612,6 тыс. человек (24,7% населения области), площадь 41,5 тыс. кв. км (41,4% площади области)
3-й	Муниципальные районы Левобережья области (кроме входящего в агломерацию Энгельского) – 17. В регионе 6 городов, в том числе 1 большой, 5 малых, 10 поселков городского типа. Балаково – многофункциональный промышленный центр. Городские поселения выполняют центральные функции в своих муниципальных районах, являются центрами перерабатывающей промышленности (в том числе и сельскохозяйственной продукции своего района). Население региона около 615,8 тыс. человек (24,9%), площадь 51,0 тыс. кв. км (50,9%)

Таблица 3

## Демографические показатели устойчивости в Саратовской агломерации и в муниципальных образованиях Правобережья и Левобережья области

Критерии (средние значения показателей взяты за период 2015–2017 гг.)	Типы муниципальных образований			Нормативное значение
	1-й	2-й	3-й	
I. Общие характеристики населения:				
годовой темп прироста, %	0,27	-0,39	-0,37	Более 0,7
доля мужчин в общей численности населения, %	46,3	46,2	46,6	50,0
доля детей и подростков в общей численности населения, %	16,9	16,5	19,3	25,0
коэффициент демографической нагрузки, ед.	757	892	850	490
II. Естественное движение населения:				
общий коэффициент рождаемости, ‰	11,1	9,4	11,8	20,0
общий коэффициент смертности, ‰	12,6	16,8	14,4	7,1
III. Миграция и система расселения:				
коэффициент миграционного прироста, ‰	7,8	-3,5	-9,9	1,5
плотность населения, чел. на 1 км.	16,2	14,7	12,1	Более 10,0
доля сельского населения, проживающего в малых поселениях (менее 500 чел.), %	15,0*	16,2*	12,1*	10

Сост. по [6–8]. \*Вычисления производились по типичным районам региона.

шем способствовать росту населения в регионе, что приведет к сбалансированности демографических показателей. Регион привлекателен для молодых трудоспособных людей в репродуктивном возрасте.

Муниципальные образования 2-го типа обладают более благоприятными климатическими условиями для ведения сельского хозяйства и формирования устойчивого постоянного населения. Однако данный регион отличается самым неблагоприятным режимом воспроизводства (естественная убыль составляет 7,4‰). Это регион стареющего населения. Коэффициент демографической нагрузки на трудоспособное население самый высокий. Причем в двух районах – Воскресенском и Хвалынском – коэффициент составляет более 1000 единиц, еще в пяти районах он перевалил через показатель 900. Население в трудоспособном возрасте мигрирует в областной

центр и за пределы области. Международный миграционный прирост не перекрывает оттока населения, но значительно смягчает показатель миграционной убыли.

Муниципальные образования 3-го типа – это регион рискованного земледелия, с резко континентальным климатом. Специализация сельского хозяйства и возможность использования сезонной рабочей силы, в том числе из стран Средней Азии, приводят к неостребованности местного населения в сельском хозяйстве и в итоге к высокому миграционному оттоку. Это обуславливает значительные темпы убыли населения. Тем не менее данный регион пока еще имеет сбалансированную половую структуру, относительно высокую долю детей и подростков (в Озинском и Перелюбском районах самую высокую в Саратовской области – более 23% в каждом), средние коэффициенты демографической нагрузки. Естественный прирост



положительный или ближе к отрицательному сохраняется в четырех районах: Александрово-Гайском, Ровенском, Новоузенском и Перелюбском.

**Заключение.** В настоящее время для региона характерно сохранение низкого уровня демографической устойчивости. Демографические проблемы региона в силу существующей дифференциации демографической устойчивости муниципальных образований не имеют единого решения. Существенным элементом складывающейся в регионе социально-экономической ситуации, находящей свое отражение в социально-демографической деградации, является сохранение зон устойчивой депрессии в основном на территориях 2-го и 3-го типа муниципальных образований. Важнейшим направлением демографического развития региона является управление миграционными процессами. Миграционный отток из 2-го и 3-го типа муниципальных образований можно снизить путем расширения спектра трудоустройства в хозяйственной деятельности, улучшения среды обитания населения.

#### Библиографический список

1. Киселева, Н. Н. Устойчивое развитие социально-экономической системы региона : методология, исследования, модели, управление. Ростов н/Д : Изд-во ЮФУ, 2008. 288 с.
2. Устойчивое развитие сельских территорий / под ред. В. М. Баутина. М. : ФГНУ, Росинформагротех, 2004. 312 с.
3. Студенникова, Н. С. Оценка уровня демографического развития как составляющая интегральной оценки устойчивости развития сельской территории // Наука и современность. 2014. № 1 (1). С. 108–116.
4. Устойчивое развитие сельских территорий Алтайского края : социально-экономические и пространственные аспекты / науч. ред. А. Я. Троцкий. Барнаул : Изд-во Алт. ун-та, 2013. 330 с.
5. Гайфуллин, А. Ю. Методический подход к оценке социальной устойчивости территориальных образований // Известия Уфимского научного центра РАН. 2016. № 1. С. 104–109.
6. Лазарева, В. В., Зинченко, М. В., Власова, Н. Ю. Демографический аспект устойчивого развития приграничных регионов // Уровень жизни населения регионов России. 2017. № 2 (204). С. 23–28.
7. Численность населения Российской Федерации по муниципальным образованиям на 1.01.2017 г. [Электронный ресурс]. URL: [http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat\\_main/rosstat/ru/statistics/publications/](http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/publications/) (дата обращения: 13.03.18).
8. Уставщикова, С. В. Основные черты трансформации сельского расселения Саратовской области в 1959–2015 гг. // Изв. Саратов. ун-та. Нов. сер. Сер. Науки о Земле. 2016. Т. 16, вып. 2. С. 86–92.
9. Уставщикова, С. В. Современная деформация культурных ландшафтов Саратовской области // Теория и практика гармонизации взаимодействия природных, социальных и производственных систем региона : материалы Междунар. науч. практ. конф. (Саранск, 12–13 окт. 2017 г.) / редкол. : С. М. Вдовин (отв. ред.) [и др.]. Саранск : Изд-во Морд. ун-та, 2017. Т. 1. С. 292–296.
10. Уставщикова, С. В. Современные процессы урбанизации в Саратовской области // Изв. Саратов. ун-та. Нов. сер. Сер. Науки о Земле. 2015. Т. 15, вып. 2. С. 27–31.

#### Образец для цитирования:

Уставщикова С. В. Демографический аспект устойчивого развития Саратовского региона // Изв. Саратов. ун-та. Нов. сер. Сер. Науки о Земле. 2018. Т. 18, вып. 4. С. 255–258. DOI: <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2018-18-4-255-258>

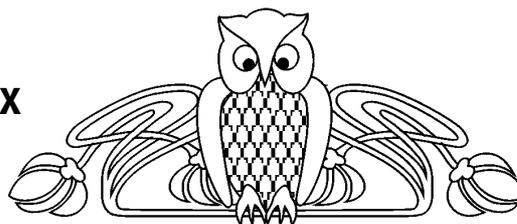
#### Cite this article as:

Ustavshchikova S. V. Demographic Aspect of Saratov Region Sustainable Development. *Izv. Saratov Univ. (N. S.), Ser. Earth Sciences*, 2018, vol. 18, iss. 4, pp. 255–258 (in Russian). DOI: <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2018-18-4-255-258>



УДК 551.576.11

## ОБРАЗОВАНИЕ И РАЗВИТИЕ МОЩНЫХ КОНВЕКТИВНЫХ ОБЛАКОВ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ХАРАКТЕРИСТИКАХ ВЕТРА В АТМОСФЕРЕ



В. А. Шаповалов

Шаповалов Виталий Александрович, кандидат физико-математических наук, ст. научный сотрудник отдела физики облаков, Высогогорный геофизический институт, Нальчик, atajuk@mail.ru

Приведено описание разработанной трехмерной математической модели конвективного облака, которая включает уравнения гидротермодинамики, микрофизики и электростатики. В модели используется явное описание микрофизических процессов на основе кинетических уравнений для функций распределения частиц по массам. Рассмотрены результаты моделирования образования и развития конвективных облаков при различных характеристиках поля горизонтального ветра в атмосфере. Определено, что на термодинамические параметры облаков, форму и размеры областей локализации капель и ледяных кристаллов значительное влияние оказывает изменение направления и скорости ветра с высотой в атмосфере. Имело место усиление параметров облака при отсутствии поворота ветра с высотой.

**Ключевые слова:** конвективное облако, трехмерная численная модель, явная микрофизика, термодинамические и микроструктурные параметры, влияние направления и скорости ветра с высотой.

### Formation and Development of Powerful Convective Clouds with Different Characteristics of Wind in the Atmosphere

V. A. Shapovalov

Vitaly A. Shapovalov, <https://orcid.org/0000-0003-1204-6332>, High-Mountain Geophysical Institute, 2, Lenin Ave, Nalchik, 360030, Russia, atajuk@mail.ru

The description of the developed three-dimensional mathematical model of convective cloud, which includes the equations of hydrothermodynamics, microphysics and electrostatics is given. The model uses an explicit description of microphysical processes based on kinetic equations for particle mass distribution functions. The result of modeling the formation and development of convective clouds at different characteristics of the horizontal wind field in the atmosphere are considered. It is determined that the thermodynamic parameters of clouds, the shape and size of the areas of localization of drops and ice crystals are significantly influenced by changes in the wind direction and velocity in the atmosphere. There was an increase in the parameters of the cloud in the absence of wind rotation with height.

**Key words:** convective cloud, three-dimensional numerical model, explicit microphysics, thermodynamic and microstructural parameters, influence of wind direction and velocity with height.

DOI: <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2018-18-4-259-264>

### Введение

Решение задач физики конвективных облаков требует комплексного подхода и исполь-

зования эффективных методов, важнейшее место среди которых занимает математическое моделирование. Следует отметить, что, несмотря на определенные успехи, многие процессы в облаках до настоящего времени изучены на недостаточном уровне. Это относится, например, к гидротермодинамике мощных облаков, к процессам электризации облачных частиц, образованию града и ко многим другим.

Математическое моделирование позволяет детально изучать как отдельные физические процессы, так и их взаимодействие между собой. Несомненным преимуществом моделирования является тот фактор, что оно позволяет изучать малодоступные для экспериментального исследования процессы.

Математическое моделирование облаков на основе трехмерных моделей развивается в нашей стране [1–7] и за рубежом [8–14]. Разработаны модели различной размерности и степени детальности учета микрофизических и электрических процессов.

Численные модели с детальным учетом микрофизических процессов позволяют исследовать формирование микроструктурных характеристик облаков, образование ледяных частиц, рост частиц осадков и другие процессы. В большинстве таких моделей для описания микрофизических процессов используются кинетические уравнения для распределения частиц по размерам или массам [5, 8]. Следует отметить, что микрофизические процессы охватывают широкий спектр размеров частиц – от микронных до миллиметровых капель и сантиметровых градин, поэтому предпочтительно использовать модели с детальным описанием термогидродинамических процессов и детальной микрофизикой.

Важным этапом физики конвективных облаков является исследование влияния характеристик ветра в атмосфере на формирование их макро- и микроструктурных характеристик [15]. В данной работе приведены результаты моделирования образования и развития конвективных облаков при различных характеристиках поля горизонтального ветра в атмосфере.

### Методика исследования

Остановимся на постановке задачи математической модели конвективного облака. Разработанная модель включает уравнения гидротермодинамики, микрофизики и электростатики.



Гидротермодинамический блок модели состоит из уравнений движения, описывающих влажную конвекцию в приближении Буссинеска. Уравнения и методика решения изложены в работе [5].

Микрофизический блок модели описывает процессы нуклеации, конденсации, коагуляции капель с каплями, сублимации, аккреции, замерзания капель, осаждения облачных частиц в поле силы тяжести, их перенос воздушными потоками, а также взаимодействие облачных частиц под влиянием электрического поля облака [1].

$$\frac{\partial f_1}{\partial t} + u \frac{\partial f_1}{\partial x} + v \frac{\partial f_1}{\partial y} + (w - V_1) \frac{\partial f_1}{\partial z} = \left( \frac{\partial f_1}{\partial t} \right)_{\text{КД}} + \left( \frac{\partial f_1}{\partial t} \right)_{\text{КТ}} + \left( \frac{\partial f_1}{\partial t} \right)_{\text{АК}} + \left( \frac{\partial f_1}{\partial t} \right)_{\text{ДР}} + \left( \frac{\partial f_1}{\partial t} \right)_3 + \Delta' f_1 + I_1 \quad (1)$$

$$\frac{\partial f_2}{\partial t} + u \frac{\partial f_2}{\partial x} + v \frac{\partial f_2}{\partial y} + (w - V_2) \frac{\partial f_2}{\partial z} = \left( \frac{\partial f_2}{\partial t} \right)_C + \left( \frac{\partial f_2}{\partial t} \right)_{\text{АК}} + \left( \frac{\partial f_2}{\partial t} \right)_3 + \Delta' f_2 + I_2 + I_{\text{АВ}}, \quad (2)$$

$$\frac{\partial f_3}{\partial t} + u \frac{\partial f_3}{\partial x} + v \frac{\partial f_3}{\partial y} + (w - V_2) \frac{\partial f_3}{\partial z} = \left( \frac{\partial f_3}{\partial t} \right)_3 + \left( \frac{\partial f_3}{\partial t} \right)_{\text{АК}} + \Delta' f_3, \quad (3)$$

$$0 \leq x \leq L_x, \quad 0 \leq y \leq L_y, \quad 0 \leq z \leq L_z,$$

$$0 \leq m < \infty, \quad t > 0,$$

где  $V_1(m)$ ,  $V_2(m)$  – установившиеся скорости падения жидких и твердых частиц;

$$\left( \frac{\partial f_1}{\partial t} \right)_{\text{КД}}, \left( \frac{\partial f_1}{\partial t} \right)_{\text{КТ}}, \left( \frac{\partial f_1}{\partial t} \right)_{\text{АК}}, \left( \frac{\partial f_1}{\partial t} \right)_{\text{ДР}}, \left( \frac{\partial f_1}{\partial t} \right)_3 - \text{изменения}$$

функции распределения капель за счет микрофизических процессов конденсации, коагуляции капель, аккреции капель и кристаллов, дробления и замерзания соответственно;

$$\left( \frac{\partial f_2}{\partial t} \right)_C, \left( \frac{\partial f_2}{\partial t} \right)_{\text{АК}}, \left( \frac{\partial f_2}{\partial t} \right)_3 - \text{изменения функции}$$

распределения кристаллов за счет сублимации, аккреции и замерзания капель;

$$\left( \frac{\partial f_3}{\partial t} \right)_3, \left( \frac{\partial f_3}{\partial t} \right)_{\text{АК}} - \text{изменения функции распреде-$$

ления  $f_3(\vec{r}, m, t)$  за счет образования осколков при спонтанном замерзании переохлажденных облачных капель и их аккреции с кристаллами;

$I_1$  и  $I_2$  – источники капель и кристаллов;

$I_{\text{АВ}}$  – источник искусственных кристаллов при активном воздействии льдообразующими реагентами;

$$\Delta' = \frac{\partial}{\partial x} K \frac{\partial}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial y} K \frac{\partial}{\partial y} + \frac{\partial}{\partial z} K \frac{\partial}{\partial z},$$

$u(\vec{r})$ ,  $v(\vec{r})$ ,  $w(\vec{r})$  – компоненты вектора скорости воздушных потоков в облаке. Для системы уравнений (1)...(3) использовались следующие начальные и граничные условия:

Физический процесс разделения электрических зарядов на стадии формирования осадков – это зарядение переохлажденных капель при их быстром замерзании (знак заряда «минус»), образующиеся при замерзании мелкие осколки заряжаются положительно согласно физической гипотезе [16].

Система уравнений для функций распределения по массам капель  $f_1(\vec{r}, m, t)$ , ледяных частиц  $f_2(\vec{r}, m, t)$  и осколков замерзания капель  $f_3(\vec{r}, m, t)$  имеет следующий вид:

$$f_1(\vec{r}, m, 0) = f_2(\vec{r}, m, 0) = f_3(\vec{r}, m, 0) = 0, \quad (4)$$

$$f_1(\vec{r}, m, t) = f_2(\vec{r}, m, t) = f_3(\vec{r}, m, t) = 0 \text{ при } x = 0, L_x,$$

$$f_1(\vec{r}, m, t) = f_2(\vec{r}, m, t) = f_3(\vec{r}, m, t) = 0 \text{ при } y = 0, L_y,$$

$$f_1(\vec{r}, m, t) = f_2(\vec{r}, m, t) = f_3(\vec{r}, m, t) = 0 \text{ при } z = L_z,$$

$$\frac{\partial f_1}{\partial z} = \frac{\partial f_2}{\partial z} = \frac{\partial f_3}{\partial z} = 0 \text{ при } z = 0.$$

Выражения для расчета слагаемых, входящих в уравнения (1)...(4), подробно изложены в работе [1].

Расчеты проводились в прямоугольной пространственной области  $40 \times 40 \times 16$  км [16]. Развитие облака инициировалось внесением теплового импульса вблизи поверхности земли со следующими параметрами: координаты центра импульса в расчетной области (м) – 16000; 16000; 1500, размеры импульса по трем осям координат (м) – 1500; 1500; 2000, перегрев  $\Delta T = 1^\circ\text{C}$ .

## Результаты и их обсуждение

Ниже излагаются результаты исследования влияния распределения ветра в атмосфере на образование и развитие конвективных облаков, что является одним из механизмов влияния атмосферы на процессы облакообразования.

Результаты расчетов параметров облака на 30-й минуте развития приведены на рис. 1. Представлены несколько изолиний скорости вертикальных потоков с шагом 1 м/с и трехмерная изоповерхность  $W = 10$  м/с. Изолинии изображены в вертикальной плоскости, проходящей через центр облака параллельно оси  $OX$ . Справа на рис. 1 схематически изображено распределение по вертикали горизонтального ветра в атмосфере.



Стрелки указывают направление ветра, а их длина пропорциональна его скорости. С применением авторской программы трехмерной визуализации расчетных данных получены рис. 1–4 [17]. Можно заметить, что изменение ветра по направлению и величине носит достаточно сложный характер. В численных экспериментах рассчитывалась также радиолокационная структура облака на длинах

волн метеорологических радиолокаторов 3, 5 и 10 см для сравнения с данными наблюдений [18].

Максимальные значения параметров облака следующие: скорость нисходящих и восходящих потоков  $W_{\text{нис}} = -1,86$  м/с и  $W_{\text{вос}} = 17,3$  м/с,  $z = 4000$  м; водность  $5,8$  г/м<sup>3</sup>,  $z = 4500$  м; ледность  $5 \times 10^{-4}$  г/м<sup>3</sup>,  $z = 5500$  м; радиолокационная отражаемость на длине волны 10 см 17,5 dBZ,

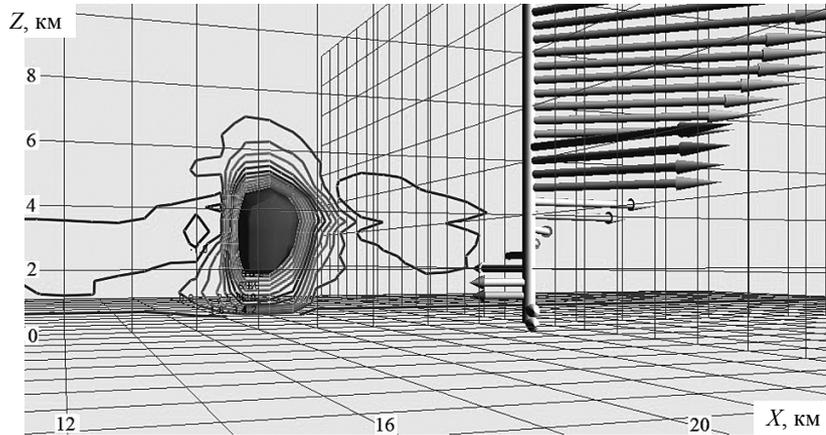


Рис. 1. Восходящие и нисходящие потоки и горизонтальный ветер по зонду в трехмерной области. Трехмерная изоповерхность  $W_{\text{вос}} = 10$  м/с

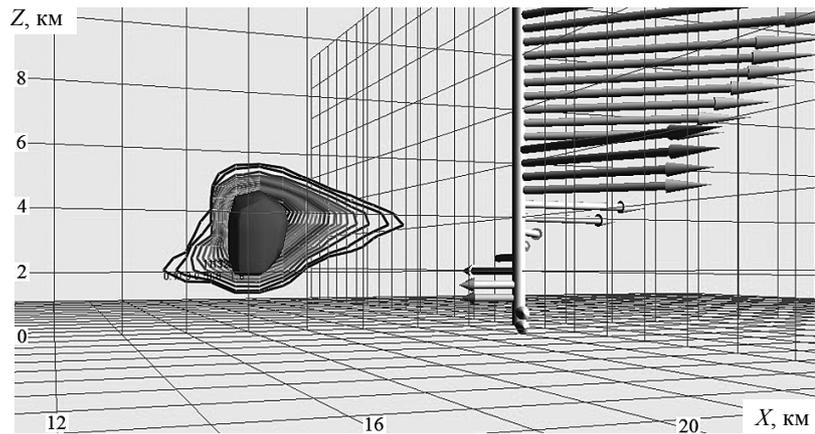


Рис. 2. Изолинии водности и изоповерхность восходящих потоков  $W_{\text{вос}} = 10$  м/с

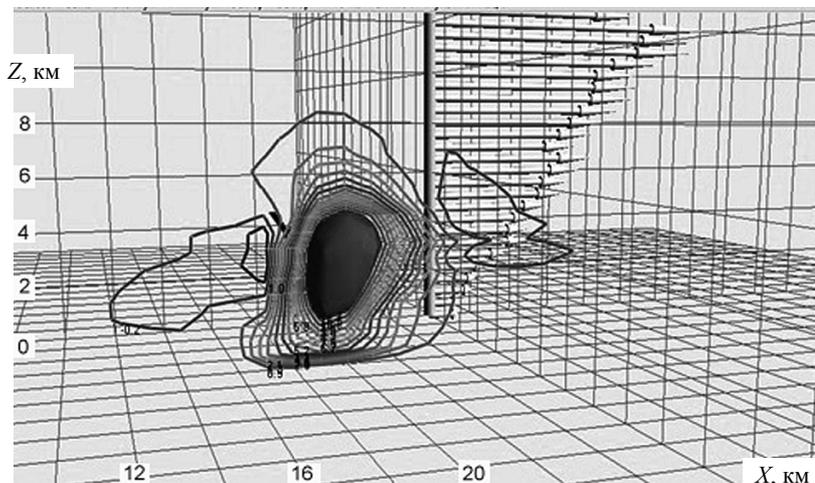
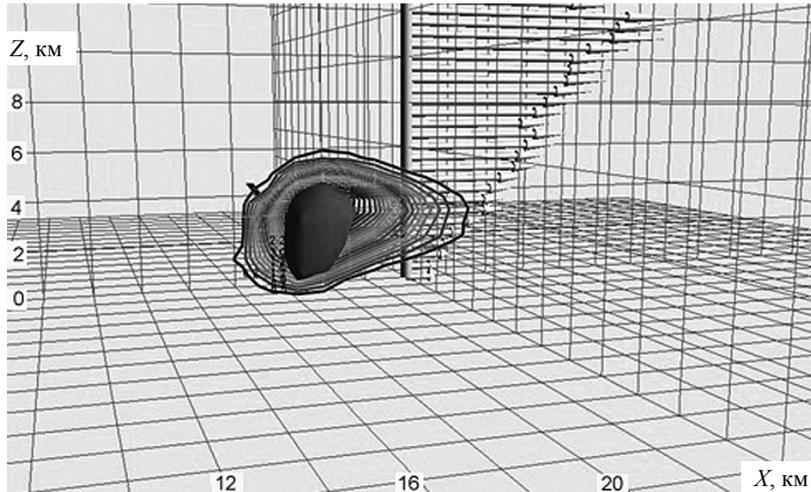


Рис. 3. Изолинии восходящих и нисходящих потоков на 30-й минуте, изоповерхность  $W = 10$  м/с и распределение фонового ветра по вертикали

Рис. 4. Изолинии водности. Исоповерхность  $W = 10$  м/с

$z = 4500$  м. Параметры соответствуют развивающемуся конвективному облаку. Можно заметить, что структура воздушных потоков внутри облака и вокруг него носит достаточно сложный характер, при этом восходящие потоки более упорядочены, чем нисходящие потоки в обширной области вокруг зоны восходящих потоков.

Изолинии водности приведены на рис. 2, максимальное значение водности составляет около  $6 \text{ г/м}^3$ . Как можно заметить из рис. 2, изолинии водности в облаке локализируются в зоне восходящих потоков, что согласуется с теорией формирования жидкокапельной фракции в облаке. Можно еще заметить, что на форму области локализации капель в облаке значительное влияние оказывает распределение ветра по высоте в атмосфере.

Область формирования кристаллов расположена в верхней части изоповерхности  $W_{\text{вос}} = 10 \text{ м/с}$ . По результатам расчетов в силу малой концентрации и незначительных размеров кристаллов в рассматриваемый момент времени радиолокационная структура облака формируется преимущественно жидкокапельной фракцией.

Такие же данные были получены в ходе расчетов по модели для 35 мин и 40 мин развития облака.

Максимальные значения параметров облака на 35-й минуте были следующие: скорость нисходящих и восходящих потоков  $W_{\text{н}} = -2,26 \text{ м/с}$  и  $W_{\text{в}} = 16,4 \text{ м/с}$ ,  $z = 4500 \text{ м}$ ; водность  $7,77 \text{ г/м}^3$ ,  $z = 4000 \text{ м}$ ; ледность  $3,94 \text{ г/м}^3$ ,  $z = 6500 \text{ м}$ ; отражаемость  $55 \text{ dBZ}$ ,  $z = 4000 \text{ м}$ .

Можно заметить, что по сравнению с предыдущим моментом времени имеет место некоторое уменьшение скорости восходящих потоков, а максимальное значение скорости нисходящих потоков наоборот заметно увеличилось. Значительно увеличилась и ледность, максимальное ее значение увеличилось на порядки, что свидетельствует об интенсивном росте кристаллов в облаке. Изменились также высоты, на которых располагаются рассматриваемые параметры об-

лака: выше оказались максимальные значения скорости восходящих и нисходящих потоков, а также ледности. Это, видимо, связано с тем, что в верхней части зоны локализации капель происходит интенсивное их поглощение кристаллами, в результате которого образуются градины.

Остановимся на некоторых результатах расчетов, которые были проведены для исследования влияния на характеристики облака изменения распределения горизонтального ветра с высотой. При проведении расчетов на рис. 2 все параметры атмосферы, использованные в рис. 1, оставались неизменными, но для горизонтального ветра было принято условие, что поток имеет одно и то же направление на всех высотах в атмосфере – вдоль оси  $OX$  (идеализированный случай). Характеристики направления и скорости ветра по высоте в этом варианте приведены в виде стрелок на рис. 3.

Изолинии, соответствующие различным значениям скорости восходящих и нисходящих потоков в облаке и вокруг него на 30-й минуте, приведены на рис. 3. Горизонтальная и вертикальные вспомогательные сетки имеют ячейки  $2 \times 2 \text{ км}$ .

Более темным цветом выделена трехмерная изоповерхность  $W = 10 \text{ м/с}$ . Как показывают результаты расчетов, структура воздушных потоков внутри и вокруг облака носит достаточно сложный характер. Можно заметить, что восходящие потоки более упорядочены, чем нисходящие. Кроме того, максимальные значения скорости восходящих потоков воздуха в облаке заметно выше этих же значений нисходящих потоков. Последние занимают обширную область вокруг зоны восходящих потоков.

Из анализа рис. 3 видно, что на формирование поля скоростей воздушных потоков в облаке и вокруг него влияет структура ветра в атмосфере. Под его влиянием нарушается симметричность параметров облака, характеризующих поля восходящих и нисходящих потоков воздуха: зона восходящих потоков наклоняется к горизонтали, структура нисходящих потоков значительно ус-



ложняется. Некоторое расширение верхней части этой зоны, видимо, можно связать с влиянием ветра в атмосфере.

По нашему мнению, упорядоченный характер зоны восходящих потоков связан с тем, что большая энергия неустойчивости атмосферы и, соответственно, большие скорости этих потоков приводят к некоторому ослаблению влияния ветра в атмосфере на структуру восходящих потоков. Благодаря этому данная зона по отношению к ветру в атмосфере ведет себя как препятствие, которое обтекается горизонтальным ветром.

Изолинии, соответствующие различным значениям влажности, и изоповерхность  $W = 10$  м/с изображены на рис. 4. Можно заметить, что изолинии влажности локализуются в зоне восходящих потоков в облаке, что согласуется с теоретическими представлениями о формировании капельной фракции в облаке. Максимальное значение данного параметра располагается в верхней половине зоны восходящих потоков.

Можно также заметить, что под влиянием ветра в атмосфере нарушена симметричность зоны локализации влажности в облаке. Верхняя часть данной зоны вытянута в направлении ветра в атмосфере. Значительное влияние на форму этой зоны оказывает изменение по высоте значения и направления скорости ветра в атмосфере. В то же время величина влажности в облаке в этот момент времени достаточно большая: максимальное ее значение немногим меньше  $6 \text{ г/м}^3$ . Отметим, что влажность в облаке в рассматриваемый момент времени обусловлена жидкокапельной фракцией, а ледность в облаке пока еще незначительна. Она примерно равна  $3 \times 10^{-4} \text{ г/м}^3$ , т. е. фазовые переходы воды в облаке пока еще не очень интенсивны.

Максимальные значения параметров облака на 30-й минуте развития: скорость нисходящих и восходящих потоков  $W_{\text{н}} = -1,780$  м/с и  $W_{\text{в}} = 15,2$  м/с,  $z = 4000$  м; влажность  $5,48 \text{ г/м}^3$ ,  $z = 4500$  м; ледность  $3 \times 10^{-4} \text{ г/м}^3$ ,  $z = 5500$  м; отражаемость на 10 см  $17,5 \text{ dBZ}$ ,  $z = 4500$  м – были представлены на рис. 2.

Сравнение этих значений параметров с соответствующими их значениями на рис. 1 в этот же момент времени показывает, что имеет место некоторое уменьшение максимальных значений всех параметров. Кроме того, как показывает сравнение, на рис. 2 появился наклон изоповерхности  $W = 10$  м/с к горизонтальной плоскости. Имеет место также некоторое расширение области восходящих потоков, а область нисходящих потоков изменилась незначительно.

Максимумы параметров облака на 35-й минуте оказались равными: скорость нисходящих и восходящих потоков  $W_{\text{н}} = -1,8$  м/с и  $W_{\text{в}} = 17,1$  м/с,  $z = 5000$  м; влажность  $9,02 \text{ г/м}^3$ ,  $z = 4500$  м; ледность  $4,63 \text{ г/м}^3$ ,  $z = 6500$  м; отражаемость  $65,5 \text{ dBZ}$ ,  $z = 4500$  м. В этом случае имеет место небольшое увеличение максимального значения скорости восходящих потоков. Более заметно увеличились

максимальные значения влажности и ледности в облаке.

Сравнение расчетных вариантов указывает на значительную роль в формировании макро- и микроструктурных характеристик облака распределения по высоте горизонтального фонового ветра в атмосфере.

## Выводы

В заключение отметим, что по результатам исследований характеристики ветра в атмосфере оказывают заметное влияние на процессы облакообразования. Результаты расчетов характеристик облака с поворотом горизонтального ветра с высотой и без такового в одной и той же синоптической ситуации показали, что имело место усиление параметров облака при отсутствии поворота ветра, причем это усиление становилось заметным после начала выпадения осадков. Это можно объяснить тем, что поворот горизонтального ветра в атмосфере разносит в пространстве зоны восходящих потоков и выпадения осадков. При отсутствии такого поворота данные зоны оказываются в одной вертикальной плоскости, что приводит к усилению восходящих движений воздуха в облаке и, тем самым, к интенсификации процессов облако- и осадкообразования.

## Библиографический список

1. Ашабоков, Б. А., Шаповалов, А. В. Конвективные облака : численные модели и результаты моделирования в естественных условиях и при активном воздействии. Нальчик : Изд-во Института информатики и проблем регионального управления КБНЦ РАН, 2008. 257 с.
2. Бекряев, В. И., Гурович, М. В. Нестационарная численная модель Сб // Труды / ГГО. 1991. № 538. С. 109–121.
3. Довгалюк, Ю. А. Концепция разработки трехмерной модели осадкообразующего конвективного облака. I. Структура модели и основные уравнения гидротермодинамического блока // Труды / ГГО. 2008. № 558. С. 102–142.
4. Довгалюк, Ю. А. Концепция разработки трехмерной модели осадкообразующего конвективного облака. II. Микрофизический блок модели // Труды / ГГО. 2010. № 562. С. 7–39.
5. Коган, Е. Л., Мазин, И. П., Сергеев, Б. Н., Хворостьянов, В. И. Численное моделирование облаков. М. : Гидрометеоздат, 1984. 186 с.
6. Пастушков, Р. С. Физико-математические модели конвективных облаков (краткий обзор и классификация) // Труды / ЦАО. 1973. № 112. С. 3–14.
7. Сергеев, Б. Н., Смирнов, В. И. Численное моделирование микрофизических процессов в капельных конвективных облаках // Труды / ЦАО. 1980. № 137. С. 3–26.
8. Berry, E. X., Reinhard, R. L. An analysis of cloud drop growth by collection. Part I. Double distributions // Journal of the Atmospheric Sciences. 1974. Vol. 31, № 7. P. 1825–1831.
9. Clark, T. Numerical Simulation with a Tree-Dimension Cloud Model : lateral Boundary Condition Experiments and



- Multiceller Severe Storm Simulations // Journal of the Atmospheric Sciences. 1979. Vol. 36, № 11. P. 2191–2215.
10. Cotton, W. R., Stephens, M. A., Neuhoff, T., Tripoli, G. J. The Colorado State University three-dimensional cloud model – 1982. Part II : An ice phase parameterization // Journal de Recherches Atmospheriques. 1982. № 16. P. 295–320.
11. Farley, R. B. Numerical Modeling of Hailstone Growth. Part III : Simulation of an Alberta Hailstorm – Natural Seeded Cases // Journal of Climate and Applied Meteorology. 1987. Vol. 26, № 7. P. 789–812.
12. Orville, R. D., Kopp, F. J. Numerical simulation of the life history of a hailstorm // Journal of the Atmospheric Sciences. 1977. Vol. 34, № 10. P. 1596–1618.
13. Rawlins, F. A numerical study of thunderstorm electrification using a three dimensional model incorporating the ice phase // Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society. 1982. Vol. 108. P. 779–801.
14. Straka, J. M. Cloud and precipitation microphysics. Principles and Parameterizations. Cambridge : Cambridge University Press, 2009. 392 p.
15. Пастушков, Р. С. О влиянии вертикального сдвига ветра на развитие конвективной облачности // Известия АН СССР. ФАО. 1973. Т. IX, № 1. С. 12–26.
16. Куповых, Г. В., Ашабоков, Б. А., Бейтуганов, М. Н., Шаповалов, А. В., Продан, К. А., Шаповалов, В. А. Численное моделирование электрических характеристик конвективных облаков // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Естественные науки. 2012. № 6. С. 65–68.
17. Шаповалов, А. В., Шаповалов, В. А. Трёхмерная визуализация геофизической информации для решения прикладных задач // Наука. Инновации. Технологии. 2014. № 1. С. 65–71.
18. Довиак, Р., Зрнич, Д. Доплеровские радиолокаторы и метеорологические наблюдения. Л. : Гидрометеоиздат, 1988. 511 с.

**Образец для цитирования:**

Шаповалов В. А. Образование и развитие мощных конвективных облаков при различных характеристиках ветра в атмосфере // Изв. Саратов. ун-та. Нов. сер. Сер. Науки о Земле. 2018. Т. 18, вып. 4. С. 259–264. DOI: <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2018-18-4-259-264>

**Cite this article as:**

Shapovalov V. A. Formation and Development of Powerful Convective Clouds with Different Characteristics of Wind in the Atmosphere. *Izv. Saratov Univ. (N. S.), Ser. Earth Sciences*, 2018, vol. 18, iss. 4, pp. 259–264 (in Russian). DOI: <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2018-18-4-259-264>



# ГЕОЛОГИЯ

УДК 550.832

## ЛИТОЛОГО-ПЕТРОФИЗИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ НЕФТЕГАЗОНОСНЫХ РЕЗЕРВУАРОВ КАРБОНАТНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ (на примере Северо-Лиманского месторождения)

Б. А. Головин, К. Б. Головин, М. В. Калининкова, С. А. Руднев

Головин Борис Александрович, кандидат геолого-минералогических наук, доцент кафедры геофизики, Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского, bagolovin@yandex.ru

Головин Константин Борисович, кандидат геолого-минералогических наук, доцент кафедры геофизики, Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского, kosgol@yandex.ru

Калининкова Марина Викторовна, кандидат геолого-минералогических наук, доцент кафедры геофизики, Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского, kalinnikova1@rambler.ru

Руднев Сергей Александрович, аспирант кафедры геофизики, Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского, Sergey.rudnev93@gmail.com

В настоящей статье рассмотрена литолого-петрофизическая модель нефтегазоносных карбонатных резервуаров Северо-Лиманского месторождения. Определены геолого-геофизические характеристики карбонатных коллекторов. Дано подробное литолого-стратиграфическое описание маркирующих горизонтов, участвующих в строении исследуемого месторождения. Составлены геологические модели пластовых резервуаров данково-лебедянских отложений и заволжско-малевских отложений Северо-Лиманского месторождения. Прослежена закономерность изменения коллекторских свойств (пористости, эффективной мощности пластов) по вертикали и латерали в исследуемых резервуарах. Сделан вывод о необходимости использования построенных моделей для успешного проведения бурения и геолого-технологических исследований.

**Ключевые слова:** литолого-петрофизическая модель, нефтегазоносный резервуар, пористость, проницаемость, эффективная мощность.

### Lithological and Petrophysical Modeling of Oil and Gas Reservoirs of Carbonate Deposits (on the Example of the Severo-Limanskoye Oil Field)

B. A. Golovin, K. B. Golovin, M. V. Kalinnikova, S. A. Rudnev

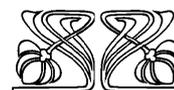
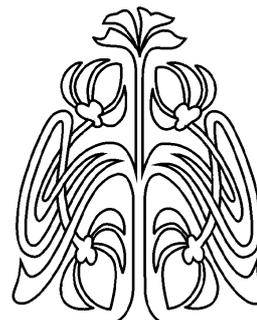
Boris A. Golovin, <https://orcid.org/0000-0003-1737-7341>, Saratov State University, 83, Astrakhanskaya Str., Saratov, 410012, Russia, bagolovin@yandex.ru

Konstantin B. Golovin, <https://orcid.org/0000-0002-3716-5592>, Saratov State University, 83, Astrakhanskaya Str., Saratov, 410012, Russia, kosgol@yandex.ru

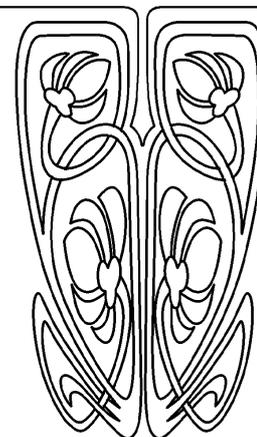
Marina V. Kalinnikova, <https://orcid.org/0000-0003-4077-0221>, Saratov State University, 83, Astrakhanskaya Str., Saratov, 410012, Russia, kalinnikova1@rambler.ru

Sergey A. Rudnev, <https://orcid.org/0000-0003-3469-8649>, Saratov State University, 83, Astrakhanskaya Str., Saratov, 410012, Russia, Sergey.rudnev93@gmail.com

In this article, a lithologic-petrophysical model of oil and gas bearing carbonate reservoirs of the Severo-Limanskoye oil field is considered. Geological and geophysical characteristics of carbonate reservoirs are determined. A detailed lithologic-stratigraphic description of the marking horizons is



НАУЧНЫЙ  
ОТДЕЛ





given. Geological models of reservoir of the Dankovian-Lebedyanian sediments and the Zavolzhskian-Malevskian sediments of the Severo-Limanskoye oil field are compiled. The regularity of the change in reservoir properties (porosity, effective thickness of beds) along the vertical and laterals in the reservoirs was traced. The conclusion is made of the need to use built models for carrying out successful drilling and mud logging.

**Key words:** lithologic-petrophysical model, oil and gas reservoir, porosity, permeability, effective capacity.

DOI: <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2018-18-4-265-272>

Северо-Лиманское месторождение расположено в пределах Лиманско-Западно-Ровенского сегмента бортовой зоны Прикаспийской впадины к северо-западу от полосы развития девонского рифового тренда [1]. Месторождение относится к многопластовым и содержит залежи углеводородов в данково-лебединских, заволжско-малевских карбонатных, радаевских, бобриковских, тульских и алексинских отложениях, что обуславливает актуальность литолого-петрофизического моделирования данного геологического объекта с целью выявления закономерностей пространственной локализации зон коллекторов и покрышек, изучения генетических типов пустотного пространства коллекторов и особенностей строения ловушек различных типов.

Ранее нами была разработана методика геологического моделирования нефтегазоносных резервуаров в процессе бурения [2], на основе которой построены геологические модели пластовых резервуаров карбонатных отложений Северо-Лиманского месторождения, рассмотренные в настоящей статье.

Основные черты геологического строения, характеристика и некоторые особенности распределения терригенных и в меньшей степени карбонатных коллекторов, типов ловушек и резервуаров УВ в нижнекаменноугольных отложениях рассмотрены в работах [3–6]. Однако в них не ставилось специальной задачи построения детальных геологических моделей пластовых резервуаров. Недостаточно также освещены особенности строения резервуаров и распределения фильтрационно-емкостных и изолирующих свойств пород в карбонатных отложениях данково-лебединского и заволжско-малевского горизонтов.

Построение априорной литолого-петрофизической модели пластовых резервуаров в соответствии с применяемой методикой осуществляется на основе материалов промыслово-геофизических исследований с использованием уверенно выделяющихся и прослеживающихся маркирующих горизонтов (реперов), последовательно приближающихся к перспективному пласту по мере углубления скважины [2]. Напомним, что маркирующий горизонт (репер) представляет собой детальное стратиграфическое подразделение, хорошо выдерживающееся на значительное расстояние и служащее для сопоставления разрезов.

Система реперного горизонта создает более или менее жесткий каркас для корреляции заключенных между ними интервалов разреза, хуже выдержанных по своему литологическому составу или палеонтологической характеристике.

Исходя из априорных данных о геологическом строении моделируемого месторождения были использованы следующие маркирующие горизонты:

– подошва кунгурских отложений ( $P_1^k$ ) – характерна сменой галита разнокристаллического, прозрачного и ангидритов от молочно-белых до буро-серых и голубоватых, микрозернистых доломитами и доломит-ангидритовыми породами от серых до буро-серых, тонкогоризонтально-листных, микрозернистых;

– подошва гжельских отложений ( $C_3^{gi}$ ) – характерна сменой известняков серых микрозернистых, органогенно-обломочных, доломитизированных, массивных аргиллитами от зелено-серых, тонкоотмученных до серых алевритистых, тонкослоистых;

– подошва каширских отложений ( $C_2^{ks}$ ) – характерна сменой известняков серых и светло-серых, микритовых и органогенно-обломочных, неравномерно перекристаллизованных, с прослоями глинистых аргиллитов серых и зеленовато-серых, тонкоотмученных, листоватых, известковистых, слюдястых;

– подошва мелекесских отложений ( $C_2^{mk}$ ) – характерна сменой аргиллитов серых и зеленовато-серых, в разной степени алевритистых, известковистых, слюдястых и тонкослоистых с известняками светло-серыми, почти белыми от микритовых до разнотернистых перекристаллизованных, с прослоями брекчиевидных. Этим известнякам свойственны высокая скорость проходки и сравнительно низким кажущимся сопротивлением. Описанные известняки вниз по разрезу сменяются серыми, более плотными, перекристаллизованными разностями, скорость бурения в которых снижается, а сопротивление растет. Граница раздела этих известняков служит промежуточным репером, указывающим на приближение через 40–50 м углубления скважины более контрастного глинистого репера, залегающего, видимо, в основании краснополянского горизонта и служащего к тому же экраном для резервуара в серпуховских отложениях. Вход в этот глинистый пласт является показателем того, что через 2–10 м скважина войдет в потенциально продуктивный пласт;

– подошва серпуховских отложений, совпадающих с покровской глинистой пачкой ( $C_1^s$ ) – характерна сменой доломитов светло-серых криптозернистых плотных массивных аргиллитами от темно-серых до черных, тонкоплитчатых, тонкоотмученных, известковистых. Практически постоянная мощность (около 25 м) обеспечивает достаточно точный прогноз вскрытия подстилающих продуктивных пород;



– подошва михайловских отложений ( $C_1^{mh}$ ) – характерна сменой известняков тонко-мелкозернистых, серых, органогенно-обломочных и песчаниковидных, с прослоями окремнелых, массивных аргиллитов серых и от темно-серых до черных, алевритистых, с обугленным растительным детритом, горизонтально- и наклоннослоистых;

– подошва бобринских отложений ( $C_1^{bb}$ ) – характерна сменой песчаников мелкозернистых, кварцевых, серых, с обрывками обугленного растительного детрита с прослоями слюдястых глинистых алевролитов известняками серыми микритовыми и биоморфно-детритовыми, кавернозными, горизонтально слоистыми и массивными, с прослоями песчаниковидных и гравелитоподобных;

– подошва упинских отложений ( $C_1^{up}$ ) – характерна сменой известняков серых глинистых, пелитоморфных с прослоями тонкоотмученных серо-зеленых аргиллитов известняками буро-серыми, доломитизированными и доломитами крупнозернистыми, серыми и кремовыми сильно перекристаллизованными, кавернозными, массивными.

Карбонатные отложения данково-лебединского и заволжско-малевского горизонтов, в свою очередь, характеризуются свойственными им промыслово-геофизическими показателями. Данные нейтронного гамма-каротажа (НГК) демонстрируют здесь наиболее высокие показания 4–5,5 усл. ед., в связи с чем именно в таких интервалах выбирается плотный опорный пласт для определения пористости по разностному параметру. Наоборот, по показаниям гамма-каротажа (ГК) описываемые отложения характеризуются низкими значениями, что свидетельствует о невысокой глинистости (не более 10%) пород, которая, впрочем, иногда повышается до 15–20% в коллекторских интервалах. Пористость таких плотных пород колеблется от 1 до 3%. Кроме того, плотные прослои выделяются значениями интервального времени ( $\Delta t$ ), не превышающими 160–170 мксек, которые в коллекторах увеличиваются до 200–220 мксек.

Для рассматриваемых отложений типичны высокие величины сопротивлений, резко изменяющиеся по сфокусированным методам, что затрудняет однозначное выделение коллекторов электрическими методами. Аналогично поведение показаний микрозондов (МК), хотя по кавернометрии в коллекторских интервалах фиксируется уменьшение диаметра скважины, обычно соответствующего номиналу. Однако изредка кавернометрией отмечается наличие каверн в глинистых пропластках или глинистых высокопористых коллекторах.

Корреляция данково-лебединских и заволжско-малевских отложений осуществлялась преимущественно по диаграмме радиоактивного каротажа (НГК-ГК), так как водородосодержание является наиболее значимым коррелятивным признаком сравнительно однородных по вещественному составу карбонатных пород.

Корреляция пластов коллекторов в ряде случаев осложняется невыдержанностью их фильтрационно-емкостных параметров, и прежде всего пористостью, которая, как это будет показано ниже, в некоторых случаях имеет тенденцию к уменьшению в сводовой части поднятия. Здесь коллектор, хотя ещё и различается по НГК, становится практически непроницаемым, замещаясь плотными разностями известняков.

В среднем, по данным геофизических исследований скважин (ГИС), пористость коллекторов данково-лебединских и заволжско-малевских отложений составляет 8–12% при минимальных и максимальных значениях соответственно 5% и 20%. Это, как мы увидим ниже, во-первых, согласуется с определением пористости по керну, во-вторых, свидетельствует о неоднородности структуры порового пространства коллекторов и невыдержанности по простиранию их фильтрационно-емкостных свойств.

Описание литолого-петрофизических моделей пластовых резервуаров карбонатных отложений мы начнем с резервуара в данково-лебединских отложениях фаменского яруса верхнего девона – наиболее глубокозалегающего из известных в пределах Северо-Лиманского месторождения.

В нашем распоряжении оказались материалы промыслово-геофизических исследований в скважинах 7, 18, 19, 21 и 30, в которых вскрыты отложения этого возраста на глубинах 3428–3560 м. Они представлены серыми, буро-серыми и кремевыми известняками, массивными и горизонтально слоистыми, биоморфно-детритовыми с прослоями песчаниковидных и гравелитоподобных. Последние состоят из окатанных и полукатанных обломков карбонатных пород и макрофауны.

Как известно, коллекторские свойства карбонатных пород определяются двумя основными факторами: седиментационно-диагенетическим (формирование первичной емкости) и постседиментационным (преобразование первичной и возникновение вторичной емкости).

Вследствие химической неустойчивости карбонатных пород первичная пористость в них сохраняется редко. Постседиментационные же процессы в зависимости от физико-химических условий литогенеза могут проявляться двояко.

При щелочной реакции среды (пластовых вод) развивается перекристаллизация карбонатного материала, которая, снижая пористость и проницаемость известняков, может вновь их создавать. При перекристаллизации возрастает крупность кристаллических форм в относительно ограниченном объеме, что приводит к возникновению трещин между кристаллами, образуется трещинная проницаемость, а следовательно, и коллектор порово-трещинного типа.

При наличии кислых флюидов в пустотном пространстве начинается выщелачивание (растворение)  $CaCO_3$  и образование кавернового типа коллектора.



В длительной постседиментационной истории карбонатных пород перечисленные процессы сменяют, иногда неоднократно, друг друга, образуя кавернозность и трещиноватость нескольких генераций. Это, а также вероятная тектоническая трещиноватость, проявляющаяся обычно на сводах локальных структур, приводит к образованию сложных вторичных трещинно-каверново-поровых коллекторов.

Сведения о фильтрационно-емкостных параметрах пород приведены в таблице, откуда видно, что пористость и проницаемость данково-лебедянских известняков варьируют в широких пределах. Встречаются как промышленные коллекторы с низкими и средними фильтрационно-емкостными свойствами, так и плотные, малопористые и непроницаемые разности, не являющиеся коллекторами порового типа.

**Коллекторские свойства карбонатных отложений верхнего девона – нижнего карбона Северо-Лиманского месторождения**

Горизонт	Количество определений	Открытая пористость, %	Количество определений	Проницаемость, мд
Данково-лебедянский	16	1,6-12,7 / 7,54	9	0,01–76,6/26,59
Заволжско-малевский	45	0,4-18,2 / 6,17	14	0,01–91,4/73,97

Примечание. В числителе даны минимальное и максимальное значение, в знаменателе – среднее.

Согласно графику на рис. 1 биоморфные известняки с пористостью 5–8% в ряде случаев еще могут сохранять проницаемость на уровне 8–9 мД и, следовательно, являться коллекторами порового (каверново-порового) типа. Однако сгустковые и биоморфно-детритовые разности при этих же значениях пористости имеют межгранулярную проницаемость 2–3 мД, а микрозернистые (хемогенные, перекристаллизованные, глинистые и т. д.)

оказываются практически непроницаемыми, т. е., утрачивают свойства коллекторов порового типа.

Интерпретация данных промыслово-геофизических исследований, дополненная анализом материалов лабораторного изучения керна, позволяет выделить в разрезе данково-лебедянского горизонта от четырех (скв. 19) до восьми (скв. 30) коллекторских пластов мощностью от 1 до 8 м. Суммарные эффективные мощности коллекторов горизонта в целом варьируются от 11,6 м в скв. 19 до 27,6 м в скв. 21.

Как следует из рис. 2, несмотря на сложный линзовидно-пластовый характер перемежаемости плотных непроницаемых разностей известняков с коллекторскими пластами, последние отличаются достаточной выдержанностью и довольно хорошо прослеживаются по площади. Межскважинная корреляция коллекторских пластов по материалам ГИС особых затруднений не вызывает.

Характерно, что наблюдаемые суммарные эффективные мощности коллекторов пространственно совпадают с довольно резким увеличением мощности известняков данково-лебедянского горизонта и приурочены к северо-западной периклинали поднятия. Это, по-видимому, связано с наличием здесь небольшого подводного русла (бороздины), врезанного в подстилающие отложения и заполненного обломочными разностями известняков – песчаниковидных и гравелитоподобных, охарактеризованных керном в кровельной части горизонта (скв. 21, интервал 3472–3480).

Детально морфологические и литологические особенности указанных русел и выполняющих их пород мы рассмотрим ниже. Здесь же отметим, что последние, имея карбонатный состав, обладают структурно-текстурными признаками гравийно-песчано-алевритовых пород. Благодаря этому они характеризуются высокими значениями первичной межзерновой пористости, которая увеличивается при вторичном выщелачивании карбонатного материала.

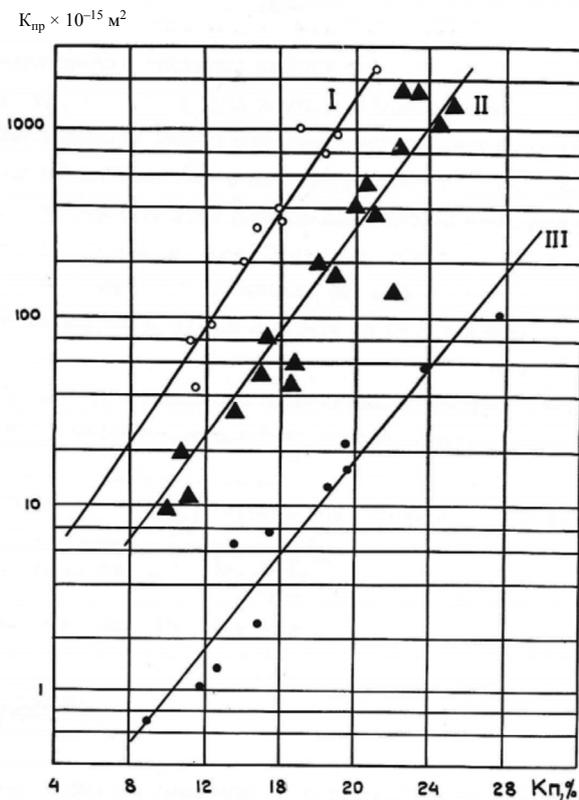


Рис. 1. График зависимости между проницаемостью и пористостью в разных структурных типах известняков [7]: известняки: I – биоморфные; II – комковатые, сгустковые, детритовые; III – шламовые, микрозернистые

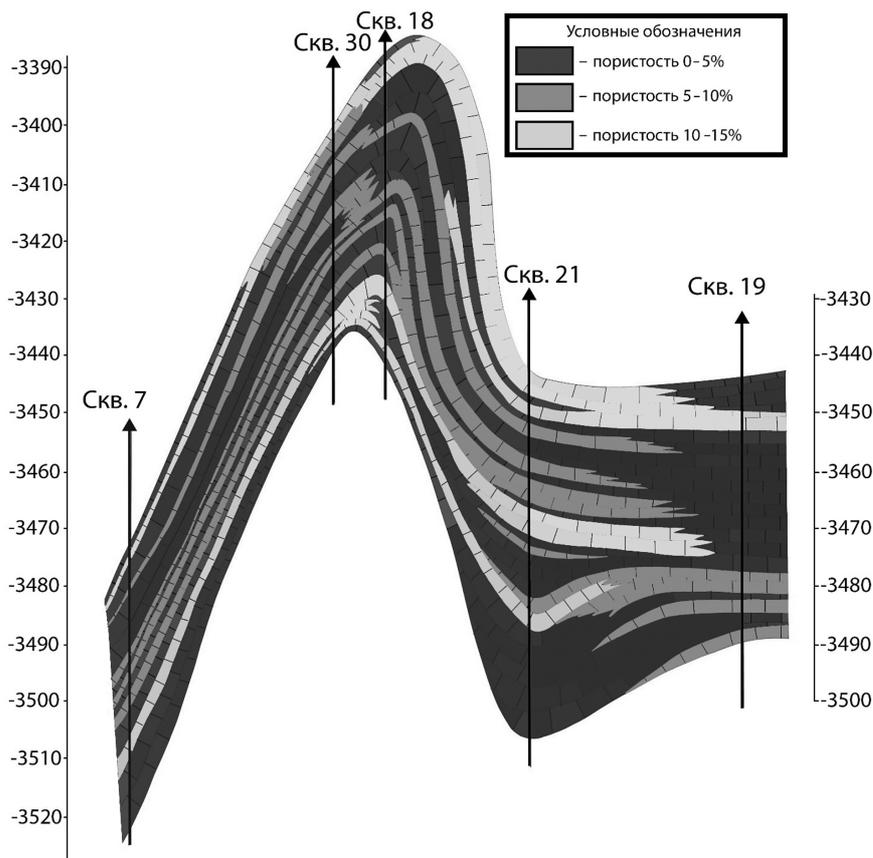


Рис. 2. Геологическая модель пластового резервуара данково-лебединских отложений Северо-Лиманского месторождения

Не случайно наибольшие максимальные значения пористости известняков данково-лебединского горизонта (12,7%) соответствуют их песчаниковидным и гравелитоподобным разностям. Судя по довольно ограниченному анализу керна, можно предположить, что в условиях Северо-Лиманского месторождения, а возможно, и всей северо-западной бортовой зоны Прикаспийской впадины на рассматриваемых глубинах, по меньшей мере до 3,5 км, пористость таких известняков будет не ниже 10–12%. Этим же породам свойственны и наибольшие величины проницаемости (до 76,6 мД).

В целом данные изучения керна свидетельствуют о том, что преобладающим типом емкости карбонатных пород-коллекторов этого возраста является каверново-поровый. Возможное развитие трещиноватости в своде структуры может привести к образованию трещинно-каверново-поровых коллекторов.

Как следует из наших построений, а также данных [3], коллекторские пласты рассматриваемого горизонта образуют ловушку пластового сводового типа. В кровельной части горизонта залегает коллекторский пласт с пористостью 10–15%, поэтому экраном для ловушки являются подошвенные слои, залегающие выше плотных известняков заволжско-малевского горизонта.

Подводя итог рассмотрению геологической модели данково-лебединского пластового резервуара, необходимо подчеркнуть довольно слабую его изученность бурением.

Обратимся к описанию модели пластового резервуара в отложениях заволжско-малевского горизонта турнейского яруса нижнего карбона Северо-Лиманского месторождения. Они вскрыты скважинами 7, 13, 15, 16, 19, 21 и 30 на глубинах 3362–3474 м, что отражено на рис. 3. Породы, слагающие горизонт, представлены известняками серыми, буро-серыми, кремовыми и коричнево-серыми, биоморфно-детритовыми, песчано-гравийными, органогенно-обломочными, брекчиевидными, в различной степени перекристаллизованными, выщелоченными, часто доломитизированными. Текстуры известняков преимущественно массивные, реже слоистые с тонкими прослойками зеленовато-серых аргиллитов. Кроме того, присутствуют доломиты, по-видимому, вторичные, серые, буро-серые, массивные и песчаниковидные, кавернозные или крепко сцементированные, часто трещиноватые (сква. 15, интервал 3392–3404 м).

Коллекторские свойства известняков и доломитов заволжско-малевского горизонта характеризуются значительно большим разбросом значений пористости и проницаемости по сравнению с

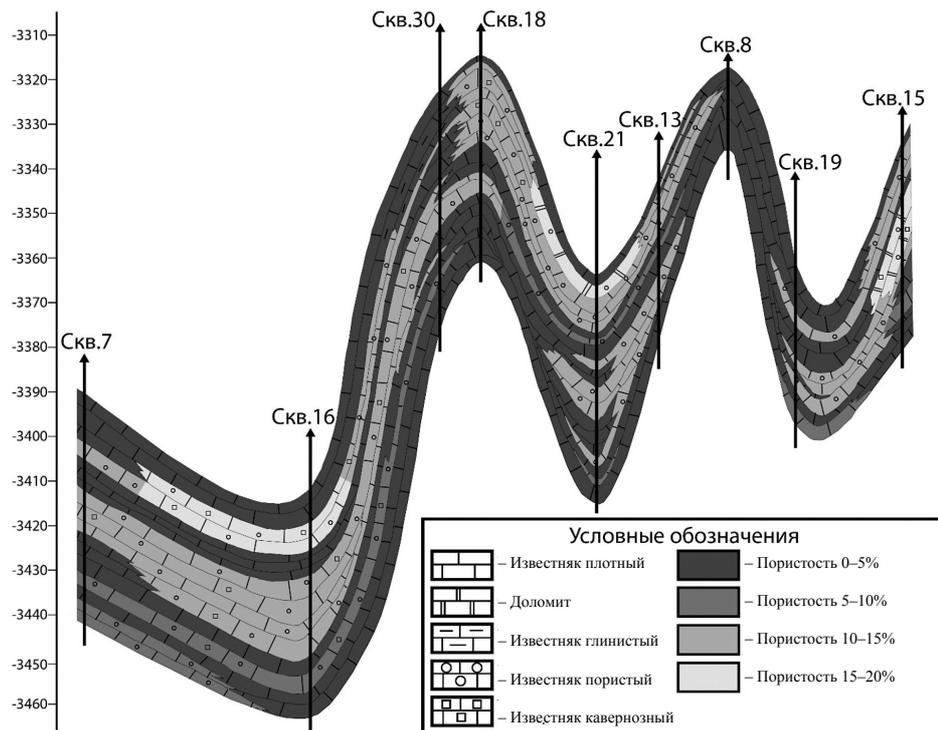


Рис. 3. Геологическая модель пластового резервуара заволжско-малевских отложений Северо-Лиманского месторождения

породами данково-лебедянского горизонта (см. таблицу). Максимальные величины пористости и проницаемости их значительно выше таковых данково-лебедянских известняков. Вместе с тем здесь имеется и большое количество очень плотных известняков, пористость которых не превышает 1%. За счет этого и средняя величина данного параметра в рассматриваемых породах несколько ниже, чем в их верхнедевонских литологических аналогах.

Материалы ГИС и данные исследования керн свидетельствуют о наличии в разрезе горизонта от трёх (сква. 13, 15, 18, 19, 30) до семи (сква. 21) коллекторских пластов мощностью от 1–1,5 до 18 м (сква. 16, 18). В основании горизонта залегает пласт плотных непроницаемых известняков мощностью 4–6 м, разделяющий данково-лебедянский и заволжско-малевский пластовые резервуары. Однако вскрытие здесь скважинами 7 и 19 линз коллекторов с открытой пористостью в пределах 5–10% позволяет сделать вывод о невыдержанности указанного экрана даже в локальном плане, а следовательно, и о малой его надёжности. В связи с этим не исключается возможность гидродинамической связи заволжско-малевского и данково-лебедянского резервуаров, которая может усиливаться трещиноватостью известняков.

Отметим, кстати, что на плохие изолирующие качества покрышек залежей Северо-Лиманского месторождения в целом обращалось внимание в работах [5, 6]. Об этом свидетельствует в первую очередь его многопластовый характер.

Как и в случае данково-лебедянских известняков, в заволжско-малевских отложениях наблюдается довольно сложная перемежаемость как коллекторов и флюидоупоров, так и коллекторов различного качества. Однако прослеживаемость коллекторских пластов здесь несколько хуже, чем в данково-лебедянских отложениях. Так, в северо-западной части свода структуры по кровле заволжско-малевских карбонатов скважина 8 в интервале 3362–3380 м вскрыла зону отсутствия коллекторов, которая может быть обусловлена как выклиниванием здесь проницаемых пластов, так и вторичной цементацией известняков.

Примечательно, что эта зона совпадает с уменьшением мощности здесь заволжско-малевских отложений в целом. Она имеет в плане либо округло-изометричную форму, либо вытянутую с СЗ-ЮВ простиранием. Конфигурация изопакит суммарной мощности коллекторов позволяет прогнозировать аналогичную небольшую зону широтного простирания на юго-западной периклинали поднятия к западу от скважины 30.

Плотные породы в этих зонах представлены буро-серыми и серо-коричневыми известняками доломитизированными и в меньшей степени доломитами массивными, крупнозернистыми, в различной степени (иногда очень сильно) перекристаллизованными. Известняки содержат прослойки зелено-серых, тонкослоистых аргиллитов (сква. 19, интервал 3412–3417 м). Встречаются брекчиевидные и песчано-гравийные обломочные крепко сцементированные разности известняков



(скв. 19, интервал 3397–3402 м). По-видимому, известняки в этих прослоях содержат примесь глинистого материала.

Коллекторы заволжско-малевского резервуара представлены серыми и буро-серыми биоморфными, с прослоями песчаниковидных известняками, в различной степени перекристаллизованными, иногда слабо сцементированными. Хотя и селективно, но достаточно широко развитые процессы выщелачивания привели к образованию многочисленных каверн размером от 0,8 до 1 мм, несомненно, являющихся частью эффективной ёмкости и образующих каверново-поровый тип коллектора.

Помимо выщелачивания, в ряде случаев улучшению фильтрационно-ёмкостных свойств рассматриваемых известняков способствовала их селективная доломитизация. Вскрытые в скв. 15 на глубине 3399–3404 м вторичные мелкокавернозные доломиты обладают максимальными для пород этого возраста значениями пористости 18,2% при проницаемости 67 мД. Достаточно высокой ёмкостью (15,5%) характеризуются песчаниковидные доломиты, вскрытые в скв. 21 в интервале глубин 3405–3410 м.

Необходимо отметить, что согласно имеющимся данным, представленным на рис. 3, наилучшие коллекторы с ёмкостью 15–20% сосредоточены в основном на периклиналях структуры (скв. 16, 21) и в северо-восточной части ее свода скв. 15. Такое их распространение, по-видимому, связано с наличием здесь, главным образом, обломочных (песчаниковидных) разностей известняков, обладающих высокой первичной пористостью. Прослои этих известняков являлись проводящими каналами для агрессивных выщелачивающих и доломитизирующих растворов, образовавших вокруг них ореолы вторичной пористости (кавернозности), и, следовательно, коллекторов каверново-порового типа.

Вместе с тем нетрудно заметить, что указанные высокоемкие коллекторы не являются доминирующими в разрезе заволжско-малевского резервуара. Значительно более широко распространены коллекторы с ёмкостью, лежащей в пределах 10–15% и 5–10%. Проницаемость таких коллекторов в случаях, когда она не определялась лабораторным путем, можно установить с помощью графика (см. рис. 1). Необходимо также учитывать, что проницаемость известняков может быть значительно усилена трещиноватостью (каверново-трещинно-поровый тип коллектора).

По мнению М. Г. Шебалдиной, известняки заволжско-малевского горизонта образуют ловушку пластового сводового типа. Однако проведённые нами исследования свидетельствуют о том, что данный резервуар обладает признаками (наличие зон выклинивания коллекторов) структурно-литологической ловушки.

Рассмотренные априорные геологические модели пластовых резервуаров карбонатных отложений Северо-Лиманского месторождения являются

основой для проведения геолого-технологических исследований (ГТИ) скважин, бурение которых будет осуществлено в будущем. В процессе бурения модели должны оперативно дополняться новыми данными, полученными на основе геолого-технологических и промыслово-геофизических исследований в бурящихся скважинах, тем самым увеличивая точность существующих моделей и предоставляя более широкий круг возможностей для прогноза геологического строения ожидаемых и вскрытию интервалов.

Изложенные в настоящей статье материалы позволяют сделать следующие выводы.

1. Имеющийся комплекс материалов даёт возможность проследить вертикальное и латеральное распределение коллекторских и непроницаемых пластов известняков и доломитов, а также изучить особенности пластовых резервуаров в карбонатных отложениях данково-лебедевского горизонта верхнего девона и заволжско-малевского горизонта нижнего карбона Северо-Лиманского месторождения;

2. Коллекторы данково-лебедевских отложений относятся к типам низко- и среднеемких каверново-поровых и, возможно, трещинно-каверново-поровых. Коллекторы заволжско-малевских отложений вследствие более резкой анизотропии коллекторских свойств относятся к типам низко-, средне- и высокоемких каверново-поровых, трещинно-каверново-поровых и в меньшей степени поровых. Несмотря на наличие в заволжско-малевских отложениях более высокоемких коллекторов, прослеживаемость их по площади несколько хуже, чем таковых в данково-лебедевских отложениях. Лучшими фильтрационно-ёмкостными свойствами среди пород обоих горизонтов обычно обладают песчаниковидные известняки, а в отложениях заволжско-малевского горизонта, кроме того, доломитизированные известняки и доломиты.

Карбонатные породы-коллекторы изученных горизонтов входят в состав пластово-сводового (данково-лебедевский горизонт) и переходного от пластово-сводового к структурно-литологическому (заволжско-малевский горизонт) резервуаров.

## Библиографический список

1. Григорьев, Н. С., Ряховский, В. В. Отчёт о работах Кочетновской сейсмической партии 0579. Саратов, 1980. 112 с.
2. Головин, Б. А., Головин, К. Б., Калинин, М. В., Кузнецов, И. В., Руднев, С. А. Перспективы геологического моделирования нефтегазоносных резервуаров в процессе бурения // Изв. Саратов. ун-та. Нов. сер. Сер. Науки о Земле. 2018. Т. 18, вып. 2. С. 110–117.
3. Шебалдина, М. Г., Мелехова, А. Т., Морозов, С. Н. Альбом моделей строения ловушек в палеозойских отложениях Саратовской области (на площадях, находящихся в бурении). Фонды Нижне-Волжского научно-исследовательского института геологии и геофизики (НВНИИГТ). Саратов, 1983. 47 с.



4. Шехтер, В. В., Лукашов, А. И. Опыт-методические работы по использованию современных математических методов при промыслово-геофизических исследованиях. Отчёт о работах темпартии № 205. Саратов, 1980. 163 с.
5. Югай, Т. А., Шебалдина, М. Г., Мелехова, А. Т. Характеристика терригенных коллекторов и типов ловушек нижнего карбона Лиманской площади (научная разработка). Саратов, 1979. 201 с.
6. Югай, Т. А., Шебалдина, М. Г., Мелехова, А. Т. Резервуары нефти и газа в терригенных отложениях раннего карбона Северо-Лиманского месторождения (в связи с локальным прогнозированием месторождений в бортовой зоне Прикаспийской впадины). Саратов, 1980. 135 с.
7. Тульбович, Б. И. Коллекторские свойства и химия поверхности продуктивных пород. Пермь, 1975. 194 с.

---

**Образец для цитирования:**

Головин Б. А., Головин К. Б., Калининкова М. В., Руднев С. А. Литолого-петрофизическое моделирование нефтегазоносных резервуаров карбонатных отложений (на примере Северо-Лиманского месторождения) // Изв. Саратов. ун-та. Нов. сер. Сер. Науки о Земле. 2018. Т. 18, вып. 4. С. 265–272. DOI: <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2018-18-4-265-272>

**Cite this article as:**

Golovin B. A., Golovin K. B., Kalinnikova M. V., Rudnev S. A. Lithological and Petrophysical Modeling of Oil and Gas Reservoirs of Carbonate Deposits (on the Example of the Severo-Limanskoye oil Field). *Izv. Saratov Univ. (N. S.), Ser. Earth Sciences*, 2018, vol. 18, iss. 4, pp. 265–272 (in Russian). DOI: <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2018-18-4-265-272>

---



УДК 550.8.053

## ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ ПО НИЖНЕТАЕЖНОМУ РУДНОМУ УЗЛУ (ПРИМОРЬЕ) И ЗОНАЛЬНОСТЬ МНОГОМЕТАЛЛЬНОГО ОРУДЕНЕНИЯ

Е. И. Медведев, В. В. Ивин, И. И. Фатьянов

Медведев Евгений Иванович, научный сотрудник лаборатории минерализации благородных металлов, Дальневосточный геологический институт Дальневосточного отделения РАН, Владивосток, Cage21@mail.ru

Ивин Виталий Викторович, кандидат геолого-минералогических наук, научный сотрудник лаборатории минерализации благородных металлов, Дальневосточный геологический институт Дальневосточного отделения РАН, Владивосток, ivin\_vv@mail.ru

Фатьянов Игорь Иванович, кандидат геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник лаборатории минерализации благородных металлов, Дальневосточный геологический институт Дальневосточного отделения РАН, Владивосток, Igor.1937@list.ru

В настоящее время эффективное использование результатов геохимических исследований сдерживается отсутствием программно-компьютерного обеспечения. В данной статье была предпринята попытка обработки геохимических данных по многометалльному орудению Нижнетаежного рудного узла (НТРУ) на основе программного комплекса математического моделирования Matlab. Обработке подверглись более 5000 проб бороздowego и сколкового опробования горных выработок, спектральных, спекрозолотометрических, пробирно-активационных, атомно-абсорбционных и химических анализов НТРУ. Компьютерная обработка данных геохимического опробования НТРУ позволила выявить особенности в пространственном размещении минерально-геохимических типов руд узла, а также признаки вертикальной и горизонтальной зональности.

**Ключевые слова:** серебро, золото, полиметаллы, олово, типизация, зональность.

### Geochemical Data on Lower-Taiga Ore Cluster (Primorye) and Zonation of Multimetal Mineralization

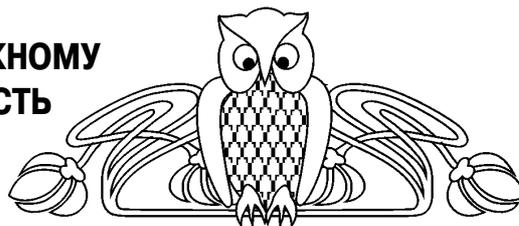
E. I. Medvedev, V. V. Ivin, I. I. Fatyaynov

Evgenii I. Medvedev, <https://orcid.org/0000-0003-1791-2017>, Far East Geological Institute Far East Branch Russian Academy of Sciences, 159, Prospect 100-letya-Vladivostoka, Vladivostok, 690022, Russia, Cage21@mail.ru

Vitaliy V. Ivin, <https://orcid.org/0000-0002-7673-0099>, Far East Geological Institute Far East Branch Russian Academy of Sciences, 159, Prospect 100-letya-Vladivostoka, Vladivostok, 690022, Russia, ivin\_vv@mail.ru

Igor I. Fat'ynov, <https://orcid.org/0000-0003-0150-5230>, Far East Geological Institute Far East Branch Russian Academy of Sciences, 159, Prospect 100-letya-Vladivostoka, Vladivostok, 690022, Russia, Igor.1937@list.ru

Currently, the effective use of geochemical research results is hampered by the lack of software and computer support. In this study an



attempt was made to process geochemical data on multimetal mineralization of the Lower-Taiga ore cluster (NTRU) on the basis of Matlab mathematical simulation software. The analysis was carried out on more than 5000 samples taken from channel and chip sampling of mine workings, spectral, spectrographic aurometric, assay-activation, atomic absorption and chemical analyses of NTRU. Computer processing of geochemical sampling data of the NTRU revealed the features in the spatial location of mineral-geochemical types of ore sites, as well as signs of vertical and altitudinal zonation.

**Key words:** silver, gold, polymetals, tin, typification, zoning.

DOI: <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2018-18-4-273-277>

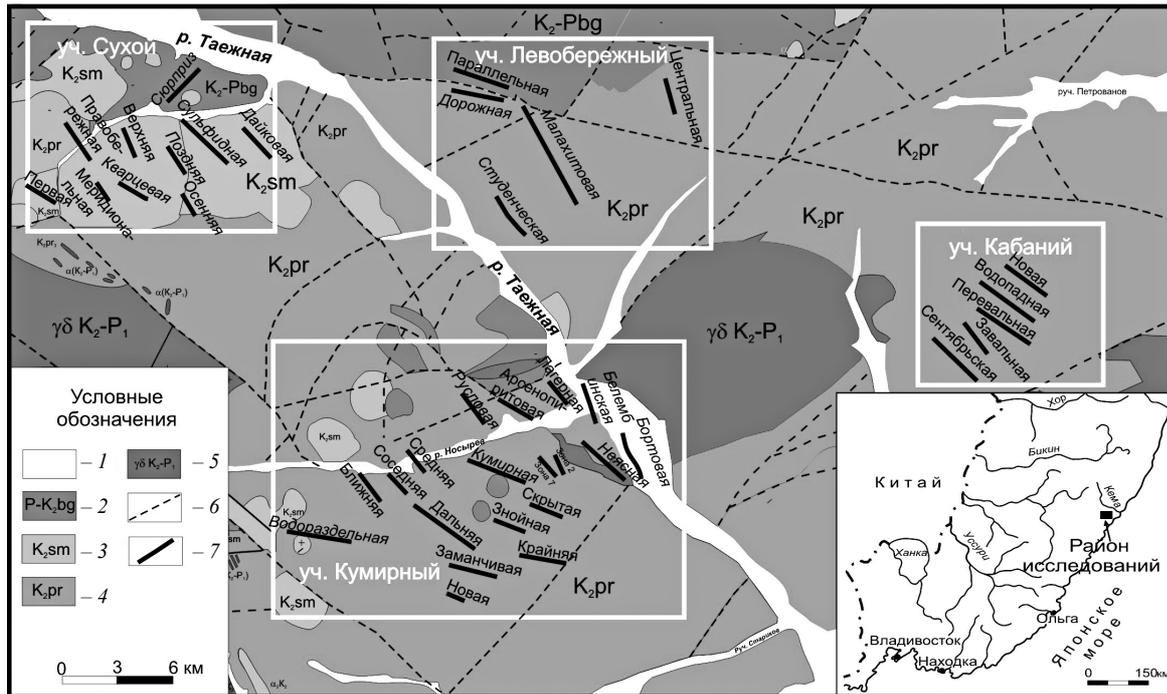
### Введение

В современной поисковой геологии потенциальные возможности геохимических методов исследования в области прогнозирования и оценки рудных месторождений очень высоки. По мнению специалистов, из геохимических данных, получаемых при геологических работах, в настоящее время извлекается не более 30 % содержащейся в них полезной информации. Эффективное использование результатов геохимических исследований сдерживается отсутствием программно-компьютерного обеспечения.

### Краткая геологическая характеристика района исследований

Геологическое строение НТРУ достаточно хорошо изучено [1, 2]. Его площадь сложена различными по составу вулканогенно-осадочными породами приморской, самаргинской и богопольской толщ. Субвулканические и интрузивные тела являются производными вулcano-плутонических комплексов. Наиболее крупные интрузивные тела размещены в очаговых структурах купольного типа. Интрузивы состоят из нескольких фаз внедрения и имеют сложное строение. Они сложены разномерными биотит-роговообманковыми диоритами и гранитами, в краевых частях переходящими в порфиоровые разности. Субвулканические тела обычно представлены крупнопорфиоровыми риолитами (рисунок).

В рудном узле известно несколько рудных участков: Кумирный, Средний Сухой, Левобережный, Кабаний. В пределах последних двух расположены жильно-прожилковые зоны преимущественно северо-западной, реже субширотной, субмеридиональной и северо-восточной ориентировки, с редкометалльной,



Схематическая карта геологического строения Нижне-таежного рудного узла (по материалам АО «Примгеология»): 1 – аллювиальные отложения; 2 – богопольская толща (P-K<sub>2</sub>bg); 3 – самаргинская толща (K<sub>2</sub>sm); 4 – приморская толща (K<sub>2</sub>pr); 5 – гранитоидные массивы (γδK<sub>2</sub>-P<sub>1</sub>); 6 – тектонические нарушения; 7 – рудные тела

олово-полиметалльно-серебряной, полиметалльно-серебряной и серебряной минерализацией. Зоны с олово-полиметалльно-серебряным и полиметалльно-серебряным оруденением [3] размещены среди ороговикованных вулканитов нижней пачки приморской толщи (K<sub>2</sub>pr<sub>1</sub>). Они состоят из серий крутопадающих сложноветвящихся кварц-сульфидных жил, сопровождаемых прожилково-вкрапленной минерализацией. Мощность таких зон достигает 10–20 м, протяженность 1,5 км и более. Убогосульфидные зоны имеют значительно меньшую мощность (до 3–4 м) и преимущественно фиксируются среди вулканитов третьей пачки приморской толщи (K<sub>2</sub>pr<sub>3</sub>), превращенных в кварц-серицит-гидрослюдистые метасоматиты [2].

### Методика исследования

Нами на основе программного комплекса математического моделирования Matlab проведена обработка геохимических данных, позволяющая изучить распределение рудных элементов в пределах НТРУ. Были обработаны результаты бороздового и сколового опробования горных выработок (канав и расчисток), полученные в процессе поисково-разведочных работ. В Центральной лаборатории Дальневосточного геологического управления обработке подверглись 5000 спектральных, спекрозолотометрических, пробирно-активационных, атомно-абсорбционных и химических анализов. На дифракционном спектрографе (ДФС-13) полуколичественным

спектральным анализом определялось содержание 15 элементов: мышьяка, вольфрама, сурьмы, висмута, марганца, кобальта, никеля, хрома, меди, молибдена, свинца, цинка, серебра, олова и бария. Сжигание производилось в трехфазной дуге переменного тока. При съеме спектра использовались фотопленки ТИП-2 чувствительностью 14–15 единиц. Золото определялось с помощью спектрального анализа с чувствительностью метода 0,002 г/т. При содержании золота выше 0,1 г/т применялся пробирно-активационный анализ. Сущность метода заключается в нейтронно-активационном определении золота из продуктов неполного купелирования. Это позволяет в определенной мере избежать потерь металла, что случается при полной пробирной плавке. Для определения серебра и частично золота применялась атомная абсорбция, свинца, цинка и меди – полярография, вольфрама – атомно-абсорбционный метод, висмута – фотоколориметрия, кадмия, индия и олова – титриметрические методы. Чувствительность методов определения серебра 0,2 г/т, свинца 0,01%, цинка 0,001%; меди 0,01%; висмута 0,005%, вольфрама 0,05%; олова 0,05%. Атомно-абсорбционному анализу на серебро подвергались пробы, содержащие, по данным спектрального анализа, более 10 г/т серебра.

### Результаты и их обсуждение

Компьютерная обработка результатов исследования подтвердила, что геохимические аномалии в пределах НТРУ приурочены к рудным телам



и метасоматическим измененным породам. Их пространственное положение позволило выявить в размещении руд вертикальную и горизонтальную (латеральную) зональность [4–6].

Показательным объектом для изучения вертикальной и горизонтальной зональности в пределах рудного узла является участок **Кумирный** (см. рисунок). Для него характерен значительный вертикальный диапазон вскрытия рудных зон 100–700 м.

Ореолы *сурьмы* на участке Кумирном распространены локально (см. рисунок). Они хорошо выражены тремя сменяющимися друг друга с запада на восток аномалиями. Наиболее высокие содержания (до 0,009%) выявлены на западном фланге. В центральной части они не превышают 0,005%, а на восточном фланге снижаются до 0,003%. Максимальное содержание сурьмы установлено на гипсометрическом уровне 400 м, что обусловлено наибольшим количеством сурьму-содержащих минералов. Основным источником сурьмы, по данным минералогического анализа, являются сульфосоли серебра (полибазит, пираргирит, фрейбергит и др.) [3]. К тому же заметная концентрация сурьмы установлена на высоких гипсометрических отметках в составе арсенопирита.

*Серебро* – широко распространенный элемент рудного узла, подчеркивающий его благороднометалльную специализацию. На периферии участка Кумирный закартировано несколько ореолов серебра с содержанием от 0,03 до 0,001%. Наиболее выраженный ореол серебра установлен на западном фланге на отметках порядка 400 м. На более низких гипсометрических уровнях его содержание снижается до 0,001%.

*Мышьяк* на участке Кумирном образует обширные контрастные ореолы. Основным минералом мышьяка в рудах является арсенопирит, реже леллингит, незначительное его количество фиксируется также в пирите, сульфосолях серебра, галените, сфалерите. Ореол мышьяка с максимальным содержанием 0,5% зафиксирован в центральной части участка на отметке 400 м. От этого гипсометрического уровня его концентрация снижается.

*Золото* на участке сконцентрировано в трех локальных аномалиях. Максимальное содержание металла выявлено в северной его части, где оно доходит до 0,16 г/т. Два других ореола с содержанием металла 0,02 г/т расположены на западном и восточном флангах. По данным минералогического анализа, пробность золота составляет от 780 до 830<sup>0</sup>/<sub>00</sub>. С глубиной она увеличивается.

*Олово* на Кумирном установлено в его восточной части на низком гипсометрическом уровне – 200 м. Здесь оно образует два локальных ореола с содержанием металла от 0,05 до 0,30%. Пространственно эти ореолы приурочены к двум рудным зонам: Белембинской и Бортовой. В зонах обнаружен касситерит.

Для *меди* характерны ореолы с содержанием металла от 0,05 до 0,30%. Максимальная концентрация меди (0,3%) установлена в северо-восточной части участка на самом низком (200 м) высотном уровне. Ореол сопровождается рудное тело, состоящее из гнездообразных скоплений халькопирита в кварцевом матриксе. Медь также присутствует в пирите и галените.

Таким образом, на участке Кумирном наиболее высокая концентрация серебра и сурьмы выявлена на его западном фланге, мышьяка и золота – в центре, молибдена, свинца, цинка, меди и олова – на восточном фланге. Анализ распределения этих элементов с учетом гипсометрии современной поверхности показал, что максимальная концентрация серебра и сурьмы фиксируется на уровне 550 м и обнаруживает слабую тенденцию к понижению с глубиной. Наибольшая концентрация золота и мышьяка отмечается на уровне около 400 м. Содержание свинца, галлия, германия существенно возрастает в районе отметок 300 м. Самая высокая концентрация меди, марганца, молибдена, никеля, олова, хрома и цинка зафиксирована в пониженной части рудного участка на уровне 200 м.

Распределение ореолов геохимических элементов на участке **Левобережный** (см. рисунок) прослеживается менее четко, чем на участке Кумирном.

*Олово* в северо-восточной части участка Левобережный образует единичный ореол, в котором его содержание изменяется от 0,0010 до 0,0014%. Минералом-концентратором олова является касситерит. Максимальное его содержание установлено на самом высоком гипсометрическом уровне – 500 м.

Высокая концентрация *цинка* (до 0,008%) фиксируется в центральной части участка, образуя концентрический ореол, к периферии которого его содержание снижается. В рудных зонах участка характерно присутствие переменных количеств сфалерита и галенита. Отметим, что на участке Левобережном пиковое содержание цинка обнаружено на самых высоких гипсометрических отметках, в то время как на Кумирном оно фиксируется на нижних уровнях.

*Золото* на участке Левобережном представлено электрумом и образует разные по ширине и интенсивности ореолы. Наблюдается постепенное увеличение содержания этого элемента с юга на север от 0,002 до 0,005 г/т.

Основные ореолы *молибдена* с концентрацией от 0,0004 до 0,0008% занимают значительную площадь северной части участка. Здесь содержание молибдена, как и на Кумирном, увеличивается с уменьшением гипсометрических отметок.

Таким образом, наиболее контрастные ореолы серебра, свинца, цинка расположены в центральной части Левобережного участка, золота и молибдена – на северном его фланге, олова и мышьяка – на северо-восточном. Анализ распре-



деления элементов на разных гипсометрических уровнях показал, что повышенная концентрация серебра, свинца, цинка выявлена на самых высоких гипсометрических отметках участка, близких к 600 м, олова, никеля, золота, мышьяка – в районе 500 м, меди и марганца – 400 м. Наиболее высокое содержание сурьмы, ванадия, молибдена, германия зафиксировано на уровне 300 м.

На участке **Средний Сухой** (см. рисунок) ореолы *олова* расположены в северной его части и протягиваются узкой полосой с запада на восток. Ореол с максимальным содержанием металла до 0,0002% выявлен на северо-восточном фланге. С возрастом гипсометрических отметок содержание олова увеличивается.

Ореолы *цинка* пространственно ассоциируют с ореолами *свинца*. Наиболее контрастный ореол цинка с содержанием металла до 0,12% расположен на восточном фланге участка (см. рисунок). Максимальное содержание цинка установлено на гипсометрических отметках, близких к 300 м.

Для *золота*, представленного электрумом, характерно постепенное увеличение его содержания с запада на восток от отметки 400 м к отметке 200 м. На южном фланге участка узкий ореол золота с содержанием металла от 0,004 до 0,008 г/т пересекает всю его территорию. На восточном фланге золото образует небольшой ореол с максимальным содержанием металла 0,12 г/т.

*Сурьма* с содержанием до 0,0009% и *серебро* образуют совместные ореолы. Это указывает на то, что здесь присутствуют сульфосоли серебра. Содержание сурьмы при этом увеличивается с понижением гипсометрических отметок.

Таким образом, максимальная концентрация золота, серебра, меди, молибдена, цинка, олова установлена в основном в западной части участка Средний Сухой. Контрастные ореолы свинца и марганца протягиваются узкой полосой в субширотном направлении. Анализ распределения элементов на разных гипсометрических уровнях показывает, что на низких высотных отметках зафиксирована максимальная концентрация мышьяка, никеля, хрома, сурьмы, молибдена, серебра, золота, на уровне 300 м установлена максимальная концентрации марганца, свинца, ванадия, а на отметке 400 м выявлена повышенная концентрация олова, цинка и меди.

На участке **Кабаний** (см. рисунок) обширный ореол *серебра* с содержанием металла до 0,0002% покрывает практически всю его площадь. На северо-западном его фланге наблюдается повышенный ореол серебра с концентрацией 0,0012%. Минералы серебра представлены акантитом и пирагиритом в виде тонких прорастаний в пирите и арсенопирите. Максимальное содержание серебра приурочено к двум гипсометрическим уровням – 200 м и 400 м.

Ореол *золота* с содержаниями металла от 0,002 до 0,012 г/т покрывает практически всю площадь участка. Наиболее контрастный ореол

выявлен в южной части участка на уровне 200 м. В рудных зонах самородное золото (электрум) присутствует в виде тонких выделений в кварцевом матриксе совместно с акантитом, пирагиритом, пиритом, арсенопиритом.

*Сурьма* с *мышьяком* образуют серию ореолов в северной части площади. Содержание сурьмы здесь достигает 0,0007%. С севера на юг интенсивность ореолов снижается, а размер их увеличивается. Минералами-концентраторами сурьмы на участке являются сульфосоли серебра.

Для ореолов *олова* в целом характерно невысокое содержание металла – 0,0000045–0,000006%. Высокая его концентрация фиксируется в южной части участка. Минералы олова в рудных зонах не обнаружены, но в ключе Кабаньем в шлихах отмечаются редкие зерна касситерита.

Таким образом, к высоким гипсометрическим отметкам (порядка 440 м) приурочена максимальная концентрация мышьяка, сурьмы, никеля, с уменьшением высотных отметок содержание этих элементов уменьшается. На высотах 420–380 м фиксируется высокая концентрация серебра, меди, цинка, свинца, ванадия, а на низких отметках (320–300 м) отмечается повышенное содержание олова, марганца, золота.

## Выводы

Компьютерная обработка данных геохимического опробования НТРУ позволила выявить особенности в пространственном размещении минерально-геохимических типов руд и признаки зональности. На детально изученном участке Кумирном при удалении от Малиновского гранитного интрузива олово-полиметалльно-серебряные зоны сменяются полиметалльно-серебряными, а затем серебряными. Установленная здесь латеральная зональность минерализации является отражением вертикальной зональности, поскольку олово-полиметалльно-серебряное оруденение в урезе водотоков с абсолютными отметками 150 м сменяется на склонах местных гор с отметками 300 м на полиметалльно-серебряную и наконец вблизи водоразделов с отметками 650 м – на собственно серебряную. Как видим, выявленная на участке Кумирном в 500-метровом интервале вертикальная минерально-геохимическая зональность фрагментарно прослеживается и на других участках узла. Так, на участке Левобережном в интервале отметок 350–700 м наблюдается смена олово-полиметалльно-серебряной минерализации на полиметалльно-серебряную. На участке Средний Сухой в интервале отметок 200–470 м олово-полиметалльно-серебряное оруденение сменяется на полиметалльно-серебряное, а затем на собственно серебряное. На участке Кабаньем в диапазоне отметок от 50 до 450 м также выявлена смена полиметалльно-серебряной минерализации на собственно серебряную. Сопоставление с другими подобными объектами вулcano-плу-



тонических поясов Тихоокеанского обрамления показывает, что принципиально сходная схема распространения эндогенного оруденения характерна для многих уникальных месторождений мира: Мексики (Гуанохуато), северо-востока и юго-востока России (Дукат, Красногорское, Каменное и др.) [7–9]. Проведенные исследования с использованием компьютерной обработки геохимической информации могут быть применены для решения прогнозно-поисковых задач при проведении геолого-разведочных работ.

#### Библиографический список

1. Ивин, В. В., Родионов, А. Н., Хомич, В. Г., Симаненко, Л. Ф., Борискина, Н. Г. Геологическое строение и типы эндогенной минерализации Нижнетаежного рудного узла (Приморье) // Тихоокеанская геология. 2006. Т. 25, № 3. С. 81–87.
2. Хомич, В. Г., Ивин, В. В., Борискина, Н. Г. Новые определения возраста (К-Аг метод) интрузивных образований Нижнетаежного рудного узла (Северное Приморье) // Вестник ТГУ. 2010. № 331. С. 214–218.
3. Ивин, В. В., Медведев, Е. И. Минералого-геохимические особенности полиметалло-золото-серебряного Кумирного месторождения (Северное Приморье) // Фундаментальные исследования. 2014. № 8, ч. 5. С. 1100–1106
4. Сазонов, В. Н., Огородников, В. Н., Поленов, Ю. А.

Вертикальная метасоматическая зональность и ее значение для прогнозирования слепого оруденения и оценки перспектив обрабатываемых месторождений на глубину (на примере золоторудных и золотополиметаллических месторождений) // Литосфера. 2008. № 1. С. 77–89.

5. Константинов, М. М., Костин, А. В., Сидоров, А. А. Геология месторождений серебра. Якутск : Изд-во Сахаполиграфиздат, 2003. 282 с.
6. Симаненко, Л. Ф., Раткин, В. В., Турчин, В. А. Минеральные ассоциации олово-полиметаллических порфировых руд палеовулкана г. Красной (Красногорское месторождение, Дальнегорский рудный район) // Тихоокеанская геология. 2015. Т. 34, № 2. С. 44–60.
7. Раткин, В. В., Елисева, О. А., Пандиан, М. С., Орехов, А. А., Моханатра, М., Вишунпрайя, С. К. Этапность и условия формирования продуктивных минеральных ассоциаций дальнегорского Боросиликатного месторождения (Сихотэ-Алинь) // Записки Российского минералогического общества. 2017. Т. 146, № 5. С. 1–19.
8. Филимонова, Л. Г., Трубкин, Н. В., Чугаев, А. В. Минеральные типы зон гидротермальных изменений Дукатского рудного поля и их соотношения с лейкогранитами и эпитептермальными золото-серебряными рудами (Северо-Восток России) // Геология рудных месторождений. 2014. Т. 56, № 3. С. 195–228.
9. Mango, H. Arehart, G., Oreskes, N., Zantop, H. Origin of epithermal Ag-Au-Cu-Pb-Zn mineralization in Guanajuato, Mexico (Article) // Mineralium Deposita. 2014. Vol. 49, iss. 1. P. 119–143.

#### Образец для цитирования:

Медведев Е. И., Ивин В. В., Фатьянов И. И. Геохимические данные по Нижнетаежному рудному узлу (Приморье) и зональность полиметалльного оруденения // Изв. Саратов. ун-та. Нов. сер. Сер. Науки о Земле. 2018. Т. 18, вып. 4. С. 273–277. DOI: <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2018-18-4-273-277>

#### Cite this article as:

Medvedev E. I., Ivin V. V., Fatyantov I. I. Geochemical Data on Lower-Taiga Ore Cluster (Primorye) and Zonation of Multimetal Mineralization. *Izv. Saratov Univ. (N. S.), Ser. Earth Sciences*, 2018, vol. 18, iss. 4, pp. 273–277 (in Russian). DOI: <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2018-18-4-273-277>



УДК 631.41:614.76

## КОНЦЕНТРАЦИЯ ПОДВИЖНЫХ ФОРМ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПОЧВАХ НА ТЕРРИТОРИИ ТРОФИМОВСКОГО НЕФТЯНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ (Саратовская область)



М. В. Решетников, Д. С. М. Маджид, С. Д. Шкодин, Н. Б. Юдин, А. И. Добролюбов

Решетников Михаил Владимирович, кандидат географических наук, старший научный сотрудник отделения геологии НИИ ЕН, Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского, rmv85@list.ru

Маджид Длер Салам Маджид, аспирант кафедры общей геологии и полезных ископаемых геологического факультета, Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского, dilersalam1989@gmail.com

Шкодин Сергей Дмитриевич, бакалавр геологии, Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского, sergei.schkodin@mail.ru

Юдин Никита Борисович, бакалавр геологии, Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского, nikita-yudin1996@yandex.ru

Алексей Игоревич Добролюбов, аспирант кафедры геоэкологии и инженерной геологии, Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю. А., dobrolubovanv@mail.ru

Исследован почвенный покров на территории Трофимовского нефтяного месторождения, расположенного в пределах города Саратова. По результатам анализа концентраций подвижных форм тяжелых металлов выполнена оценка современного санитарно-гигиенического и эколого-геохимического состояния почв. Обнаружена значимая корреляционная взаимосвязь между различными металлами. Установлено превышение предельно допустимых концентраций по никелю, меди.

**Ключевые слова:** почва, загрязнение, тяжелые металлы, Трофимовское нефтяное месторождение.

### Concentration of Mobile Forms of Heavy Metals in Soils in the Territory of Trofimovsk Oil Field (Saratov Region)

M. V. Reshetnikov, D. S. M. Majeed, S. D. Shkodin,  
N. B. Iudin, A. I. Dobrolubov

Mikhail V. Reshetnikov, <https://orcid.org/0000-0001-8298-029X>, Saratov State University, 83, Astrakhanskaya Str., Saratov, 410012, Russia, rmv85@list.ru

Dler S. M. Majeed, <https://orcid.org/0000-0001-5323-1222>, Saratov State University, 83, Astrakhanskaya Str., Saratov, 410012, Russia, dilersalam1989@gmail.com

Sergei D. Shkodin, <https://orcid.org/0000-0003-4652-7556>, Saratov State University, 83, Astrakhanskaya Str., Saratov, 410012, Russia, sergei.schkodin@mail.ru

Nikita B. Iudin, <https://orcid.org/0000-0002-8330-0249>, Saratov State University, 83, Astrakhanskaya Str., Saratov, 410012, Russia, nikita-yudin1996@yandex.ru

Aleksey I. Dobrolubov, <https://orcid.org/0000-0002-7794-9471>, Sara-

tov State Technical University, 77, Politechnicheskaya Str., Saratov, 410054, Russia, dobrolubovanv@mail.ru

The soil cover on the territory of the Trofimov oil field located within the city of Saratov has been studied. Based on the results of analysis of concentrations of mobile forms of heavy metals, an assessment of the modern sanitary-hygienic and ecological-geochemical state of soils was performed. Significant correlations between different metals have been found. An excess of the maximum permissible concentrations for nickel and copper has been established.

**Key words:** soil, pollution, heavy metals, Trofimov oil field.

DOI: <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2018-18-4-278-282>

**Введение.** Эколого-геохимическое состояние почв является важным показателем качества окружающей среды. Антропогенное воздействие человека на окружающую среду наносит ущерб различным компонентам окружающей среды и в большей мере депонирующим средам, таким как почвенный покров и донные отложения. Особое внимание стоит уделить изучению загрязнения почвенного покрова тяжёлыми металлами, а именно их подвижным формам. Подвижные формы тяжелых металлов легко усваиваются растениями и тем самым легко включаются в трофические цепи [1, 2].

Административно исследуемый участок расположен на территории Саратовского района Саратовской области, в Кировском и Волжском районах г. Саратова. В пределах исследуемого участка развита сеть грунтовых и улучшенных дорог, проходит автомагистраль Саратов–Энгельс. Географически исследуемая площадь расположена в прибрежной части правого берега р. Волга, представляющей собой холмистую равнину, расчлененную оврагами и балками.

Трофимовское месторождение находится по соседству с разрабатываемыми месторождениями Гусельским, Соколовогорским, Атамановским, Елшанско-Курдюмским, где нефтегазоносность установлена в отложениях среднего девона и нижнего карбона.

Целью работы является оценка эколого-геохимического состояния почвенного покрова (по уровню концентраций подвижных форм тяжелых металлов в почвенном покрове) на территории Трофимовского нефтяного месторождения. Для достижения поставленной цели мы использовали следующие общепринятые методики проведения исследований.

**Методики проведения исследований.** Отбор и подготовка проб велись в соответствии



с ГОСТ 17.4.4.02–84. Точки отбора проб размещались с учётом розы ветров, особенностей микрорельефа. В соответствии с требованиями ГОСТа опробованию подвергалась верхняя часть почвенного горизонта «А» до глубины 5 см, где обычно накапливается основная масса загрязнителей, выпадающих из атмосферы [3].

Размеры пробных площадок варьировали от 2–3 до 10 м<sup>2</sup>. Отбор проб проводился методом конверта – одна проба в центре, четыре по углам площадки, по 2–3 пробы вокруг вершин конверта. Вес объединённой пробы варьировал в пределах 0,5–1 кг [3].

Определение тяжелых металлов в почве проводилось методом атомно-абсорбционной спектроскопии с пламенной атомизацией на спектрофотометре «Квант-2АТ». Подвижные кислоторастворимые формы металлов (Cu, Zn, Ni, Cd, Pb) определялись в вытяжках 1М HNO<sub>3</sub>. В последние годы эти экстрагенты успешно используют для анализов почв, подверженных техногенным воздействиям. Из сильно загрязнённых почв 1М HNO<sub>3</sub> извлекают 90–95% тяжелых металлов от их валового содержания. Отношение почвы к раствору 1:10, для торфяных почв – 1:20 [4].

Пробу почвы массой 5 г (для торфяных почв 2,5 г) взвешивают с точностью +/- 0,1 г и помещают в коническую колбу вместимостью 200–300 см<sup>3</sup>, к пробе добавляют 50 см<sup>3</sup> 1М HNO<sub>3</sub>. Навеску почвы необходимо увеличить до 10 г при определении тяжелых металлов на фоновом уровне. При этом соотношение почвы и раствора остается неизменным [4].

Взбалтывают суспензию на ротаторе в течение 1 ч или после 3-минутного встряхивания настаивают в течение суток. Колбу закрывают пробкой. Вытяжку фильтруют через сухой складчатый фильтр «белая лента», предварительно промытый 1М HNO<sub>3</sub>. Перед фильтрованием вытяжка перемешивается и переносится на фильтр по возможности полностью. В фильтрате определяют тяжелые металлы на атомно-абсорбционном спектрофотометре в пламени ацетилен-воздух. Если фильтраты мутные, их возвращают на фильтры. Одновременно проводят холостой анализ, включая все стадии его определения, кроме взятия проб [4].

Для определения экологически опасного уровня концентрации тяжелых металлов в почвенном покрове выполнено сравнение фактической концентрации каждого тяжелого металла с его фоновым значением, выраженное через коэффициент концентрации  $K_c$ , рассчитанный по формуле

$$K_c = C_i / C_{\text{ф}}$$

где  $C_i$  – содержание формы тяжелого металла в образце, мг/кг;  $C_{\text{ф}}$  – фоновая концентрация формы ТМ, мг/кг.

Дополнительно было выполнено сравнение фактической концентрации каждого тяжелого

металла с его фоновым значением предельно допустимой концентрации (ПДК), выраженное через коэффициент опасности  $K_o$ , рассчитанный по формуле

$$K_o = C_i / \text{ПДК},$$

где  $C_i$  – содержание формы тяжелого металла в образце [мг/кг]; ПДК – предельно допустимая концентрация формы ТМ [мг/кг]

Для оценки степени геохимической трансформации почвенного покрова подвижными формами тяжелых металлов был определен суммарный коэффициент загрязнённости  $Z_c$  по формуле

$$Z_c = \sum Kc_n - (n - 1),$$

где  $Z_c$  – суммарный коэффициент загрязнённости ТМ в пробе;  $n$  – количество определяемых элементов;  $Kc$  – коэффициенты концентрации определяемых в пробе тяжелых металлов.

**Результаты исследований.** На территории Трофимовского нефтяного месторождения было отобрано 23 пробы почв. Во всех пробах определена концентрация подвижных форм меди, цинка, свинца, кадмия, хрома и никеля (табл. 1). Ниже приводятся краткие результаты аналитических исследований.

Подвижные формы хрома определены во всех пробах в концентрации от 1,55 до 3,07 мг/кг, со средним содержанием 2,46 мг/кг и при ПДК 6,0 мг/кг [5]. Превышение над ПДК не зафиксировано.

Подвижные формы цинка зафиксированы во всех пробах в концентрации от 4,49 до 27,58 мг/кг со средним содержанием 8,62 мг/кг и при ПДК 23,0 мг/кг [6]. Превышение над ПДК не зафиксировано.

Кадмий в подвижной форме обнаружен во всех пробах в концентрации от 0 до 0,05 мг/кг, со средним содержанием 0,01 мг/кг и при ПДК 0,5 мг/кг [7]. Коэффициент опасности изменяется в пределах от 0 до 0,09 со средним значением 0,02. Превышение над ПДК не зафиксировано.

Подвижные формы никеля зафиксированы во всех пробах в концентрации от 4,12 до 7,44 мг/кг со средним содержанием 5,92 мг/кг и при ПДК 4,0 мг/кг [5]. Коэффициент опасности изменяется в пределах от 1,03 до 1,86 со средним значением 1,48. Превышение над ПДК зафиксировано во всех пробах, максимальное превышение в пробе 18 (1,86 ПДК).

Свинец в подвижной форме обнаружен во всех пробах в концентрации от 1,92 до 2,93 мг/кг со средним содержанием 2,28 мг/кг и при ПДК 6,0 мг/кг [5]. Коэффициент опасности изменяется в пределах от 0,32 до 0,49 со средним значением 0,41. Превышение ПДК не зафиксировано.

Подвижные формы меди зафиксированы во всех пробах в концентрации от 2,09 до 4,14 мг/кг со средним содержанием 3,12 мг/кг и при ПДК 3,0 мг/кг [4]. Коэффициент опасности изменяется



Таблица 1

## Содержание подвижных форм тяжелых металлов в почвах на территории Трофимовского нефтяного месторождения, мг/кг

Номер пробы	Ni	Cu	Cd	Cr	Pb	Zn
1	4,12	2,75	0,011	1,95	2,08	5,49
2	4,52	3,10	0,006	2,53	2,24	6,59
3	6,42	3,23	0,013	2,60	2,17	6,27
4	5,85	2,82	0,004	2,52	1,98	5,63
5	6,15	3,06	0,006	2,66	2,32	6,82
6	5,72	2,09	–	2,08	1,99	4,99
7	6,21	3,50	0,010	2,41	2,34	27,58
8	6,56	3,33	0,013	2,63	2,93	9,01
9	4,33	2,33	0,014	1,55	1,92	5,00
10	5,98	3,03	0,010	2,49	2,30	7,72
11	7,04	3,31	0,012	2,60	2,59	8,00
12	6,48	3,05	0,011	2,44	2,37	6,87
13	6,82	3,32	0,003	3,07	2,45	7,14
14	5,99	2,92	0,009	2,57	2,36	10,13
15	6,24	3,11	0,006	2,67	2,33	8,76
16	5,33	2,77	0,013	2,23	1,99	7,19
17	5,78	3,24	0,012	2,50	2,15	8,06
18	7,44	4,14	0,046	2,95	2,86	10,53
19	6,21	3,68	0,017	2,37	2,30	15,96
20	6,41	3,58	0,014	2,49	2,35	7,21
21	5,71	3,25	0,017	2,37	2,26	8,02
22	5,15	3,21	0,011	2,48	2,15	8,79
23	5,78	2,90	0,008	2,33	2,00	6,45
ПДК	4	3	0,5–1*	6	6	23

\*Норматив ПДК для подвижных форм кадмия не установлен. Приводится по: [8–11].

в пределах от 0,7 до 1,38 со средним значением 1,04. Превышение над ПДК зафиксировано в пробах 2, 3, 5, 7, 8, 10–13, 15, 17–22, максимальное превышение обнаружено в пробе 18 (4,14 ПДК).

Геохимический ряд для подвижных форм тяжелых металлов на территории Трофимовского нефтяного месторождения выглядит следующим образом: Zn>Ni>Cu>Cr>Pb>Cd (по средней концентрации) и Ni>Cu>Cr>Pb> Zn>Cd (по превышению над нормативными показателями).

При анализе полученных лабораторных исследований видно, что определяемые элементы можно разделить на две группы: первая – никель и медь, в этой группе в пробах зафиксировано превышение над ПДК; вторая – хром, цинк, кадмий и свинец, в этой группе не зафиксировано превышений над ПДК.

Расчет суммарного коэффициента загрязнения показал нам следующую картину: на исследуемой территории  $Z_c$  изменяется в пределах от –1,06 до 5,86 при среднем значении 1,15 (табл. 2). К категории с допустимым уровнем загрязнения ( $Z_c$  от 0 до 16) относятся все 23 пробы (100%).

Для выявления возможных парагенетических ассоциаций элементов нами был проведен корреляционный анализ аналитических данных, который представлен в табл. 3.

Значимая корреляционная взаимосвязь выделена в табл. 3 жирным шрифтом.

Результаты корреляционного анализа указывают на наличие в большинстве случаев сильных корреляционных связей (значение  $r$  от  $\pm 0,7$  до  $\pm 1,0$ ), это характерно для таких ассоциаций, как Cr–Ni, Ni–Pb, Cu–Pb. Средняя корреляционная взаимосвязь (значение  $r$  от  $\pm 0,3$  до  $\pm 0,699$ ) характерна для пар: Ni–Cu, Ni–Cd, Cu–Zn, Cu–Cd, Cu–Cr. Слабая корреляционная взаимосвязь (значение  $r$  от 0 до  $\pm 0,299$ ) отмечается в парах Ni–Zn, Cd–Cr, Cd–Zn, Cr–Zn.

Проанализировав полученные результаты эколого-геохимических исследований, можно сделать несколько основных выводов.

Согласно данным корреляционного анализа на территории Трофимовского нефтяного месторождения соединения подвижных форм тяжелых металлов образуют в большинстве случаев пара-



Таблица 2

**Значения коэффициента концентрации подвижных форм тяжелых металлов в почвах на территории Трофимовского нефтяного месторождения, мг/кг**

Номер пробы	Ni	Cu	Cd	Cr	Pb	Zn	Zc
1	0,70	0,88	1,08	0,79	0,91	0,64	0,00
2	0,76	0,99	0,56	1,03	0,98	0,76	0,09
3	1,08	1,04	1,26	1,06	0,95	0,73	1,12
4	0,99	0,90	0,37	1,02	0,87	0,65	-0,20
5	1,04	0,98	0,59	1,08	1,02	0,79	0,50
6	0,97	0,67	–	0,85	0,87	0,58	-1,06
7	1,05	1,12	0,98	0,98	1,03	3,20	3,36
8	1,11	1,07	1,33	1,07	1,28	1,05	1,90
9	0,73	0,75	1,38	0,63	0,84	0,58	-0,09
10	1,01	0,97	1,01	1,01	1,01	0,90	0,91
11	1,19	1,06	1,15	1,06	1,13	0,93	1,52
12	1,10	0,98	1,07	0,99	1,04	0,80	0,97
13	1,15	1,06	0,31	1,25	1,08	0,83	0,68
14	1,01	0,94	0,90	1,04	1,04	1,18	1,10
15	1,05	1,00	0,63	1,09	1,02	1,02	0,80
16	0,90	0,89	1,28	0,91	0,87	0,83	0,68
17	0,98	1,04	1,24	1,02	0,94	0,93	1,15
18	1,26	1,33	4,60	1,20	1,26	1,22	5,86
19	1,05	1,18	1,71	0,96	1,01	1,85	2,76
20	1,08	1,15	1,44	1,01	1,03	0,84	1,55
21	0,96	1,04	1,69	0,96	0,99	0,93	1,58
22	0,87	1,03	1,11	1,01	0,94	1,02	0,98
23	0,98	0,93	0,81	0,95	0,88	0,75	0,29

Таблица 3

**Значения коэффициента корреляции между концентрацией подвижных форм тяжелых металлов в почвах на территории Трофимовского нефтяного месторождения**

Элемент	Ni	Cu	Cd	Cr	Pb	Zn
Ni	<b>1</b>	<b>0,63</b>	0,34	<b>0,75</b>	<b>0,71</b>	0,26
Cu	–	<b>1</b>	<b>0,61</b>	<b>0,68</b>	<b>0,71</b>	0,48
Cd	–	–	<b>1</b>	0,11	0,47	0,14
Cr	–	–	–	<b>1</b>	<b>0,66</b>	0,14
Pb	–	–	–	–	<b>1</b>	0,27
Zn	–	–	–	–	–	<b>1</b>

Примечание. Жирным шрифтом выделены значимые коэффициенты корреляции.

генетические ассоциации с высоким коэффициентом корреляции, при этом превышения над ПДК незначительны. Таким образом, эти элементы имеют, скорее всего, единое минералогическое происхождение, унаследованное от материнских пород. Подтверждение этих предположений требует более детальных минералогических исследований, не рассматриваемых нами в данной статье.

**Заключение.** Рассмотрение геохимических особенностей нахождения подвижных форм тяжелых металлов в почвах Трофимовского нефтяного

месторождения позволяет нам сделать несколько основных выводов.

1. В пределах исследуемой территории установлено повсеместное превышение предельно допустимых концентраций подвижных форм для никеля и меди. Это превышение, скорее всего, обусловлено антропогенным загрязнением.

2. Анализ корреляционной взаимосвязи выявил значимую корреляционную взаимосвязь практически между всеми элементами, что, вероятно, свидетельствует об их приурочен-



ности к одним и тем же минералогическим ассоциациям.

3. Выявленные геохимические аномалии содержания подвижных форм тяжелых металлов указывают на благоприятную эколого-геохимическую обстановку на территории Трофимовского нефтяного месторождения. Значения суммарного коэффициента загрязнения не превышают 16 единиц, что позволяет отнести исследуемые пробы к категории с допустимым загрязнением.

*Исследование выполнено при финансовой поддержке Российского научного фонда (проект № 17-77-10040).*

### Библиографический список

1. Алексеевко, В. А., Алексеевко, А. В. Химические элементы в геохимических системах. Кларки почв селитебных ландшафтов. Ростов н/Д, 2013. 380 с.
2. Решетников, М. В., Кузнецов, В. В., Шешнёв, А. С., Мамедов, Р. М. Концентрация подвижных форм тяжелых металлов в почвах города Красный Кут (Саратовская область) // Экология урбанизированных территорий. 2016. Вып. 2. С. 70–75.
3. ГОСТ 17.4.4.02-84 Охрана природы. Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа : межгосударственные стандарты. М., 2008. 8 с.
4. Методические указания по определению тяжелых металлов в почвах сельхозугодий и продукции растениеводства. М., 1992. 62 с.
5. ГН 2.1.7.2041-06 Предельно допустимые концентрации (ПДК) и ориентировочно-допустимые концентрации (ОДК) химических веществ в почве : Гигиенические нормативы. М., 2006. 15 с.
6. СанПиН 2.1.7.1287-03. Почва, очистка населенных мест, бытовые и промышленные отходы, санитарная охрана почвы. Санитарно-эпидемиологические требования к качеству почвы. Контроль. М., 2003. 11 с.
7. Тяжелые металлы в почвах и растениях / Х. Чуддзиян [и др.]. Братислава, 1988. Вып 1. С. 5–24.
8. Потапов, А. Д., Сеньющенко, И. М. Геохимические исследования городских овражно-балочных территорий (на примере г. Брянск) // Геоэкология. 2010. № 3. С. 213–222.
9. Васильев, А. А., Романова, А. В. Железо и тяжелые металлы в аллювиальных почвах Среднего Предуралья. Пермь, 2014. 231 с.
10. Шигабаева, Г. Н. Оценка содержания различных форм тяжелых металлов в почвах Тюменского заказника // Вестник Тюменского государственного университета. Экология и природопользование. 2015. Т. 1, № 4. С. 115–122.
11. Байкалова, Т. В., Байкалов, П. С., Коротченко, И. С. Содержание тяжелых металлов в почвенном покрове, листьях березы под воздействием промышленности г. Красноярска // Вестник КрасГАУ. 2017. № 5. С. 123–130.

### Образец для цитирования:

Решетников М. В., Маджид Д. С. М., Шкодин С. Д., Юдин Н. Б., Добролюбов А. И. Концентрация подвижных форм тяжелых металлов в почвах на территории Трофимовского нефтяного месторождения (Саратовская область) // Изв. Сарат. ун-та. Нов. сер. Сер. Науки о Земле. 2018. Т. 18, вып. 4. С. 278–282. DOI: <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2018-18-4-278-282>

### Cite this article as:

Reshetnikov M. V., Majeed D. S. M., Shkodin S. D., Iudin N. B., Dobrolubov A. I. Concentration of Mobile Forms of Heavy Metals in Soils in the Territory of Trophimovsk Oil Field (Saratov Region). *Izv. Saratov Univ. (N. S.), Ser. Earth Sciences*, 2018, vol. 18, iss. 4, pp. 278–282 (in Russian). DOI: <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2018-18-4-278-282>