



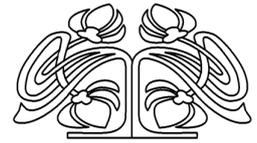
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского»

ИЗВЕСТИЯ САРАТОВСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

Новая серия

Серия Науки о Земле, выпуск 2

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

Галстян Г. А., Макаров В. З. Анализ экологической ситуации в Саратове и оценка её возможного развития 74

Евсеева Н. С., Квасникова З. Н., Каширо М. А., Батманова А. С. Стадийность развития эоловых процессов в агроландшафтах бассейнов малых рек Томской области в холодный период года 80

Ломов С. П., Чижевский А. А., Спиридонова И. Н. Почвы поселений в окрестностях городища Маклашеевка II лесостепной зоны Среднего Поволжья 88

Скрыльник Г. П., Сорокин П. С. Современное состояние и антропогенные последствия освоения полярных ландшафтов России 97

Чумаченко А. Н., Хворостухин Д. П., Морозова В. А. Построение гидрологически-корректной цифровой модели рельефа (на примере Саратовской области) 104

Геология

Головин Б. А., Головин К. Б., Калинин М. В., Кузнецов И. В., Руднев С. А. Перспективы геологического моделирования нефтегазоносных резервуаров в процессе бурения 110

Михеев С. И., Санникова Е. П. Корреляционное преобразование полевых виброграмм с учётом искажений фазовых спектров свип-сигналов 118

Первушов Е. М. Род *Balantionella* Schrammen, 1902 (Porifera, Hexactinellida) 122

Пятаев А. А. Геологическое строение и перспективы нефтегазоносности девонских отложений свинцовской впадины Саратовской области 135

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 Наталья 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 15.05.18.
Формат 60x84 1/8.
Усл. печ. л. 8,83 (9,5).
Тираж 500 экз. Заказ 54-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 работы, 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 работы, 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.

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; 410012, г. Саратов, ул. Астраханская, 83, географический факультет, ответственному секретарю журнала «Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия Науки о Земле».

CONTENTS

Scientific Part

Geography

Galstyan G. A., Makarov V. Z. Analysis of the Atmoecological Situation in Saratov and an Assessment of its Possible Development 74

Evseeva N. S., Kvasnikova Z. N., Kashiro M. A., Batmanova A. S. Stages of Development of Eolian Processes in Agrolandscapes of Small River Basins of Tomsk Oblast' in Cold Period of Year 80

Lomov S. P., Chizhevsky A. A., Spiridonova I. N. The Soils of Settlements in the Limits of the Maklashcheevka City li of the Forest-steppe Zone of the Middle Volga Region 88

Skrylnik G. P., Sorokin P. S. A Modern Condition and Anthropogenic Effects in the Course of Development of the Polar Landscapes of Russia 97

Chumachenko A. N., Khvorostukhin D. P., Morozova V. A. Construction of a Hydrologically-correct Digital Terrain Model (Using the Example of Saratov Region) 104

Geology

Golovin B. A., Golovin K. B., Kalinnikova M. V., Kuznechov I. V., Rudnev S. A. Prospects of Geological Modeling of Oil and Gas Bearing Reservoirs While Drilling 110

Mikheev S. I., Sannikova E. P. Correlation Transformation of Field Vibrogram with the Account of Distoces of Phase Spectrum of Swip-signals 118

Pervushov E. M. On the Genus *Balantionella* Schrammen, 1902 (Porifera, Hexactinellida) 122

Piataev A. A. Geological Structure and Petroleum Potential of the Svintsovskaya Depression Devonian Deposits in the Saratov Region 135



**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 им. Н. Г. Чернышевского (Саратов, Россия)

Диденко Алексей Николаевич, доктор геол.-минерал. наук, член-корреспондент РАН, директор ФГБУН Институт 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 им. 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 им. Х. Абовяна (Ереван, Армения)

Шурыгин Борис Николаевич, доктор геол.-минерал. наук, член-корреспондент 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)

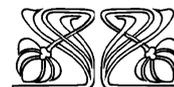
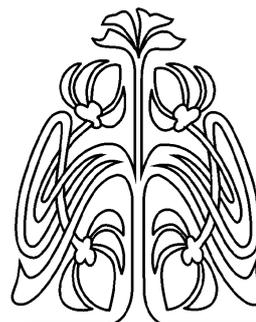
Aleksey N. Didenko (Khabarovsk, Russia)

Aleksandr D. Korobov (Saratov, Russia)

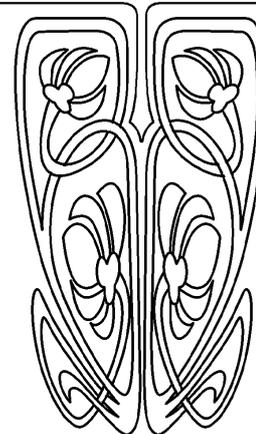
Yuriy M. Semenov (Irkutsk, Russia)

Ashot V. Khoetsyan (Yerevan, Armenia)

Boris N. Shurygin (Novosibirsk, Russia)



**РЕДАКЦИОННАЯ
КОЛЛЕГИЯ**





ГЕОГРАФИЯ

УДК [502.36631.416.8](470.44-25)

АНАЛИЗ АТМОЭКОЛОГИЧЕСКОЙ СИТУАЦИИ В САРАТОВЕ И ОЦЕНКА ЕЁ ВОЗМОЖНОГО РАЗВИТИЯ

Г. А. Галстян, В. З. Макаров

Галстян Гаянэ Арменовна, ассистент кафедры физической географии и ландшафтной экологии, Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского, gga-90@mail.ru

Макаров Владимир Зиновьевич, доктор географических наук, профессор, декан географического факультета, заведующий кафедрой физической географии и ландшафтной экологии, Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского, makarovvz@rambler.ru

В статье рассмотрены причины и факторы неблагоприятной атмосфери-экологической ситуации в Саратове. Особое внимание уделено факторам природного и социально-экономического характера, создающим всё более неблагоприятный тренд в развитии атмосфери-химической обстановки в городе.

Ключевые слова: атмосфери-экологическая ситуация, г. Саратов, оценка загрязнения воздушно-го бассейна г. Саратова.

Analysis of the Atmosological Situation in Saratov and an Assessment of its Possible Development

G. A. Galstyan, V. Z. Makarov

Gayane A. Galstyan, ORCID 0000-0001-6815-3837, Saratov State University, 83, Astrakhanskaya Str., Saratov, 410012, Russia, gga-90@mail.ru

Vladimir Z. Makarov, ORCID 0000-0002-4423-5042, Saratov State University, 83, Astrakhanskaya Str., Saratov, 410012, Russia, makarovvz@rambler.ru

The article considers the causes and factors of the unfavorable atmosphere-ecological situation in Saratov. Particular attention is paid to factors of a natural and socio-economic nature, creating an increasingly unfavorable trend in the development of the atmosphere-chemical situation in the city.

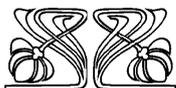
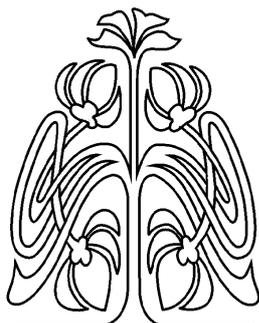
Key words: atmosological situation, Saratov, assessment of air pollution in Saratov.

DOI: 10.18500/1819-7663-2018-18-2-74-79

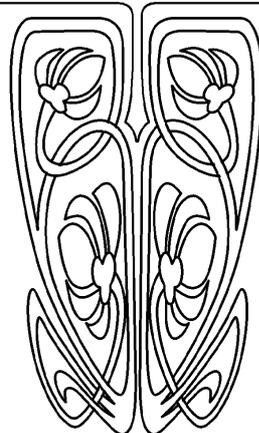
Постановка проблемы

Известно, что наиболее острой проблемой любого крупного современного города, т. е. города с населением более 100 тысяч жителей, является качество его воздушного бассейна. Воздух, загрязнённый выбросами промышленных предприятий и автотранспортом, представляет наибольшую опасность для здоровья человека. Вдыхание грязного воздуха изо дня в день, из месяца в месяц, из года в год неминуемо ведёт к развитию многих болезней органов дыхания, кровотока и т. д. Поэтому борьба за чистоту городского воздуха – наиболее актуальная задача современной городской цивилизации, решаемая комплексом различных мероприятий: от очистки вредных выбросов при промышленном производстве и работе двигателей внутреннего сгорания до разработки системы мер градопланировочного и санитарно-гигиенического содержания.

Предлагаемая статья – ещё одна публикация на тему «Загрязнённый воздух в крупнейшем промышленном городе». Речь идёт об оценке



НАУЧНЫЙ
ОТДЕЛ





динамики загрязнения воздушного бассейна – одного из наиболее значимых промышленных, административных и культурных центров Поволжья – города Саратова. Саратов – старинный город на Волге с населением более 840 тыс. жителей. Площадь города около 400 км². Он имеет плотную историческую застройку в северной части Приволжской котловины и две крупные промышленные зоны в северо-западной и южной частях городской территории. В Саратове размещены предприятия строительного комплекса, нефтехимии, теплоэнергетики, нефтепереработки, подземные хранилища природного газа, до сих пор окончательно не законсервирован находящийся в городской черте нефтепромысел. В последнее десятилетие Саратов постоянно упоминается в списке городов с высоким индексом загрязнения атмосферы (ИЗА). Из всех крупных административных центров Приволжского федерального округа Саратов наиболее проблемный город по качеству воздушной среды [1]. Поэтому необходимо ещё раз оценить факторы, делающие его неблагоприятным в экологическом аспекте.

Цель статьи – рассмотреть факторы экологического риска и оценить экологическую ситуацию в городе в её динамике за последнее десятилетие.

Привлечённые данные и методы исследований

При написании статьи были использованы материалы о состоянии атмосферного воздуха Саратова, публикуемые в ежегодных докладах о состоянии и об охране окружающей среды Саратовской области, за 2004–2016 гг. [2–14], фондовые и полевые материалы лаборатории урбэкологии и регионального анализа географического факультета Саратовского национального исследовательского государственного университета, ранее опубликованные статьи и монографические издания.

Природные и техногенные причины и факторы экологического риска в Саратове

Основные причины загрязнения городского воздуха хорошо известны. Это выбросы загрязняющих веществ (ЗВ) из вентиляционных труб промышленных предприятий и выхлопы отработанного топлива из двигателей внутреннего сгорания автомобилей. В зависимости от профиля и мощности производства, высоты вентиляционной трубы завода или котельной «номенклатуры» ЗВ могут быть различными. Несколько отличается также состав выхлопных газов дизельных и карбюраторных двигателей. К примеру, в солярном топливе, на котором работают дизельные моторы, присутствует значительное количество сажи (0,01–1,1 г/м³) [15]. Кроме того, для населённых пунктов, расположенных в семиаридных и аридных климатических зонах, где много оголённого

грунта и распаханых почв, характерна *затуманенность* воздуха, особенно в тёплое время года. Подчеркнём: Саратов расположен в степи, среди крупных массивов пашни, поэтому в воздухе много минеральных частиц с окрестных полей.

К природным факторам экологического риска относятся естественные условия проветриваемости воздушного бассейна на городской территории, а также степень её озеленённости и обводнённости.

К антропогенным, шире, цивилизационным факторам, исторически меняющимся, следует отнести социально-экономическую обстановку в мире и стране, конкретном регионе и городе. К примеру, число автомашин на улицах города, наличие транспортных пробок, качество моторного топлива, количество и интенсивность работы промышленных предприятий, уровень экологичности производства и степень его контроля со стороны общественности и государства – всё это во многом определяет геохимическую обстановку в городе.

С учётом упомянутых факторов рассмотрим уровни загрязнения воздушного бассейна в Саратове за последнее десятилетие и динамику геохимического загрязнения.

Природные факторы и причины, влияющие на условия накопления (удаления) ЗВ в воздушном бассейне города, можно разделить на постоянные и меняющиеся во времени.

Для Саратова, точнее, его Приволжской котловины неизменным и крайне негативным по потенциалу проветривания природным фактором является вогнутый (котловинный) рельеф. Между тем в Приволжской котловине расположены историческая часть города и Южная промышленная зона.

Приволжская (Саратовская) котловина – по форме крупная изометрическая структура площадью в 120 км², разделённая небольшими мысообразными водоразделами на три примерно равные по площади части – Северную, Центральную и Южную субкотловины. Приволжская котловина полигенетична, наклонена к Волге от уступа Лысогорского плато, разделена крупными балками и долинами малых рек, особенно в Южной, селитебно наименее освоенной части. Приволжская котловина плотно застроена в северной части, в которой возник и развивался Саратов до 30-х гг. XX в. [16]. Другие районы современного Саратова находятся на более ровном и приподнятом рельефе междуречья малых рек Елшанки и Гуселок на Елшанско-Гусельской равнине. Здесь расположена Северная, более современная по сравнению с Южной, промышленная зона Саратова, включающая с начала 50-х гг. прошлого века крупные предприятия стройиндустрии, пищевой промышленности и точного машиностроения. Елшанско-Гусельская равнина открыта северо-западным ветрам и лучше продувается. Возвышающийся над котловиной поросший естественным



липо-дубовым лесом останцовый Лысогорский массив представляет лесопарковую зону Саратова. Он образует важнейшую и крупнейшую часть экологического каркаса города. Проведённые в середине 1990-х гг. лабораторией урбоэкологии Саратовского государственного университета микроклиматические наблюдения на территории Заводского района и затем всего города позволили получить показатели по радиационному и тепловому балансу разных урболандшафтных участков, данные о температурном и ветровом режиме в разные сезоны года и время суток. В частности, была создана *карта проветриваемости* разных урболандшафтных местностей Саратова [17].

В итоге были получены данные по потенциалу естественной проветриваемости территории Саратова.

Наиболее *проветриваемыми* оказались:

– участки верхней части денудационного уступа Лысогорского плато;

– береговая зона Волгоградского водохранилища, попадающая в весенне-осенний период под действие бризовой циркуляции;

– южные склоны Лысогорского массива;

Сравнительно *хорошую проветриваемость* обнаружили:

– кварталы многоэтажной «спальной» застройки на Елшанско-Гусельской равнине, включая Соколовогорское плато;

– поверхность Лысогорского плато;

– незастроенная часть Южной субкотловины.

Плохо и очень плохо проветриваемыми являются:

– долины крупных балок, малых рек;

– участки плотной разноэтажной застройки в Северной и Центральной субкотловинах Приволжской котловины.

Подчеркнём: *основная часть территории Приволжской котловины, а это наиболее плотно застроенная часть Саратова, слабо проветривается*. Причина тому – котловинный рельеф, частые антициклональные режимы погоды, температурные инверсии, относительно малое количество осадков, особенности ветрового режима в городе, когда при преобладающих северных (16,5%), северо-западных (14%) и южных (21,1%) ветровых румбах [18] ветер в сетке городских улиц иногда дует вдоль улицы или, что происходит чаще всего, теряет скорость из-за шероховатости городской застройки.

Итак, плохая проветриваемость, обусловленная вогнутым рельефом Приволжской котловины, является основным природным фактором всё более осложняющейся атмоэкологической ситуации в Саратове. Однако главными причинами неблагоприятной ситуации выступают антропогенные факторы: плотная застройка в исторической части города с узкими улицами и увеличивающееся из года в год число автомобилей на городских улицах. Покажем динамику изменения количества автомобилей в Саратове за 2002–2016 гг. (табл. 1).

Таблица 1

Количество автомобилей в Саратове за 2002–2016 гг.

Год	Число автомобилей
2002	190 000
2004	Нет данных
2005	203 775
2006	213 266
2007	235 140
2008	248 944
2009	251 901
2010	268 000
2011	284 300
2012	308 100
2013	303 088
2014	316 031
2015	316 499
2016	310 787

Примечание. Сост. по: [2–14].

Как видим, число автомобилей в Саратове за последнее десятилетие увеличилось в 1,66 раза и, вероятно, достигло стадии «насыщения» – 369 автомобилей на 1000 саратовцев, что выше, нежели в среднем по России – 290 автомобилей на 1000 россиян [19] и чуть больше, чем в Израиле, Хорватии или Аргентине – по 358 автомобилей на 1000 жителей [20].

Структура и динамика загрязнения воздушного бассейна Саратова за последнее десятилетие

За последнее десятилетие более 78% всех вредных выбросов в атмосферный воздух Саратова приходится на автомобильный транспорт. Если учесть, что в городе расположен аэропорт и городскую территорию буквально «пронзает» железная дорога с грузовым потоком, то уровень транспортного загрязнения ещё выше.

На основе разовых натурных замеров содержания химических соединений в атмосферном воздухе на автомагистралях, проводившихся Горсанэпиднадзором, постоянных наблюдений на «автотранспортных» постах, в центральных районах города и районах с интенсивным движением автотранспорта, а также данных лаборатории урбоэкологии Саратовского университета были получены сведения о плотности транспортного потока на наиболее оживлённых улицах города.

Наибольшая интенсивность движения с плотностью транспортного потока более 4000 автомашин в час зафиксирована на «вылетных» общегородских магистралях. Так, на улице Соколовогорская (Волжский район) была зафиксирована наибольшая плотность транспортного потока – 4959 автомашин в часы «пиковых» нагрузок.

В центральной части города (Кировский район) интенсивное движение легковых автомашин



отмечалось на пересечении улиц Московская и Рахова, Астраханская и Большая Горная – более 4400 автомашин в час.

В Ленинском районе на улице Шехурдина плотность транспортного потока составляла более 3600, а на проспекте Строителей – 3283 автомашин в час.

Несколько меньшая плотность транспортного потока выявлена в центральных и Заводском районах: на улице Чернышевского – от 1900 до 2000 автомашин в час, на Ново-Астраханском шоссе – 1300 автомашин в час, на проспекте Энтузиастов – 1860 автомашин в час, на улице Соколовой (с выходом на автодорожный мост через Волгу) – от 1300 до 1600 автомашин в час. На проспекте 50 лет Октября – 1848 автомашин в час, на улице Астраханская – 2562 автомашины в час, на площади Орджоникидзе в Заводском районе – 1566 автомашин в час.

При этом на транзитных дорогах доля грузового транспорта колеблется от 20 до 45%. Магистраль с интенсивным движением легковых автомашин в центральной части города – улица Московская (1500 автомашин в час), улица Чапаева (1400 автомашин в час), улица Братиславская, улица М. Горького (1000–1100 автомашин в час) – имеют долю грузового автотранспорта 3–5%.

Анализ расчётного уровня содержания оксида углерода (CO мг/м³) показал прямую зависимость между интенсивностью транспортного потока на улицах города и концентрацией CO .

Наибольшая максимальная концентрация окиси углерода отмечалась на улице Соколовгородская, на пересечении улиц Московская и Рахова, в районе Центрального колхозного рынка (143,6 и 129,5 мг/м³ соответственно), закономерно снижаясь на улицах с наименьшей транспортной нагрузкой.

Инструментальные наблюдения за содержанием выхлопных газов на улицах Саратова показывают корреляционную зависимость между интенсивностью транспортного потока на магистральных и характером застройки (плотностью, этажностью), шириной проезжей части, профилем дороги, качеством дорожного покрытия и метеорологическими условиями (прежде всего, скоростью ветра).

Анализ литературы, результаты инструментальных замеров и расчётные данные, выполненные в лаборатории урбоэкологии Саратовского государственного университета, позволяют сделать следующие выводы:

– основными природными факторами, определяющими атмогеохимическое состояние воздушного бассейна Саратова, являются: расположение исторической части города в Приволжской котловине, значительная расчлененность рельефа с перепадами высот в городской черте более 200 м, повышенная повторяемость температурных инверсий и слабый ветровой режим;

– градопланировочные особенности исторической части города (плотная застройка, уз-

кие улицы, пробки и низкая скорость движения автотранспорта) приводят к концентрации загрязняющих веществ, в 2–3 раза превышающей ту, что отмечается на широких улицах города за пределами исторической застройки при одинаковой интенсивности движения;

– концентрация загрязняющих веществ нарастает в понижениях рельефа и на участках дорог с крутым подъемом (на проспекте Строителей от улицы Шехурдина к ДК завода «Техстекло», на проспекте 50 лет Октября от «Стрелки» к «Вишнево́й») и у светофоров;

– в утренний пик движения загазованность воздуха выше, чем в вечерний пик, из-за более слабой турбулентности воздуха утром;

– загрязненность воздуха выхлопными газами при скорости ветра до 1,5 м/с прямо пропорциональна интенсивности движения; с дальнейшим увеличением скорости ветра (от 2 м/с и более) на содержании в воздухе выхлопных газов заметно сказываются условия рассеивания (ширина улицы, высота домов, сплошность застройки, озеленение улиц и др.);

– концентрация таких веществ, как окись углерода и двуокись азота (оксид углерода и оксиды азота поступают в атмосферу только с выхлопными газами), почти не зависит от высоты; если на улице с интенсивным движением (1500–2400 машин в час) дома расположены без отступа от красной линии, то загазованность воздуха на верхних этажах домов почти равна загазованности на полотне дороги; уменьшение концентрации выхлопных газов ощутимо сказывается на расстоянии 70–100 м от автомагистрали;

– загрязнение зимой и загрязнение летом очень сильно отличаются: зимой загрязнение меньше в 1,5–2 раза.

Рассмотрим долговременный показатель загрязнения атмосферы в городе – индекс загрязнения атмосферы, учитывающий несколько примесей и рассчитываемый по значениям среднегодовых концентраций ЗВ. В соответствии с существующими методами оценки уровень загрязнения воздуха считается низким, если ИЗА менее 5; повышенным при ИЗА от 5 до 6; высоким при ИЗА от 7 до 13 и очень высоким при ИЗА больше 14 [6].

Как отмечалось выше, Саратов относится к числу городов с повышенным значением ИЗА. Вместе с тем с 2004 по 2005 г. ИЗА в Саратове, по оценке министерства природных ресурсов и экологии Саратовской области, уменьшился почти в 5 раз: с 23,93–28,73 (очень высокое загрязнение) до 5,78–5,17 (повышенное загрязнение) [2, 3, 13, 14] (табл. 2). Чем это обусловлено? Во многом формальными причинами. Так, в 2013 г. были изменены показатели ПДК по ряду загрязняющих веществ. Например, по формальдегиду они стали менее жёсткими [21]. Подчеркнём, что по содержанию формальдегида Саратов везде занимал первые места в Российской Федерации по пре-



вышению ПДК этого вещества в атмосфере, т. е. формальдегид наряду с фенолом – «критичный» для Саратова загрязнитель. Если в начале 2000-х годовые ПДК по этому загрязнителю были двухзначными, то с 2013 г. они «нормализовались». То же можно сказать и о других «проблемных» для Саратова ЗВ: диоксиде азота, бенз(а)пирене, феноле. После пересмотра значений ПДК саратовский воздух на бумаге стал «чище», несмотря на уже предельное количество автомашин в городе, постепенное увеличение выбросов от стационарных источников [2–14]. К сожалению, ныне отсутствует внятная система природоохранных мероприятий градопланировочного и регулятивного плана для Саратовской котловины.

К тому же наблюдающееся изменение климата, которое выражается, в частности, в увеличении числа температурных инверсий в приземном слое воздуха над городом [2–14], затрудняет его естественную очистку, особенно в тёплый период. Данные полевых работ по оценке запылённости воздуха в Саратове, снегогеохимические и педогеохимические съёмки, выполненные на географическом и геологическом факультетах Саратовского государственного университета в 2007, 2014, 2015 и 2016 гг., говорят о напряжённой атмосферной ситуации в областном центре. Однако сложившаяся атмосферная ситуация не отражается в официальных отчётах государственных и муниципальных служб Саратова. Более того, содержание этих отчётов становится всё более скудным. Создается иллюзия экологического благополучия. Горожан, по-видимому, оберегают от ненужного «волнения».

Таблица 2

Индекс загрязнения атмосферного воздуха в Саратове за 2004–2016 гг.

Год	ИЗА
2004	23,93
2005	28,73
2006	22,65
2007	21,2
2008	16,97
2009	16,2
2010	13,0
2011	12,3
2012	12,6
2013	6,57
2014	7,4
2015	5,78
2016	5,17

Примечание. Сост. по: [2–14].

Обратим внимание на парадоксальный факт. Согласно ежегодным докладам о состоянии окружающей природной среды в Саратовской области, публикуемым профильным региональным мини-

стерством [2–14], выбросы от автотранспорта с 2004 по 2016 г. уменьшились в Саратове более чем в 2 раза, в то время как число автомобилей в городе за этот же период увеличилось почти на ту же величину! (табл. 3).

Таблица 3

Выбросы от предприятий и автотранспорта в Саратове за 2004–2016 гг., тыс. т

Год	Количество выбросов	
	от стационарных источников	от автотранспорта
2004	28,6	141,9
2005	26,234	129,9
2006	23,780	89,720
2007	21,396	119,5
2008	21,0	123,0
2009	18,9	115,9
2010	19,9	67,7
2011	19,7	68,1
2012	20,2	60,1
2013	21,5	67,5
2014	17,3	67,2
2015	16,7	67,2
2016	17,8	63,4

Приведённые факты наводят на противоречивые мысли. Либо в Саратове перешли на необыкновенно экологический транспорт, который в 1,33 раза увеличившись выбрасывает загрязняющих веществ в 2 раза меньше, чем было, во что верится с трудом, либо официальная информация о состоянии атмосферного воздуха в городе неверна. Данные, имеющиеся в распоряжении научных сотрудников географического факультета Саратовского государственного университета, однозначно свидетельствуют об ухудшении атмосферогеохимической обстановки в Саратовской котловине по сравнению с началом века. К сожалению, у авторов нет оснований для оптимизма относительно её улучшения, так как городская котловина продолжает застраиваться многоэтажными домами, площадь зелёных насаждений, судя по уточнённом генеральном плану города, не увеличивается и не будет увеличиваться, а климатические изменения ведут к нарастанию неблагоприятных для рассеивания примесей в атмосфере типов погод.

Выводы

1. Саратов относится к числу крупных административных и промышленных центров Приволжского федерального округа, где устойчиво сохраняется неблагоприятная атмосферогеохимическая обстановка.

2. Котловинный характер рельефа центральной части города, полусухие климатические условия, наличие температурных инверсий и



увеличение их частоты, при которых затруднён вынос примесей из атмосферы, частые слабветренные и штилевые типы погоды в тёплое время года являются природными факторами плохой проветриваемости Саратовской котловины.

3. Плотная застройка Саратовской котловины, узкие улицы, плохая организация движения способствуют возникновению автомобильных пробок, что усугубляется наличием в городской черте аэропорта и железной дороги с движением грузовых поездов. Количество автомобилей в Саратове достигло стадии насыщения – почти 400 автомашин на 1000 жителей. Это факторы антропогенного характера, которые превращают Саратов в город с напряжённой атмосферной ситуацией.

Библиографический список

1. Список городов с наибольшим уровнем загрязнения атмосферного воздуха в 2016 году. URL: <http://voeikovmgo.ru/index.php?id=681&lang=ru> (дата обращения: 12.01.2018).
2. Доклад о состоянии и об охране окружающей среды Саратовской области в 2004 году / Правительство Саратовской области ; Комитет охраны окружающей среды и природопользования Саратовской области. Саратов, 2005. 158 с.
3. Доклад о состоянии и об охране окружающей среды Саратовской области в 2005 году / Правительство Саратовской области ; Комитет охраны окружающей среды и природопользования Саратовской области. Саратов, 2006. 266 с.
4. Доклад о состоянии и об охране окружающей среды Саратовской области в 2006 году / Правительство Саратовской области ; Комитет охраны окружающей среды и природопользования Саратовской области. Саратов, 2007. 487 с.
5. Доклад о состоянии и об охране окружающей среды Саратовской области в 2007 году / Правительство Саратовской области ; Комитет охраны окружающей среды и природопользования Саратовской области. Саратов, 2008. 285 с.
6. Доклад о состоянии и об охране окружающей среды Саратовской области в 2008 году / Правительство Саратовской области ; Комитет охраны окружающей среды и природопользования Саратовской области. Саратов, 2009. 296 с.
7. Доклад о состоянии и об охране окружающей среды Саратовской области в 2009 году / Правительство Саратовской области ; Комитет охраны окружающей среды и природопользования Саратовской области. Саратов, 2010. 275 с.
8. Доклад о состоянии и об охране окружающей среды Саратовской области в 2010 году / Правительство Саратовской области ; Комитет охраны окружающей среды и природопользования Саратовской области. Саратов, 2011. 267 с.
9. Доклад о состоянии и об охране окружающей среды Саратовской области в 2011 году / Правительство Саратовской области ; Комитет охраны окружающей среды и природопользования Саратовской области. Саратов, 2012. 242 с.
10. Доклад о состоянии и об охране окружающей среды Саратовской области в 2012 году / Правительство Саратовской области ; Комитет охраны окружающей среды и природопользования Саратовской области. Саратов, 2013. 220 с.
11. Доклад о состоянии и об охране окружающей среды Саратовской области в 2013 году / Правительство Саратовской области ; Комитет охраны окружающей среды и природопользования Саратовской области. Саратов, 2014. 242 с.
12. Доклад о состоянии и об охране окружающей среды Саратовской области в 2014 году / Правительство Саратовской области ; Комитет охраны окружающей среды и природопользования Саратовской области. Саратов, 2015. 244 с.
13. Доклад о состоянии и об охране окружающей среды Саратовской области в 2015 году / Правительство Саратовской области ; Комитет охраны окружающей среды и природопользования Саратовской области. Саратов, 2016. 247 с.
14. Доклад о состоянии и об охране окружающей среды Саратовской области в 2016 году / Правительство Саратовской области ; Комитет охраны окружающей среды и природопользования Саратовской области. Саратов, 2017. 250 с.
15. Примерный состав выхлопных газов карбюраторных и дизельных двигателей. URL: <https://studopedia.info/1-104171.html> (дата обращения: 13.01.2018).
16. Тарасова Л. Г. Взаимосвязь процессов управления и самоорганизации в развитии крупных городов. Саратов : Изд-во Саратов. ун-та, 2009. 142 с.
17. Макаров В. З., Новаковский Б. А., Чумаченко А. Н. Эколого-географическое картографирование городов. М. : Научный мир, 2002. 196 с.
18. Архив погоды в Саратове. URL: <https://world-weather.ru/archive/russia/saratov/> (дата обращения: 13.01.2018).
19. В России – 290 легковых автомобилей на 1000 жителей. URL: <https://www.autostat.ru/news/31279/> (дата обращения: 13.01.2018 г.).
20. Список стран по количеству автомобилей на 1000 человек. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Список_стран_по_количеству_автомобилей_на_1000_человек (дата обращения: 13.01.2018).
21. Изменение № 10 в ГН 2.1.6.1338-0.3. Утверждено постановлением Главного государственного санитарного врача РФ 7 апр. 2014 г. URL: [http:// docs.cntd.ru/document/499089589](http://docs.cntd.ru/document/499089589) (дата обращения: 13.01.2018).

Образец для цитирования:

Галстян Г. А., Макаров В. З. Анализ атмосферной ситуации в Саратове и оценка её возможного развития // Изв. Саратов. ун-та. Нов. сер. Сер. Науки о Земле. 2018. Т. 18, вып. 2. С. 74–79. DOI: 10.18500/1819-7663-2018-18-2-74-79.

Cite this article as:

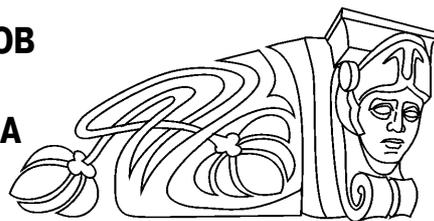
Galstyan G. A., Makarov V. Z. Analysis of the Atmoecological Situation in Saratov and an Assessment of its Possible Development. *Izv. Saratov Univ. (N. S.), Ser. Earth Sciences*, 2018, vol. 18, iss. 2, pp. 74–79 (in Russian). DOI: 10.18500/1819-7663-2018-18-2-74-79.



УДК 551.435.7

СТАДИЙНОСТЬ РАЗВИТИЯ ЭОЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ В АГРОЛАНДШАФТАХ БАСЕЙНОВ МАЛЫХ РЕК ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ В ХОЛОДНЫЙ ПЕРИОД ГОДА

Н. С. Евсева, З. Н. Квасникова, М. А. Каширо,
А. С. Батманова



Евсева Нина Степановна, доктор географических наук, профессор, заведующий кафедрой географии, Национальный исследовательский Томский государственный университет, geography@ggf.tsu.ru

Квасникова Зоя Николаевна, кандидат географических наук, доцент кафедры географии, Национальный исследовательский Томский государственный университет, zojkwas@rambler.ru

Каширо Маргарита Александровна, кандидат географических наук, доцент кафедры географии, Национальный исследовательский Томский государственный университет, mkashiro@yandex.ru

Батманова Антонина Сергеевна, аспирант кафедры географии, Национальный исследовательский Томский государственный университет, Tonu6ka@yandex.ru

В статье приводятся результаты исследований дефляционных и аккумулятивных процессов на юго-востоке Томской области за последние 30 лет. Определены природные и антропогенные факторы, две стадии развития эоловых процессов в холодный период года. Установлено, что эоловые процессы в агроландшафтах бассейна р. Басандайка развиваются ежегодно, с разной степенью интенсивности. Отмечается цикличность проявления процесса, что объясняется особенностями глобальной циркуляции атмосферы, проявляющимися в различных метеорологических характеристиках, а также региональными синоптическими процессами, рельефом, состоянием агрофона.

Ключевые слова: эоловые процессы, пашня, бассейн малых рек, Томская область.

Stages of Development of Eolian Processes in Agrolandscapes of Small River Basins of Tomsk Oblast' in Cold Period of Year

N. S. Evseeva, Z. N. Kvasnikova, M. A. Kashiro,
A. S. Batmanova

Nina S. Evseeva, ORCID 0000-0001-5766-5319, National Research Tomsk State University, 36, Lenin Ave., Tomsk, 634050, Russia, geography@ggf.tsu.ru

Zoia N. Kvasnikova, ORCID 0000-0002-5568-2112, National Research Tomsk State University, 36, Lenin Ave., Tomsk, 634050, Russia, zojkwas@rambler.ru

Margarita A. Kashiro, ORCID 0000-0003-4475-0527, National Research Tomsk State University, 36, Lenin Ave., Tomsk, 634050, Russia, mkashiro@yandex.ru

Antonina S. Batmanova, ORCID 0000-0002-3965-0356, National Research Tomsk State University, 36, Lenin Ave., Tomsk, 634050, Russia, Tonu6ka@yandex.ru

The article presents the results of studies of deflationary and accumulative processes in the south-east of the Tomsk oblast' for the past 30 years. The authors identified natural and anthropogenic factors, two stages of development of eolian processes in cold period of year. It has been established that eolian processes develop annually in agrolandscapes of Basandaika river basin but with varying degrees of intensity. Processes are cyclical, which is explained by the peculiarities of the global circulation of the atmosphere, manifested in various meteorological characteristics, as well as by regional synoptical processes, relief, and the state of the cultivation history.

Key words: eolian processes, arable land, small river basins, Tomsk oblast.

DOI: 10.18500/1819-7663-2018-18-2-80-87

Введение

В последние годы большое внимание исследователями уделяется изучению малых рек. Например, В. Л. Бабурин считает малые реки уникальными природными и социально-экономическими объектами природно-хозяйственных систем, так как «они сочетают в себе свойства важнейших элементов экологического каркаса территории и основных осей эволюционного развития цивилизации» [1, с. 28].

Наибольшее воздействие на динамику процессов в бассейнах малых рек, расположенных в одной географической зоне, оказывают местные факторы. Самые значимые из них (вырубка лесов, распашка земель) приводят к нарушению естественного хода ландшафтогенеза и вызывают развитие негативных явлений: плоскостной и овражной эрозии, криогенных и эоловых процессов, обмеление и отмирание малых рек, изменение механической миграции веществ и др.

Цель данной работы – анализ природных и антропогенных факторов развития эоловых процессов, их динамики в холодный период года (ХПГ) на примере бассейна р. Басандайка юго-востока Томской области. Одним из побудительных мотивов стал анализ исторических документов, в которых имелись сведения о проявлении дефляции в холодный период года. Так, в 1641 г. томские служилые люди сообщали в Москву: «хлебу недород, потому что была зима студеная, а снега были мелкие и на тех на наших пашнишках на горех рожь из земли корень выдуло ветром» [2, с. 112].

На территории Западно-Сибирской равнины дефляцию почв в агроландшафтах степи, лесосте-



пи, юга подтайги исследовали А. Н. Каштанов, Я. Р. Рейнгард, М. Е. Бельгибаев и другие ученые. В. Е. Мусохранов [3], С. С. Трофимов с соавторами [4] юго-восточную часть зоны подтайги отнесли к району со слабым проявлением дефляции (до $3 \text{ м}^3/\text{га}$). Критерии определения интенсивности дефляции не указаны. По А. Н. Сажину и Ю. В. Васильеву, эта территория является зоной накопления эолового материала [5]. Необходимо отметить, что до настоящего времени эоловые процессы и их динамика в агроландшафтах юго-востока зоны подтайги изучены слабо, бассейновый подход в их исследовании ранее не применялся. В опубликованной литературе нет сведений о проявлении на этой территории названных процессов в холодное время года.

Объект и методы исследований

С 1989 г. авторами статьи начаты исследования эоловых процессов в агроландшафтах бассейна р. Басандайка – правого притока р. Томь, дренирующего западный макросклон Томь-Яйского междуречья вблизи г. Томска. Река Басандайка относится к малым рекам: ее длина составляет 57 км, площадь бассейна – 409 км^2 (рис. 1).

Основные работы по изучению эоловых процессов в агроландшафтах бассейна р. Басандайка связаны с ХПП – со времени установления устойчивого снежного покрова (октябрь–ноябрь) до его максимального снегонакопления (март) и по апрель (время схода снежного покрова). Эоловые процессы ХПП на пашне исследуемого бассейна представлены дефляцией, переносом и аккумуляцией эолового наноса. С целью определения интенсивности аккумуляции эолового материала в снежной толще проведены следующие виды работ: ежегодные площадные снегосъемки в микромасштабе на пашне и в кедровом лесу ключевого участка «Лучаново» (около 100 га); а по ряду лет на ключевом участке «10 км» (30 га); маршрутные обследования на других точках; отбор проб

с поверхности и из всей толщи снега по опорным профилям длиной до 800 м и в других точках с последующим изучением гранулометрического и химического состава эоловых отложений; проанализированы данные по скоростям ветра на АМСГ Томск (с. Богашево), рассчитан дефляционный потенциал ветра; осуществлены кратковременные наблюдения за скоростью ветра на пашне на высоте 1 м; построены карты крутизны склонов, геоморфологического риска развития эрозионных процессов; проанализированы литературные источники, характеризующие теоретические и методические аспекты развития эоловых процессов, геологического строения, климата, почв исследуемого района.

Факторы развития эоловых процессов

Почва – это результат взаимодействия геоморфологических и почвообразовательных процессов. Наиболее ярко это наблюдается в агроландшафтах, где активно проявляются вещественно-энергетические круговороты. Одной из форм миграции вещества в таких районах является эоловый процесс, вызывающий дефляцию почв, перенос выдутого материала и его аккумуляцию. Вследствие этого необходимо дать краткую характеристику основных факторов развития эоловых процессов исследуемого региона – рельефа, почвообразующих пород, почв, режима и скорости ветра и др.

Рельеф. Территория бассейна р. Басандайка с абсолютными высотами 70–250 м характеризуется расчлененным рельефом: в реку впадает 87 притоков длиной менее 10 км и суммарной протяженностью 168 км. Горизонтальное расчленение территории реками в среднем составляет $0,55 \text{ км}/\text{км}^2$. Кроме того, здесь развита сеть балок: 4 на 1 км^2 , а горизонтальное расчленение рельефа балками изменяется от 0,3 до $1,8 \text{ км}/\text{км}^2$. Распашке в бассейне р. Басандайка подвержены в основном плакоры ($0-3^\circ$) и верхние части склонов между-

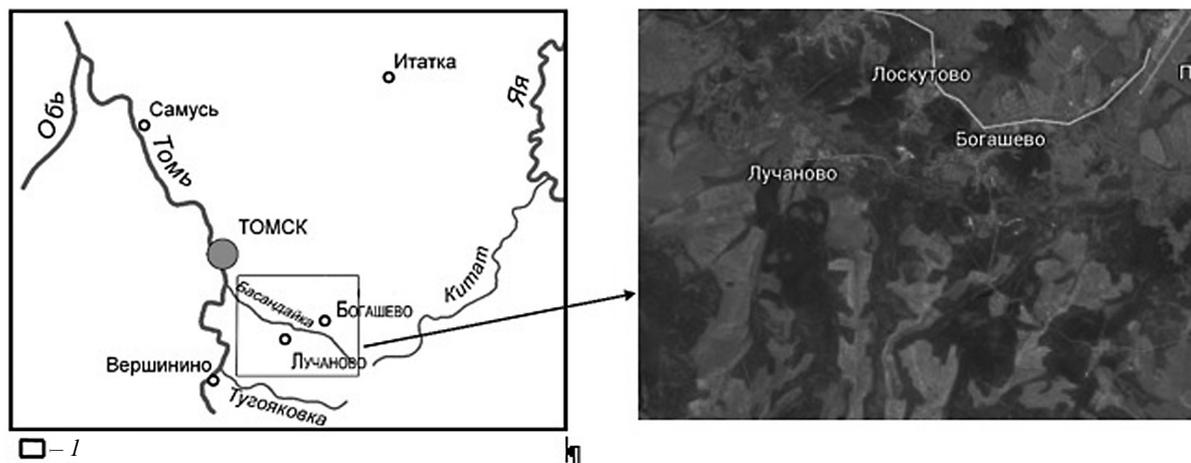


Рис. 1. Положение исследуемого района на территории Томской области: 1 – ключевой участок



речий, осложненных балками, местами оврагами. Часть балок распаивается в верховьях, наиболее глубокие из них (до 20–40 м) не затрагиваются распашкой, в них, как правило, произрастают мелколиственные породы деревьев. В результате рельеф пашни сложен: наблюдается сочетание ровных участков, потяжин глубиной до 1,5 м и длиной до 150 м, ложбин глубиной до 5 м в устье и длиной до 350 м, округлых и овальных депрессий, достигающих в диаметре 150 м и глубины от первых десятков сантиметров до 5 м (количество таких депрессий до 2–3 на 1 га), распаханых верховий балок глубиной до 15 м. Названные мезо- и микроформы рельефа создают на пашне большую мозаичность в крутизне склонов, она изменяется от 0–1° до 5–9°, местами более. Микрорельеф пашни (шероховатость поверхности) влияет на турбулентное трение и формирование почвоветрового потока и тем самым на проявление дефляции.

Почвообразующие породы и почвы. На развитие эоловых процессов значительное влияние оказывают гранулометрический состав, скелетность, карбонатность и засоленность почвообразующих пород, так как именно они определяют основные дефляционно опасные свойства почв. Наибольшими потенциальными возможностями для проявления ветровой эрозии обладают регионы, в четвертичных отложениях которых имеются лессы, лессовидные суглинки, пески.

В бассейне р. Басандайка с поверхности залегают лессовидные породы мощностью от 2 до 12 м. Для этих пород характерна высокая карбонатность, содержание CaCO_3 составляет 6–7%. Покровные отложения представлены в основном суглинками, с прослоями супесей, глин, песков. В агропроизводство на исследуемой территории вовлечены в основном серые лесные почвы и их подтипы суглинистого состава. Почвообразующие породы и почвы содержат

большое количество пылеватых частиц: до 70% и 39–83% соответственно.

А. Н. Сажин, Ю. И. Васильев и другие исследователи отмечают, что почвы степи Западно-Сибирской равнины имеют высокую распыленность (40–88%), меньшее содержание гумуса, менее прочные агрегаты и более податливы к динамическим нагрузкам ветра [5]. Высоким содержанием пыли характеризуются и почвы бассейна р. Басандайка. Показатели эрозии широко варьируют, и при определенной скорости ветра зависят от текстуры почв и степени цементирования почвенной корки [6]. Самые высокие показатели эрозии имеют место на почвах глинистого состава, особенно там, где их поверхность нарушена движением транспортных средств или животных. Главными агентами в развитии эоловых процессов во всех природных зонах являются ветер, его режим и скорость.

Режим и скорость ветра исследуемой территории охарактеризованы в основном по данным авиаметрической станции Томск (АМСГ Томск), расположенной на открытой поверхности междуречья на правом берегу р. Басандайка в районе с. Богашево и Томск – КТИ Оптика. Средняя скорость ветра на названных станциях почти в два раза выше, чем на метеостанции Томск, расположенной в лесу (рис. 2) [7].

По данным АМСГ Томск, среднегодовая скорость ветра за 1991–2014 гг. изменялась от 2,9 м/с до более 4 м/с. Высокая скорость ветра в течение года наблюдается и зимой [8]. Например, в январе скорость ветра 3–5 м/с составляет 51,9% случаев, 6–7 м/с – 27,4%, 8–10 м/с – 13,7%; в феврале соответственно 50,1, 27,8 и 14,4%. Анализ скорости ветра ХПГ показывает, что она достаточна для переноса снега, поскольку дефляция снежного покрова происходит при скорости ветра около 10 км/ч (2,8 м/с), а массовый перенос снега – при скорости 5–6 м/с [9].

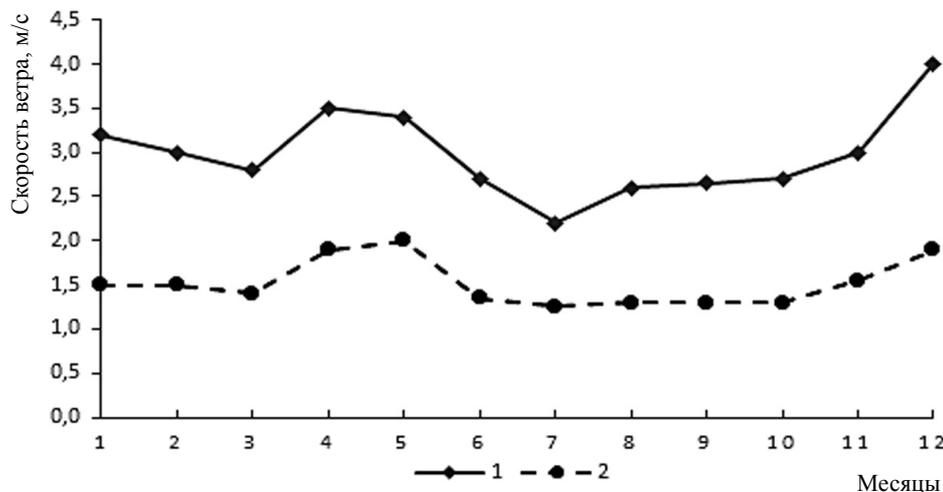


Рис. 2. Сравнение средней скорости ветра на станции Томск (1) и Томск – КТИ Оптика (2) (с использованием данных [7]): по оси x – месяц; по оси y – скорость ветра, м/с



Перечислим особенности ветрового режима исследуемой территории:

– бассейн р. Басандайка относится к району сильного ветра (≥ 15 м/с). Сильные (бурные) ветры – одно из наиболее часто и ежегодно повторяющихся опасных явлений погоды на юго-востоке Западно-Сибирской равнины. Причем за последние 30–35 лет количество бурных ветров увеличилось примерно на 30% [10]. Например, за 2005–2009 гг. отмечался 171 случай сильного ветра, с максимумом в 2007 г. (50 случаев) и минимумом в 2005 г. (14 случаев) [11]. Продолжительность бурных ветров в Томске достигает 58 ч, составляя в среднем 7,3 ч; наиболее часты они весной и осенью. Примерно один раз в год на исследуемой территории наблюдаются ветры, имеющие скорость 25–34 м/с, возможно также возникновение смерчей [12];

– ветер юго-востока Западно-Сибирской равнины, в том числе и бассейна р. Басандайка, характеризуется порывистостью. Во время порывов ветра его скорость достигает 20–24 м/с [13]. Непрерывная продолжительность порывов ветра в 60–80% случаев не превышает одного часа, но в зимний и переходные сезоны она достигает 10 ч и более. По данным АМСГ Томск, число дней с порывистым ветром составляет 41,3 дня при максимальном значении за год 55 дней. В зимнее время порывы ветра активно формируют поземки или сопровождаются снегопадами, а следовательно, метелями. В осенне-зимний период порывы ветра наблюдаются исключительно при южном и юго-западном направлении ветра [8];

– особенности циркуляции атмосферы на юго-востоке Западно-Сибирской равнины обуславливают преобладание юго-западных ветров. Под влиянием местных физико-географических условий увеличивается повторяемость южных ветров. Не является исключением и ключевой участок, где также преобладают ветры южных румбов (рис. 3).

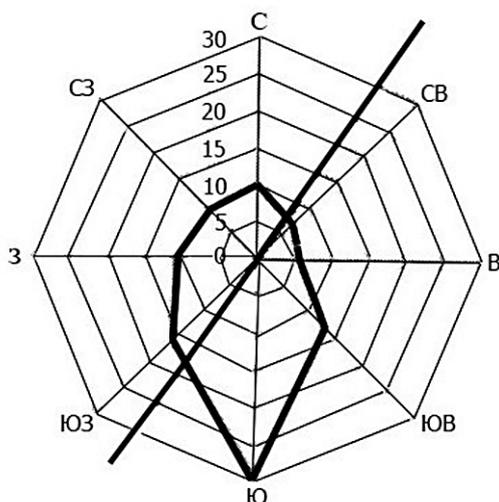


Рис. 3. Скорость и среднегодовая повторяемость направлений ветра АМСГ Томск, 2001–2010 гг. [14]

По данным АМСГ Томск, за период 1991–2000 гг. для ряда критических скоростей ветра был рассчитан дефляционный потенциал ветра (ДПВ) в холодный период года без учета и с учетом порывов ветра для разных скоростей (от 1 до 12 м/с). Так, для скорости ветра 5,5 м/с без учета порывов ветра ДПВ за октябрь–апрель изменялся от 8,9 до 19,1, с учетом порывов для данной скорости – от 18,6 до 29,3. Анализ расчетов показывает, что для исследуемой территории в ХПГ характерны высокие значения ветровой нагрузки, они сопоставимы с таковыми для зон степи и лесостепи.

Хозяйственная деятельность в бассейне р. Басандайка. Заселение территории бассейна р. Басандайка, как и всей Западной Сибири, началось, очевидно, в позднем палеолите. Об этом свидетельствуют найденные археологами позднепалеолитические стоянки у г. Томска, их возраст 20–25 тыс. лет [15]. Это были стоянки охотников на мамонта. Более полно о жизни и хозяйстве населения исследуемой территории свидетельствуют археологические памятники (могильники и стоянки) неолита, возраст которых 6–5 тыс. л.н. Они обнаружены в районе устья р. Басандайки. В то время здесь жили древние охотники и рыболовы, охота и рыболовство дополнялось собирательством [16].

К началу XVII в. территория Томского уезда, частью которого являлся и бассейн р. Басандайка, была заселена мелкими разрозненными группами туземных жителей. З. Я. Бояршинова, характеризуя хозяйственную деятельность населения Западной Сибири до начала русской колонизации, писала: «Основными видами хозяйственной деятельности чулымских, томских, обских тюркоязычных групп были охота, рыболовство, собирание корней и стеблей дикорастущих съедобных растений, а также собирание грибов, ягод, кедровых орехов. Охота, рыболовство и собирательство дополнялись, особенно у жителей Притомья и чатов на Оби, скотоводством и примитивным видом земледелием» [2, с. 84]. Плужного земледелия не было. Пашенное земледелие на исследуемой территории начало развиваться с приходом русских людей. В 1604 г. был построен Томский городок, а уже в 1605 г. заложены первые пашни в окрестностях Томска [17]. Еще более определенные указания о наличии земледелия около г. Томска относятся к 1614 г. По царскому наказу создавалась «государева пашня», которую царское правительство требовало «прибавлять». В 20-е гг. XVII в. было распахано «государево поле» в районе с. Спасское (Коларово); русские поселенцы освоили для земледелия бассейны рек Басандайки, Ушайки, Киргизки и др. Во второй половине XVII в. на территории бассейна р. Басандайка появились первые поселения – это были деревни Лучаново, Ипатово, Аксенова, Белоусова, Магадава, Воронина, Федосеево [18].

В середине XX в. в бассейне р. Басандайка были распаханы крупные массивы пашни. В на-



стоящее время пашня занимает около 27% площади бассейна. Увеличение площади пашни привело к изменению ветрового режима в ее пределах. Этому в немалой степени способствует мезо- и микрорельеф пашни. Для защиты почв от эрозии в 60-е гг. XX в. в ряде хозяйств были заложены лесополосы (например, у с. Лучаново).

Анализ природных факторов развития эоловых процессов показал, что они благоприятны для возникновения дефляции почв, но в естественных ландшафтах этому препятствует растительность. На пашне дефляция имеет место, она развивается в течение всего года, но с разной степенью интенсивности [19–21].

Результаты и их обсуждение

Многолетние исследования (1989–2017 гг.) позволили выделить в ХПГ две стадии (фазы) развития эоловых процессов: со времени образования устойчивого снежного покрова до его максимального снегонакопления (в основном 2–3-я декада марта); во время снеготаяния, совпадающего с весенним максимумом буревой деятельности (2–3-я декада марта–апрель).

В первую стадию развития эоловых процессов ХПГ дефляции подвержены ветроударные склоны микро- и мезорельефа пашни. Сильные и порывистые ветры, достигающие на высоте 1 м над поверхностью пашни 15–25 м/с, периодически сдувают снег с названных элементов рельефа, особенно в малоснежные зимы. Об этом свидетельствует толщина снежного покрова во время площадных снегоуборок: на ветроударных склонах, повышениях рельефа она изменяется от 0–5 см до 30–40 см, против 50–60 см и более (до 2–2,4 м) в сугробах у лесополос, кромок леса, в депрессиях. Затем происходит перенос и сортировка выдутого мелкозема над сравнительно ровной поверхностью снега, а также отложение ветрового наноса в совокупности с атмосферной пылью, приносимой воздушными потоками. В результате за время залегания снежного покрова в его толще, помимо рассеянного и не видимого

визуально эолового наноса, может наблюдаться до 3–5 загрязненных прослоек снега с хорошо видимыми комочками почвы, например в 1990, 2001, 2009, 2012 гг. и в другие годы. Мощность загрязненных прослоек снега изменялась от 2–5 мм до 12–15 см. Диаметр почвенных частиц может достигать 2 мм. Интенсивность аккумуляции эолового наноса в снежной толще неравномерна в пространстве и зависит от скорости ветра, микрорельефа, состояния агрофона. В годы активного проявления эолового процесса на пашне в толще снега может накапливаться от 94,8 до 1848,2 г/м² наноса, а в среднем – 752,4 г/м². В годы слабого проявления – от 20 до 42 г/м², а в среднем 26 г/м². Установлено влияние состояния агрофона на интенсивность эолового процесса (таблица).

В случае когда агрофон с осени был представлен зябью или чередованием зяби и задернованных участков, эоловые процессы в ХПГ развивались интенсивно. Если агрофон с осени был представлен стерней злаковых либо скошенным, но не убранным льном, озимыми, всходами клевера, интенсивность эоловых процессов слабая и средняя. В кедровом лесу эолового наноса накапливается в десятки и сотни раз меньше, чем на пашне. Видимо, частично это связано с оседанием пыли на кроне деревьев, а также с переносом тонких пылеватых частиц на больших высотах на другие участки.

Для второй стадии развития эоловых процессов ХПГ также характерна различная интенсивность их проявления. Разрушение и сход снежного покрова протекают интенсивнее, чем его образование и нарастание, и в среднем 19 апреля устойчивый снежный покров разрушается полностью. Крайние возможные даты разрушения устойчивого снежного покрова различаются более чем на месяц: в 5 % случаев снежный покров может сохраниться до начала мая; с такой же вероятностью возможен его сход и в первой декаде апреля. Примером раннего схода может служить 2012 г., когда снег с полей сошел в первой декаде апреля (с 3 по 7 апр.) [22]. Продолжительность периода снеготаяния в исследуемом районе изменяется от 5–8 дней (1962, 1968, 2012 гг.) до 26 дней и более.

Примеры интенсивности эоловой аккумуляции (максимальные значения) на поверхности снега исследуемого района

Дата снегоуборки	Дата схода снега	Сроки наблюдений за аккумуляцией после снегопадов	Количество суток	Интенсивность аккумуляции, г/м ²		Агрофон
				за период наблюдения	за сутки	
21.03.1990	26.04	25.03–08.04	14	До 102,4	До 7,3	Зябь боронованная
24.03.1993	21.04	16.03–11.04	25	До 3,8	–	Стерня злаковых
15.03.2003	02.05	30.03–13.04	14	До 143,2	До 10,2	Зябь
16.03.2007	24.05	16.03–15.04	29	До 16,9	До 0,6	Зябь с участками скошенного льна
26.03.2013	21.04	26.03–28.04	33	До 50,4	До 1,5	Сочетание зяби и густой дернины трав
14.03.2015	24.04	14.03–25.04	41	До 320,0	До 7,8	Сочетание зяби и стерни злаковых
17.03.2016	12.04	28.02–09.04	40	До 15,2	До 0,4	



Во время снеготаяния на склонах пашни южной экспозиции, особенно на ветроударных склонах, появляются или увеличиваются очаги дефляции. Ветер быстро осушает влажную почву, которая оттаивает на первые сантиметры, и подвергает ее выдуванию. Проявление дефляции во время снеготаяния имеет прерывистый характер, обусловленный высокой изменчивостью циркуляции атмосферы, скоростей ветра, температуры воздуха, почвы, выпадения осадков, времени суток.

Отбор проб с поверхности снега в разные отрезки времени после снегопадов на опорных профилях показывает, что за короткие промежутки времени в эоловых волнах может накапливаться значительная масса наноса – от долей грамма до 320 г/м² (см. таблицу). Максимальное суточное накопление зафиксировано в 2004 г., когда с 20 по 21 марта на наиболее загрязненной эоловой волне отложилось 23,6 г/м² наноса. Как для первой, так и для второй стадии развития эолового процесса характерна неравномерность осаждения эоловых осадков, что хорошо иллюстрирует пример 2005 г. (рис. 4).

В годы с интенсивным развитием эоловых процессов во вторую стадию рябь покрывает от 45–50 до 75–90% поверхности поля (рис. 5, а).

Толщина эолового наноса изменяется от 2–3 мм до 30 мм (рис. 5, б). При проективном покрытии поверхности снега эоловой рябью в 50–70% за короткие промежутки времени на 1 га может отлагаться от 40,3–55,6 до 881,5 кг/га эолового наноса. Глубина выдувания почв из очагов дефляции на склонах южной экспозиции, определенная для первой стадии развития эоловых процессов по методике М. Е. Бельгибаева с соавторами [23], изменяется от 0 до 0,4 мм.

Эоловые отложения ХПГ имеют тесную генетическую связь с почвами исследуемого бассейна. Они содержат гумус – от 1,66 до 4,34%, сумма Ca²⁺ + Mg²⁺ в них изменяется от 13,6 до 26,0 мг/экв на 100 г, N – от 0,08 до 0,62%, P – от 0,18 до 0,56%. Сравнительный анализ содержания питательных для растений веществ показал, что они соответствуют таковым в эоловом наносе и составляют соответственно 2,8–3,8%; 23,2–27,7%; 0,18–0,27%; 0,36%. Почвы плакоров содержат значительное количество гумуса – 5–6% и более.

Выводы

Эоловые процессы в агроландшафтах бассейна р. Басандайка в ХПГ развиваются ежегодно,

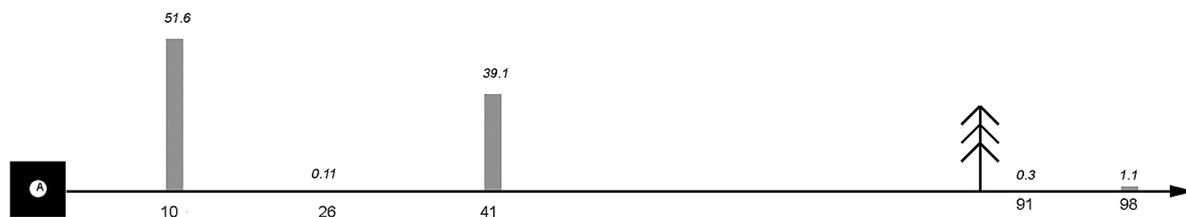


Рис. 4. Интенсивность накопления эолового наноса, г/м³, на опорном профиле (100 м) с 19 по 27 марта 2005 г. на южном склоне пашни ключевого участка: А – очаг дефляции



Рис. 5. Пример накопления эолового материала в холодный период года на южном склоне пашни ключевого участка: а – на поверхности снега; б – загрязненные прослойки в шурфе (2015 г.). Фото З. Н. Квасниковой



но с разной степенью интенсивности; отмечается цикличность проявления процесса – 5–6 лет, что объясняется особенностями глобальной циркуляции атмосферы, проявляющимися в различных метеорологических характеристиках, а также региональными синоптическими процессами, рельефом и др.

На интенсивность проявления эоловых процессов существенное влияние оказывает состояние агрофона: наиболее активно дефляция почв происходит по зяби; наименее, когда агрофон представлен всходами многолетних трав, стерней злаковых.

В ХПГ (октябрь–апрель) выделяется две стадии развития эолового процесса: во время залегания снежного покрова и во время снеготаяния.

Характерна неравномерность накопления эолового материала в пространстве и времени. Анализ данных по опорным профилям показал, что происходит чередование сильно- и слабозагрязненных эоловых волн: в пределах первых в годы интенсивного развития процесса накапливается до 1848,2 г/м² наноса, во-вторых – 94,8 г/м². В годы слабого развития эолового процесса на профилях накапливается от менее 1 г/м² до 51,6 г/м² наноса. Согласно Е. М. Любцовой, интенсивность эоловой аккумуляции определяется по содержанию мелкозема в снеге, а также по аккумуляции эоловых частиц на единицу площади; она может быть подразделена на слабую – менее 50 г/м²; умеренную – 50–100 г/м²; среднюю – 100–200 г/м²; сильную – 200–500 г/м²; очень сильную – 500–1000 г/м² и чрезвычайно сильную – более 1000 г/м² [24].

Если принять за оценку интенсивности проявления эолового процесса максимальные значения накопления эолового наноса в снеге, то чрезвычайное проявление процесса наблюдалось в ХПГ 2011/2012 г. (до 1842,2 г/м²) и в 2012/2013 г. – более 1000 г/м², очень сильное – 1989/1990 г., 2002/2003 г., 2003/2004 г., сильное – 1999/2000 г., 2000/2001 г., 2001/2002 г., 2004/2005 г., 2008/2009 г., 2014/2015 г., среднее – в 2010/2011 г., 2013/2014 г., умеренное – в 2005/2006 г., 2007/2008 г. и слабое – в 1992/1993 г., 2006/2007 г., 2009/2010 г., 2013/2014 г. и 2015/2016 г. Таким образом, в первую стадию развития эолового процесса лишь в 17,9% случаев он был слабым. Во время снеготаяния эоловый процесс был наиболее активен в 28,6% случаев (1989, 1990, 2002–2005, 2013, 2015 гг.). Но наиболее интенсивно дефляция почв по зяби отмечается в конце апреля, в мае и июне, когда пашня лишена растительного покрова: в это время отмечается весенний максимум деятельности ветра.

Эоловые отложения имеют тесную генетическую связь с почвами агроландшафтов бассейна р. Басандайки: они близки по гранулометрическому составу, содержат до 4,34% гумуса, а также кальций, магний, азот и фосфор.

Библиографический список

1. *Бабурин В. Л.* Малые реки – каркас цивилизации // Современные проблемы географии и гидрологии суши. М., 2010. С. 28–35.
2. *Бояришинова З. Я.* К вопросу о развитии русского земледелия в Томском уезде в XVII веке // Вопросы географии Сибири. Томск, 1951. Вып. 2. С. 85–140.
3. *Мусохранов В. Е.* Использование эродированных земель в Западной Сибири. М. : Россельхозиздат, 1983. 191 с.
4. Основы использования и охраны почв Западной Сибири / С. С. Трофимов, В. И. Щербинин, В. В. Реймхе, И. М. Гаджиев, Я. Р. Рейнгард [и др.]. Новосибирск, 1989. 226 с.
5. *Сажин А. Н., Васильев Ю. И.* Географические закономерности современной дефляции в степях Восточной Европы и Западной Сибири // Геоморфология. 2003. № 1. С. 79–82.
6. *Lancaster N.* Aeolian features and processes // Geological Monitoring. Colorado, 2009. P. 4–25.
7. *Журавлев Г. Г.* Динамика метелей Томской области в современный период // Вестн. Том. гос. ун-та. 2013. № 369. С. 181–187.
8. *Евсеева Н. С., Слуцкий В. И.* Климатический фактор развития эоловых процессов на юго-востоке Западно-Сибирской равнины // География и природные ресурсы. 2005. № 4. С. 75–79.
9. Снег : справочник / под ред. Д. М. Грея, Д. Х. Мейла. Л., 1986. 752 с.
10. *Евсеева Н. С., Ромашова Т. В.* Опасные метеорологические явления как составная часть природного риска (на примере юга Томской области) // Вестн. Том. гос. ун-та. 2011. № 353. С. 199–204.
11. *Ананова П. Г., Зяблицкая К. Н.* Сильный ветер в районе г. Томска // Контроль окружающей среды и климата «КОСК-2010»: материалы VII Всерос. симпозиума. Томск, 2010. С. 202–204.
12. Природные опасности России. Гидрометеорологические опасности : в 6 т. / под ред. Г. С. Голицына, А. А. Васильева. М., 2001. Т. 5. 296 с.
13. Кадастр возможностей / под ред. Б. В. Лукутина. Томск, 2002. 280 с.
14. *Иванова М. В., Захарчук Н. В., Максимова Н. Б.* Характеристика ветрового режима по данным метеонаблюдений аэропортов Барнаула, Новосибирска, Томска и Кемерово // География и природопользование Сибири. Барнаул, 2014. Вып. 18. С. 87–97.
15. *Матюшенко В. И.* Древняя история населения лесного и лесостепного Приобья (неолит и бронзовый век) : в 4 ч. Часть первая : Неолитическое время в лесном и лесостепном Приобье (верхнеобская неолитическая культура // Из истории Сибири. Томск, 1973. Вып. 9. С. 32–132.
16. Русская историческая библиотека : в 25 т. Т. II. С.-Петербург, 1875. № 75. С. 163.
17. *Беликов Д. Н.* Первые русские крестьяне-населенники Томского края и разные особенности в условиях их жизни и быта за XVII–XVIII столетия // Научные очерки Томского края. Томск, 1898. С. 1–138.



18. Евсеева Н. С. Современный морфолитогенез юго-востока Западно-Сибирской равнины. Томск, 2009. 484 с.
19. Евсеева Н. С., Квасникова З. Н. Современные эоловые процессы юго-востока Западно-Сибирской равнины // Геоморфология. 2010. № 3. С. 40–46.
20. Евсеева Н. С., Квасникова З. Н. Интенсивность и цикличность проявления эоловых процессов в агроландшафтах зоны подтайги бассейна Нижней Томи (Западная Сибирь) // Вестн. Том. гос. ун-та. 2015. № 397. С. 233–239.
21. Экологический мониторинг : Доклад о состоянии и охране окружающей среды Томской области / гл. ред. А. М. Адам. Томск, 2013. 172 с.
22. Бельгибаев М. Е., Зонов Г. В., Паракина Э. М. Эколого-географические условия дефляции почв Северного и Центрального Казахстана. Алма-Ата, 1982. С. 9–137.
23. Любцова Е. М. Эоловая миграция вещества и ее роль в распространении фтора в ландшафтах юга Минусинской котловины // География и природные ресурсы. 1994. № 2. С. 86–91.

Образец для цитирования:

Евсеева Н. С., Квасникова З. Н., Каширо М. А., Батманова А. С. Стадийность развития эоловых процессов в агроландшафтах бассейнов малых рек Томской области в холодный период года // Изв. Саратов. ун-та. Нов. сер. Сер. Науки о Земле. 2018. Т. 18, вып. 2. С. 80–87. DOI: 10.18500/1819-7663-2018-18-2-80-87.

Cite this article as:

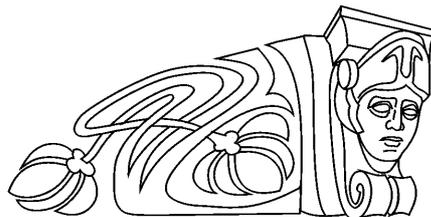
Evseeva N. S., Kvasnikova Z. N., Kashiro M. A., Batmanova A. S. Stages of Development of Eolian Processes in Agrolandscapes of Small River Basins of Tomsk Oblast' in Cold Period of Year. *Izv. Saratov Univ. (N. S.), Ser. Earth Sciences*, 2018, vol. 18, iss. 2, pp. 80–87 (in Russian). DOI: 10.18500/1819-7663-2018-18-2-80-87.



УДК 634.4(6)

ПОЧВЫ ПОСЕЛЕНИЙ В ОКРЕСТНОСТЯХ ГОРОДИЩА МАКЛАШЕЕВКА II ЛЕСОСТЕПНОЙ ЗОНЫ СРЕДНЕГО ПОВОЛЖЬЯ

С. П. Ломов, А. А. Чижевский, И. Н. Спиридонова



Ломов Станислав Петрович, доктор географических наук, профессор кафедры «Кадастр недвижимости и право», Пензенский государственный университет архитектуры и строительства, stas_lomov@mail.ru

Чижевский Андрей Алексеевич, кандидат исторических наук, старший научный сотрудник отдела первобытной археологии, Институт археологии имени А. Х. Халикова Академии наук Республики Татарстан, ncai@mail.ru

Спиридонова Ирина Николаевна, ассистент кафедры «Землеустройство и геодезия», Пензенский государственный университет архитектуры и строительства, lrunek@yandex.ru

Строительство Волжско-Камского каскада водохранилищ в середине XX в. привело к развитию процессов абразии и исчезновению памятников культурного наследия, в том числе и археологических. Исследование остатков одного из этих памятников – городища Маклашеевка II, расположенного на поверхности второй надпойменной террасы р. Кама поблизости от места её слияния с р. Утка – позволило изучить почвы данного поселения. Почвенные исследования (морфологические признаки, физические, физико-химические и химические данные), совместно с геохимическими показателями позволяют выявить особенности развития почв поселений и геоэкологическую преобразованность почвенного покрова изучаемых ареалов.

Ключевые слова: почвы поселений, черноземы выщелоченные, дерново-слабокарбонатные почвы, геохимический коэффициент CIA.

The Soils of Settlements in the Limits of the Maklashcheevka City II of the Forest-steppe Zone of the Middle Volga Region

S. P. Lomov, A. A. Chizhevsky, I. N. Spiridonova

Stanislav P. Lomov, ORCID 0000-0002-8001-8803, Penza State University of Architecture and Construction, 28, Titova Str., Penza, 440028, Russia, stas_lomov@mail.ru

Andrey A. Chizhevsky, ORCID 0000-0001-7403-4455, Institute of Archeology Academy of Sciences Republic Tatarstan, 30, Butlerova Str., Kazan, Republic Tatarstan, 420012, Russia, ncai@mail.ru

Irina N. Spiridonova, ORCID 0000-0001-6167-7320, Penza State University of Architecture and Construction, 28, Titova Str., Penza, 440028, Russia, lrunek@yandex.ru

The construction of the Volga-Kama cascade of reservoirs in the middle of the 20th century led to the development of abrasion processes and the disappearance of monuments of archaeological and cultural

heritage. So, on the surface of the second terrace above the floodplain p. Kama near the place of its confluence with the river Utka, studied the soils of settlements and the remains of the ancient settlement of Maklasheevka II. Soil research (morphological features, physical, physicochemical and chemical data), together with geochemical indicators, allow us to identify the features of the development of soils in settlements and the geoeological transformation of the soil cover of the studied ranges.

Key words: soils of settlements, leached chernozems, soddy calcareous soils, geochemical coefficient of CIA.

DOI: 10.18500/1819-7663-2018-18-2-88-96

Введение

Городище Маклашеевка II находится на границе Республики Татарстан и Ульяновской области в 3,6 км к юго-востоку от церкви д. Полянки и в 16 км к югу от г. Булгары (Спасский район Республики Татарстан). Городище расположено на мысовом останце второй неоплейстоценовой террасы в заливе Куйбышевского водохранилища, образованного в результате затопления устья р. Утка левого притока р. Волга.

Целесообразность и необходимость исследования почв поселений в окрестностях городища Маклашеевка II обусловлены сохранением информации об археологических памятниках, которые разрушаются абразионными процессами Куйбышевского водохранилища, а также пополнением научной информации по эволюции почв и природной среды лесостепной зоны Среднего Поволжья, полученной на протяжении последних десятилетий в результате почвенно-археологических исследований [1–6].

Для изучения проблемы эволюции почв и геоэкологической преобразованности почвенного покрова очень важно использовать методические подходы почвенно-археологического направления исследований памятников истории при совместной работе археологов и почвоведов [7–11].

Объекты и методы исследований

Объектом изучения являются почвы поселений в окрестности городища Маклашеевка II, определенные по «следам» жизнедеятельности этносов в пределах почвенного покрова, связанные с длительностью семи эрозионно-аккумулятивных циклов, выделенных в позднем голоцене Е. В. Пономаренко с соавторами [3].



В современных научных работах наряду с использованием почвенно-археологического метода, имеющего различные модификации [10], в последнее время применяется геохимический анализ почв поселений и культурного слоя городища. Эти исследования связаны с анализом различных геохимических коэффициентов – отношений макро- и микроэлементов [12–15].

Отмеченные методы исследований сопровождались анализом валового химического состава (рентгенфлюорисцентный метод). Гранулометрический состав выполнен по Н. А. Качинскому. Агрегатный состав определялся по классификации С. А. Захарова. Расчеты коэффициентов структурности и водоустойчивости проводились по Н. И. Саввинову. Среди физико-химических свойств определялись актуальная, обменная (методом водной и соляной вытяжки) и гидролитическая кислотность (H_r), сумма обменных оснований и емкость катионного обмена, а также подвижные и валовые формы азота, калия и фосфора (по Е. В. Аринушкиной).

Материалы исследований. Современные геосистемы вокруг городища Маклашеевка II определяются лесостепной зоной, характерной для значительной части территории Республики Татарстан. Лесная растительность представлена в основном широколиственными породами и на серых лесных почвах, приуроченных к выходам различных геологических пород, в том числе и лессовидных суглинков.

Степные и остепненные ландшафты преобладают на водораздельных поверхностях неоплейстоценовых террас, сложенных лессовидными отложениями. Ландшафты имеют древнюю историю освоения¹.

В настоящее время почвы вокруг городища не распахиваются до границы засечной линии (XVII в.) из-за развития сильных эрозионных процессов. Почвы поселений этих участков восстанавливаются под естественной растительностью, состоящей из фитоценозов различных переходных стадий: от бурьянистой до степной.

Разрезы почв поселений, характеризующих почвенный покров вокруг городища Маклашеевка II, заложены на склоне второй надпойменной террасы южной экспозиции до 2° крутизны.

Почвенный разрез 1М (табл. 1) расположен ниже засечной насыпи, слабо возвышающейся на склоне. Степная растительность, которая восстанавливается после прекращения распахивания – 2-й или 3-й степени оцелинивания – в современном виде представлена ковылем (*Stipa ten.*), шалфеем (*Salvia officinalis*), татарником (*Onopordum acanthium*), коровяком (*Verbascum*), полынями (*Artemisia*), овсецом (*Helictotrichon*), тимофеевкой (*Phleumpratense*) и другими синантропными и рудеральными сорняками.

¹ Материалы по геологическому и геоморфологическому строению неоплейстоценовых террас были любезно предоставлены нам А. А. Хисьяметдиновой (в полевых работах принимал участие Н. Н. Солодков).

Примером морфологического строения почв поселений вокруг городища Маклашеевка II может служить полевое описание разреза 1М (см. табл. 1);

Ad – 0–20 см – бывший пахотный слой. Сильно пронизан мелкой корневой системой злаков. Серый с желтоватым оттенком. Легкий суглинок. Структура не выражена. Неплотный, слабоувлажнен после дождя. Переход заметный;

Аса – 20–36 см – более темный по цвету – серый, легкосуглинистый, до среднего. Вкрапления карбонатов. Пронизан мелкой корневой системой. Структура не выражена. Неплотный. Переход постепенный;

Авса – 36–72 см – более светлый, чем предыдущий (светло-серый). Легкосуглинистый. Части включения белесых карбонатных обломков (карбонаты в виде журавчиков). Неплотный. На глубине 64 см встречаются обломки керамики именковской культуры. Заметна мелкая корневая система. Переход заметный. Структура не выражена;

Вса – 72–96 см – темно-серый неоднородный по цвету: много белесых вкраплений карбонатов (псевдомицелий). Ореховатая непрочная структура. Более плотный. До среднего суглинка по гранулометрическому составу. Имеются «кратовины» (7×4 см и 4×3 см), выполненные желтоватым мелкоземом подстилающей породы. Переход заметный, постепенный;

ВС – 96–110 см – Неоднородный по цвету: бурый цвет с темными гумусированными пятнами. Среднесуглинистого состава. Заметна комковатая структура, белесые вкрапления карбонатов. Справа обильное скопление карбонатов в виде «кармана». Заметны корневая система и вертикальные трещины, кратовины и ходы землероев с темным по цвету наполнителем. Переход постепенный.

Сса – 110–160 см – желтовато-буроватые лессовидные суглинки, пористые легкосуглинистые, призматической структуры. Заметны тонкие карбонаты в виде псевдомицелия.

Морфологическое строение почв (черноземы) может свидетельствовать о значительной выпаханности бывшего пахотного горизонта, обозначенного индексом Ad. На это указывают морфологические признаки, такие как цвет, сложение горизонта и признаки вторичной окисленности.

Наличие «кратовин» ниже глубины 72 см обычно идентифицируют со степным почвообразованием. Другой особенностью почв этого профиля являются находки керамики именковской культуры на глубине 64 см. Таким образом, допускается значительная преобразованность верхней части почв со времени развития именковской культуры (III–VII вв. н.э.).

Описание остатков строения засечного вала показало насыщенность обломками именковской керамики на глубине 38–76 см, а на глубине 114 см также обнаружен крупный фрагмент этой



же керамики. С учетом современного возвышения засечного вала ≈ 50 см глубина проникновения обломков керамики вниз по профилю не выходит за пределы отмеченных в разрезе I М.

Во всех изученных разрезах почв поселений городища отмечается глубокое проникновение артефактов именковской культуры – 36–52 и реже 65 см, – которое должно иметь соответствующее объективное объяснение. Со времен совместных исследований Н. Я. Мерпертом и А. П. Смирновым [16] самарских памятников в зоне затопления Куйбышевской ГЭС была установлена скорость увеличения мощности черноземов на 0,8–0,9 см в течение столетия. Следовательно, артефакты, оставленные «именьковцами», согласно расчетам должны быть погребены на глубине ≈ 15 см. Однако изучение межбалочного разреза позволило Е. В. Пономаренко [3] выделить семь эрозионно-аккумулятивных циклов в позднем голоцене, коррелированных с периодами освоения водосборной территории. При этом Е. В. Пономаренко было отмечено, что каждый цикл начинался с пожаров, приводивших к увеличению стока и к врезанию балки, а завершался обычно стабилизацией поверхности – ее залесением или залужением.

Почвы поселений приурочены к катене южной экспозиции, которая дифференцирована на участки активной эрозии (пахотные почвы) в верхней ее части и аккумулятивные (залуженные участки) в нижней части. В активной части катены на пахотных угодьях, ускоренная эрозия могут достигать 24 т/г смыва мелкозема, а на залуженных участках всего до 3 т/г [17]. Таким образом, смытый мелкозем с верхней части катены, перемещаясь на залуженные участки, в нижней ее части частично аккумулятировался в постименьковское время или сносился в пределы базиса эрозии (овражно-балочная система). В результате происходили аккумуляция мелкозема на залуженных участках и погребение артефактов именковской культуры на значительной глубине.

Гранулометрический состав почв поселений, формирующихся на лессовидных суглинках, в основном легкосуглинистый. Среди фракций преобладает песок крупный и песок мелкий, которые в сумме составляют $>50,0\%$. Среди пылеватых фракций выделяется крупная – 16,5–27,1%. При этом наименьшая величина крупной фракции приурочена к верхнему гор. Ad. Средняя пыль имеет небольшую величину – от 3,0 до 4,7%. Мелкая пыль характеризуется большими величинами – 5,2–9,6%. Илистая фракция выделяется повышенными значениями – 15,8–18,2%, а ее распределение по почвенному профилю диагностирует процессы оглинивания средней части почвы. Сумма фракций физической глины находится в пределах 25,0–30,3%. По повышенным величинам отмеченной фракции в средней части профиля также прослеживаются процессы оглинивания.

Агрегатный состав является морфологическим признаком различных типов почвообразова-

ния, особенно черноземов. Поэтому нарушение структуры почв при антропогенном вмешательстве может быть индикатором их освоения и преобразования почвенного покрова.

Для верхнего горизонта Ad (0–20 см) характерно преобладание комковатой структуры – 30,6% – и мелкопылевой фракции ($<0,25$ мм) – 28,7%. В результате оценка структурного состояния находится на границе удовлетворительного показателя (см. табл. 1).

Гумусовый горизонт Аса (20–36 см) по преобладанию мелкопылевой фракции ($<0,25$ мм) – 45,4% и комковатой фракции ($>10,0$ мм) – 16,4% – оцениваются неудовлетворительно.

Переходный горизонт АВса (26–72 см) выделяется преобладанием мелкопылевой фракции ($<0,25$ мм) – 50,8%, оценка структурного состояния переходного горизонта – удовлетворительная.

Переходный горизонт Вса (72–96 см) характеризуется невысокой величиной мелкопылевой структуры ($<0,25$ мм) – 25,0%. За счет этого оценка структурного состояния горизонта Вса приобретает хороший показатель.

Переходный горизонт к породе ВС (96–110 см) знаменуется преобладанием комковатой структуры ($>10,0$ мм) – 76,5%. Исходя из этого, оценка структуры данного горизонта оказалась неудовлетворительной.

Горизонт Сса (110–160 см) также выделяется преобладанием комковатой структуры ($>10,0$ мм) – 49,1%. В результате порода – лессовидные суглинки – оценивается неудовлетворительными показателями структурности.

Невысокие показатели структурного состояния фоновых почв – черноземов выщелоченных – можно объяснить существенной их выпаханностью в результате длительного использования в агроценозе. При этом выпаханность как деструктивный процесс охватывает не только пахотный слой, но и нижележащие горизонты и вызывает дегумификацию, потерю структурного состояния и т. д. В результате в бывшем пахотном горизонте Ad, который в настоящее время восстанавливается под естественной степной растительностью, структурное состояние оказалось удовлетворительным, т. е. структура начала восстанавливаться за счет оцелинивания бывших пахотных угодий. Только в гор. В1 на глубине 72–96 см сохранилась первоначальная, хорошая структура природно-целинного развития черноземов.

Водоустойчивая структура почв поселений характеризуется следующими показателями. Верхний бывший пахотный горизонт Ad (0–20 см) обладает хорошей водоустойчивостью структуры. Нижележащий гумусовый гор. Аса (20–36 см) и переходный гор. АВса (36–72 см) выделяются неудовлетворительной водоустойчивостью структуры. В остальной части разреза с глубины гор. Вса (72–96 см) и вниз по профилю гор. ВС (96–110 см), включая почвообразующую породу – Сса (110–160 см), структура отмеченных



горизонтов характеризуется удовлетворительной водоустойчивостью (см. табл. 1).

Подобное распределение свойств водоустойчивости структуры определяют образованием «молодых» гумусовых кислот. Заращение и смена растительных ценозов после прекращения распахки приводят к восстановлению структурного состояния сначала в бывшем пахотном слое, где опад травянистых остатков и их гумификация протекают наиболее активно. С увеличением срока оцелинивания почв процесс усиления водоустойчивости структуры будет захватывать и более глубокие горизонты.

Физико-химические и химические показатели почв поселений характеризуются невысоким содержанием гумуса в верхнем гор. Ad – 3,3%, затем повышение его в гор. Aca – 6,0% и постепенное снижение в последующих горизонтах: 4,5% в переходном гор. AVca, 3,1% в гор. – Vca и 1,4% в горизонте BC, что характерно для черноземного типа почв (табл. 2). Исключение составляет невысокое содержание гумуса в гор. Ad – 3,3%, что связано с его выпаханностью за счет тысячелетнего использования почв в агроценозе и развития эрозийных процессов в соответствии с представлениями и данными ряда авторов [3, 17].

Для сравнения можно привести данные молодых дерново-слабокарбонатных почв слабо затронутых сельскохозяйственным освоением: в гор. Ad – 5,6% гумуса (см. табл. 2, разрез 2М).

Близкая к нейтральной среда отмечается только в верхнем гор. Ad – pH_{KCl} – 6,6. С глубиной происходит подщелачивание почвенного раствора и в почвообразующей породе до 8,0. Данные по гидролитической кислотности (Нг) показывают также небольшое ее увеличение в верхнем гор. Ad – 0,97 смоль (экв)/кг (см. табл. 2).

Сумма поглощенных оснований достаточно высокая и характеризуется своеобразным распределением по профилю почв. Минимальная ее величина (25,7 смоль (экв)/кг) характерна для верхнего гор. Ad. Вниз по почвенному профилю сумма поглощенных оснований увеличивается до 30,9 смоль (экв)/кг в гор. AVca, и затем снова слабо понижается в почвообразующей породе (см. табл. 2, разрез 1М).

Распределение величин суммы оснований в профиле дерново-слабокарбонатных почв, сформированных на верхней части именьковского культурного слоя (Im3), может свидетельствовать о турбационных процессах за счет наличия провалов от пожаров и прослоек обугленных фрагментов в мелкоземистом делювии (разрез 2М).

Обменные формы калия имеют своеобразное распределение:

– в профиле 1М высокое содержание K_2O в гумусовых подгорizontах Ad, Aca и AVca (420–570 мг/кг) и значительное увеличение до 950–1000 мг/кг в гор. BC и Cca;

– в профиле 2М наоборот, максимум K_2O приходится только на верхний гор. Ad (250 мг/

кг), и существенное понижение вниз по профилю до 80–90 мг/кг.

Содержание подвижного фосфора по всему почвенному профилю 1М очень высокое (1000 мг/кг), оно может свидетельствовать о сильном антропогенном воздействии на почву и почвенный покров участков, приуроченных к городищу Маклашеевка II. Очень высокие показатели фосфора также подчеркивала А. А. Гольева при анализе проб, взятых из раскопа ССV Болгарского городища [18], а также А. А. Чижевский [5] при изучении стоянки Гулюковское III, это можно считать индикатором существенного антропогенного освоения ландшафтов.

Почвенный покров этого региона представлен преобладанием черноземов выщелоченных. Содержание карбонатов в почвах поселений свидетельствует о неполной выщелоченности в гумусовых подгорizontах рассматриваемых почв. Самый верхний гор. Ad – почти выщелочен от $CaCO_3$, так как его содержание минимально (1,78%). В гор. Aca – 6,10% $CaCO_3$, а в переходном гор. AVca – 9,16%. Затем происходит резкое снижение $CaCO_3$ до 2,59% в гор. Vca и наблюдается отсутствие карбонатов в переходном гор. BC, и только в почвообразующей породе содержание $CaCO_3$ снова увеличивается до 11,33%. По содержанию и распределению $CaCO_3$ в генетических горизонтах разреза 1М можно говорить о вторичной окарбонированности почв поселений. Для сравнения приводится распределение содержания $CaCO_3$ в профиле 2М дерново-слабокарбонатных почв, указывающих на процессы выщелачивания карбонатов из верхних гумусовых горизонтов (см. табл. 2).

На окарбонирование почв поселений указывали Д. И. Васильева и М. И. Дергачева [19] при изучении срубной культуры поздней бронзы в Самарском Поволжье (3700–3500 л.н.). Почвы поселений отличаются более высоким уровнем накопления $CaCO_3$ (3–9%), по сравнению с погребенными почвами. Авторы предполагают, что при освоении почв происходит накопление органических остатков, особенно животного происхождения, которые, подвергаясь активной минерализации, разлагались до CO_2 и H_2O . Углекислота в этом случае могла взаимодействовать с имеющимся в почве кальцием, таким образом окарбонированность почв поселений увеличивалась.

На преобразованность почв поселений также указывают повышенные величины подвижного фосфора и обменного калия, обусловленные сильным антропогенным воздействием.

Обнаруженные археологические памятники в данном регионе датированы бронзовым веком, затем ранним железным веком и ранним Средневековьем. Подобная последовательность антропогенного воздействия на природные ландшафты, и в первую очередь на почвенный покров, обусловила существенную геоэкологическую преобразованность почв, о чем свидетельствуют



Таблица 1

Структурный состав почв поселений, разрез 1М

Горизонты и глубина, см	Размер фракций, мм					Сухое просеивание, %					Кс и водоустойчивость	Оценка структурности и водоустойчивости			
	>10	10-5	5-3	3-2	2-1	1-0,5	0,5-0,25	<0,25	Сумма фракций 10-0,25% (сухое просеивание); сумма фракций >0,25мм (мокрое просеивание)						
Сухое просеивание, %															
Ad, 0-20	30,6	9,7	4,8	4,2	5,2	3,9	11,7	28,7	39,5					0,6	Неудовлетворительно
A, 20-36	16,4	8,2	4,9	4,6	5,9	3,3	9,5	45,4	36,4					0,6	Неудовлетворительно
AB, 36-72	5,3	5,8	6,2	5,3	7,4	5,1	12,7	50,8	42,5					0,8	Удовлетворительно
B1, 72-96	10,6	14,0	13,2	8,4	8,2	11,1	8,4	25,0	63,3					1,8	Хорошо
BC, 96-110	76,5	7,9	2,5	1,4	1,5	1,1	2,2	6,1	16,6					0,2	Плохо
C, 110-160	49,1	6,0	4,0	3,4	4,2	3,3	8,5	20,7	29,4					0,4	Неудовлетворительно
Мокрое просеивание, %															
Ad, 0-20	-	-	34,5	2,8	3,4	10,0	17,4	31,9	68,1					2,1	Хорошо
A, 20-36	-	-	13,4	3,8	2,2	6,0	10,1	64,5	35,5					0,6	Неудовлетворительно
AB, 36-72	-	-	3,4	3,6	4,2	8,6	13,3	66,9	33,1					0,5	Неудовлетворительно
B1, 72-96	-	-	1,2	2,3	6,3	13,7	24,9	51,6	48,4					0,9	Удовлетворительно
BC, 96-110	-	-	0,7	9,8	5,5	18,2	15,0	50,8	49,2					1,0	Удовлетворительно
C, 110-160	-	-	0,1	1,1	1,4	14,1	27,4	55,9	44,1					0,8	Удовлетворительно

Таблица 2

Физико-химические и химические показатели почв поселений

Горизонт	Глубина, см	С орг, %	рН сол	рН вод	Н _т , смоль (экв)/кг	Сумма поглощенных оснований, смоль (экв)/кг	Емкость поглощения, смоль (экв)/кг	Подвижные, мг/кг		Валовые формы, %		СаСО ₃ , %
								К ₂ O	P ₂ O ₅	К ₂ O	P ₂ O ₅	
Черноземы вокруг городища Маклашевска II, разрез 1М												
Ad	0-20	3,3	6,6	Не определено	0,97	25,7	26,67	440	1000	2,07	0,97	1,78
Aca	20-36	6,0	7,2	Не определено	0,43	30,0	30,43	420	1000	1,61	2,22	6,10
ABca	36-72	4,5	7,7	Не определено	0,23	30,9	31,13	570	1000	1,93	2,53	9,16
Bca	72-96	3,1	7,9	Не определено	0,23	30,2	30,43	810	1000	2,50	0,86	2,59
BC	96-110	1,4	7,8	Не определено	0,23	30,8	31,03	950	1000	2,72	0,45	нет
Cca	110-160	1,0	8,0	Не определено	0,23	30,0	30,23	1000	1000	2,68	0,48	11,33
Дерново-слабокарбонатные почвы на верхней части именинского культурного слоя 1м3 (разрез 2М)												
Ad	0-10	5,6	Не определено	7,2	0,5	31,3	31,8	250	900	1,91	0,47	1,91
A1	10-20	4,3	-	7,3	0,36	27,6	27,9	80	336	1,81	0,33	0,24
ABca	20-35	2,6	-	7,4	0,25	29,5	29,8	90	375	1,83	0,28	4,57
Cca (1м ₃)	35-59	1,1	Не определено	7,5	0,23	27,0	27,2	90	235	1,85	0,26	9,71



как морфологические признаки, так и физико-химические и химические показатели.

Валовой химический состав почв поселений в окрестностях городища Маклашеевка II характеризуется преобладанием SiO_2 – 69,2–68,3% в гумусовых подгоризонтах Ad, Aca, ABca с заметным уменьшением в нижних гор. Bca, BC с глубины 72 см до 66,8–67,9%.

Распределение оксидов алюминия характеризуется неоднородностью – 11,2% в гор. Ad, затем снижением до 7,9–9,2% в гумусовых подгоризонтах Aca, ABca и увеличением значений Al_2O_3 до 14,16% в средней части профиля, что, вероятно, связано с антропогенной преобразованностью почв в агроценозе (табл. 3, разрез 1М).

Распределение оксидов фосфора свидетельствует о биогенном накоплении их в верхних гор. Aca и ABca – 2,29–2,65% – и резком снижении в нижних гор. Bca и BC до 0,45–0,87% (см. табл. 3, разрез 1М).

Анализ валового химического состава показывает на границу раздела геоэкологической преобразованности почв поселений в окрестностях городища Маклашеевка II до 72 см. Ниже 72 см почвенные гор. Bca и BC в большей степени сохранили свои природные свойства. Они оказались богаче такими элементами, как – Na_2O , MgO , Al_2O_3 , K_2O , Fe_2O_3 , по сравнению с гумусовыми подгоризонтами Ad, Aca и ABca.

Сделано сравнение валового химического состава дерново-слабокарбонатных почв именьковского культурного слоя (разрез 2М) с черноземами в окрестностях городища Маклашеевка II (разрез 1М, табл. 3).

Сравнительный анализ выявил невысокое хозяйственное использование почв в именьковское время.

Результаты и их обсуждение

Для детализации и уточнения геоэкологической преобразованности почв поселений были рассчитаны геохимические коэффициенты на основе валового химического состава по [12, 14, 15].

Отношение оксида титана к оксиду алюминия (0,05) в почвообразующей породе отражает однотипность геохимической обстановки, унаследованной от этапа формирования лессовидных суглинков (табл. 4). На уровне гор. Bca соотношение расширилось до 0,06 за счет увеличения TiO_2 . Глубина изменения геохимической обстановки составляет 72 см. В генетических горизонтах, залегающих выше гор. ABca, геохимическая обстановка изменяется, об этом свидетельствуют более расширенные отношения TiO_2 к Al_2O_3 до 0,09, т. е. уменьшении алюминия в составе глинистых минералов и относительном повышении титана, что может оказывать влияние на величину CIA.

Геохимический коэффициент CIA (The Chemical Index of Alteration) был предложен в [14], который представляет собой выражение

$$\frac{\text{Al}_2\text{O}_3}{\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{CaO} + \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}} \times 100.$$

CIA показывает соотношение первичных и вторичных минералов в почвах и отражает изменение условий образования первичных минералов. Для почв поселений городища Маклашеевка II коэффициент CIA изменялся от 64,13 до 60,74% в нижней части почвенного профиля (72–160 см).

В верхней части в пределах гумусовых подгоризонтов Ad, Aca, ABca коэффициент CIA понижился до 57,04–54,34%. Таким образом, показатель CIA отражает субгумидные условия образования вторичных минералов нижней части почв, соответствующих естественному их развитию.

В верхней части почвенного профиля (0–72 см) условия образования вторичных минералов становятся менее благоприятными, при этом чередование величин CIA отражает турбационные процессы, связанные с развитием эрозионно-аккумулятивных периодов развития ландшафтов Среднего Поволжья, отмеченных в позднем голоцене [3].

Коэффициент отношения Al_2O_3 к $\text{CaO} + \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} + \text{MgO}$ был предложен G. Retallack [15] как величина алюминия, являющегося основным компонентом глинистой составляющей к окислам растворимых оснований, поступающих в почвенный раствор в результате выветривания первичных минералов. Указанный коэффициент (0,88–1,03) показывает на повышение алюминия в нижней части почвенного профиля с глубины 72 см и отражает более гумидные условия формирования вторичных минералов. В верхней части почв (0–72 см) коэффициент понижается до 0,73, в связи с этим происходит снижение алюминия на фоне повышения первичных минералов. При этом условия выветривания первичных минералов оказываются менее благоприятными.

Отношение Na_2O к K_2O , как Na_2O к Al_2O_3 , а также $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ к Al_2O_3 , отражает динамику растворимых солей в почвах и в породах [15]. Если в почвообразующей породе коэффициент Na_2O к K_2O составил 0,57, то в переходных гор. Bca и BC расширение отношений до 0,67 свидетельствует об увеличении Na_2O по сравнению с породой, а в верхних гумусовых подгоризонтах Aca и ABca за счет сужения отношений можно говорить о преобладании оксида калия.

Отношение оксидов кальция и магния к алюминию составляет 0,79 в породе, сужается в переходных гор. Bca и BC до 0,72–0,63, свидетельствующий об увеличении глинистой составляющей в нижней части почвенного профиля (72–160 см). В верхней части гумусовых подгоризонтов Ad, Aca, ABca отношение расширилось до 0,86–1,03 за счет снижения величин оксидов алюминия (см. табл. 4).

Величины отношения оксида MnO к Al_2O_3 – 0,01 в почвообразующей породе имеют такие же значения в переходном гор. BC и в дерновом гор. Ad. В гумусовых подгоризонтах Aca, ABca и в переходном гор. Bca отношения увеличиваются



Таблица 3

Валовой химический состав почв поселений, % на прокаленную и бескарбонатную навеску

Горизонт	Глубина, см	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	P ₂ O ₅	TiO ₂	CaO	MgO	MnO	Na ₂ O	K ₂ O
Черноземы в окрестностях городища Маклашевска II, разрез 1М											
Ad	0-20	69,22	11,23	3,34	0,97	0,60	2,61	1,91	0,08	0,84	2,07
Aca	20-36	69,34	7,96	3,27	2,29	0,55	2,13	1,68	0,15	0,61	1,66
ABca	36-72	68,29	9,22	3,49	2,65	0,53	2,13	1,89	0,10	0,53	2,02
Bca	72-96	66,89	12,84	4,07	0,87	0,62	2,13	2,09	0,51	1,02	2,53
BC	96-110	67,94	14,16	4,21	0,45	0,61	1,65	2,31	0,05	1,19	2,71
Cca	110-160	68,51	13,61	3,89	0,50	0,53	2,13	2,68	0,06	1,06	2,84
Дерново-слабокарбонатные почвы на верхней части именьковского культурного слоя 1м3 (разрез 2М)											
Ad	0-10	63,36	11,36	3,64	0,47	0,51	2,93	1,91	0,07	0,84	1,21
A1ca	10-20	65,84	12,37	4,06	0,33	0,64	2,20	2,04	0,08	1,09	1,81
ABca	20-35	66,23	12,64	3,80	0,25	0,52	1,97	2,27	0,05	1,02	1,86
Cca (1м ₃)	35-59	66,57	13,37	3,94	0,27	0,60	1,97	2,51	0,06	1,02	1,94

Таблица 4

Геохимические коэффициенты почв поселений в окрестностях городища Маклашевска II, разрез 1М

Горизонт	TiO ₂ / Al ₂ O ₃	Al ₂ O ₃ / CaO+Na ₂ O+K ₂ O+MgO	Na ₂ O/ K ₂ O	K ₂ O+Na ₂ O/ Al ₂ O ₃	Na ₂ O/ Al ₂ O ₃	CaO+MgO/ Al ₂ O ₃	MnO/ Al ₂ O ₃	MnO/ Fe ₂ O ₃	MnO+Fe ₂ O ₃ / Fe ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃ +MnO/ Al ₂ O ₃	SiO ₂ / R ₂ O ₃	SiO ₂ / Al ₂ O ₃	SiO ₂ / Fe ₂ O ₃
Ad	0,07	0,85	0,62	0,32	0,12	0,86	0,01	0,06	1,06	0,20	8,81	10,47	55,25
Aca	0,09	0,73	0,56	0,35	0,13	1,03	0,03	0,10	1,10	0,29	11,73	14,80	56,47
ABca	0,07	0,78	0,40	0,33	0,09	0,94	0,02	0,07	1,07	0,26	10,15	12,60	52,20
Bca	0,06	0,94	0,61	0,34	0,13	0,72	0,06	0,12	1,12	0,26	7,37	8,86	43,85
BC	0,05	1,03	0,67	0,35	0,14	0,63	0,01	0,03	1,03	0,20	6,85	8,15	43,00
Cca	0,05	0,88	0,57	0,35	0,13	0,79	0,01	0,03	1,03	0,19	7,24	8,56	46,92



в несколько раз (0,02–0,06), что может указывать на турбационные процессы, обусловленные эрозионно-аккумулятивными периодами развития ландшафтов в соответствии с представлениями и данными ряда авторов [3, 17].

Отношение оксидов MnO к Fe₂O₃, узкое в почвообразующей породе (0,03), расширяется в гумусовых подгорizontах Ad, Aca, ABca и в переходном гор. Bca до 0,10–0,12, что может свидетельствовать о высокой биологической активности верхних горизонтов почв поселений.

Оксиды железа и марганца, их отношение к алюминию, узкое в почвообразующей породе (0,19), почти такое же в переходном гор. BC и в гор. Ad (0,20), существенно расширяется до 0,26–0,29 в гумусовых подгорizontах Aca, ABca, а также в переходном гор. Bca. Подобное распределение коэффициента Fe₂O₃+MnO к Al₂O₃ свидетельствует о нарушении естественного развития почв (см. табл. 4).

Отношение макроэлементов SiO₂ к R₂O₃, SiO₂ к Al₂O₃ и SiO₂ к Fe₂O₃ свидетельствует о повышенных величинах полуторных окислов в гор. Ad в основном за счет Al₂O₃. В гумусовых подгорizontах Aca, ABca отношения оказались расширенными за счет увеличения SiO₂. А с глубины 72 см и до почвообразующей породы отношения SiO₂ к R₂O₃ снова уменьшились до 6,85, определяя увеличение глинистой составляющей за счет Al₂O₃ и Fe₂O₃. Таким образом, нижняя часть почвенного профиля с глубины 72 см характеризуется признаками и свойствами естественного природного развития.

Заключение

Необходимо отметить, что почвы поселений вокруг городища характеризуются сильной геоэкологической преобразованностью, несмотря на оцелинивание их в настоящее время, об этом свидетельствует морфологическое строение почв с глубиной проникновения именьковских артефактов, до 65 см:

- значительно преобразована структура гумусовых подгорizontов Ad, Aca, ABca до неудовлетворительного состояния, как и показатели водостойчивости агрегатов;

- почти вдвое уменьшилось содержание гумуса в гор. Ad (3,3%) по сравнению с нижезалегающим гор. Aca (6,0%) даже в условиях современного оцелинивания;

- в основном отличается щелочная реакция среды почв в зоне выщелоченных черноземов;

- наблюдается повышение содержание обменных форм калия и подвижных форм фосфора в пределах почвенного профиля;

- произошло вторичное окарбонирование верхних генетических горизонтов на фоне выщелоченности нижних переходных гор. BC;

- валовой химический состав почв поселений иллюстрирует границу геоэкологической преоб-

разованности до 72 см, ниже 72 см почвенные гор. Bca и BC в большей степени сохранили свои природные свойства, так как оказались богаче такими оксидами, как Al₂O₃, Fe₂O₃, K₂O, MgO, по сравнению с гумусовыми подгорizontами Ad, Aca и ABca;

- геохимический коэффициент CIA (64,1–60,7%) отражает субгумидные условия выветривания первичных минералов в нижней части почвенного профиля (72–160 см) по сравнению с гумусовыми подгорizontами Ad, Aca, ABca (57,4–54,3%), подверженными эрозионным процессам.

Библиографический список

1. Гугалинская Л. А., Алифанов В. М., Березина А. С., Березин А. Ю., Хисяметдинова А. А., Попов Д. А., Вагапов И. М., Овчинников А. Ю., Кондрашин А. Г., Рапацкая К. М. Палеоэкология почвообразования на финально-палеолитическом поселении Шолма-1 (Приволжская возвышенность, Чувашское плато) // Изв. Самар. науч. центра РАН. 2010. Т. 12, № 1. С. 1006–1010.
2. Ломов С. П., Лыганов А. В., Хисяметдинова А. А., Спиридонова И. Н., Солодков Н. Н. Современные и погребенные почвы курганных захоронений лесостепной зоны Среднего Поволжья (на примере Коминтерновского кургана I) // Почвоведение. 2017. № 5. С. 558–568.
3. Пономаренко Е. В., Пономаренко Д. С., Сташенков Д. А., Кочкина А. Ф. Подходы к реконструкции динамики заселения территории по почвенным признакам // Поволжская археология. 2015. № 1. С. 126–160.
4. Ставицкий В. В. Неолит, энеолит и ранний бронзовый век Сурско-Окского междуречья и Верхнего Прихоперья; динамика взаимодействия культур севера и юга в лесостепной зоне : автореф. дис. ... д-ра ист. наук. Ижевск, 2006. 40 с.
5. Чижевский А. А. Гулюковская III стоянка, экологическая адаптация и факторы хозяйственно-культурного развития // Урал. ист. вестн. 2010. № 2(27). С. 25–30.
6. Чижевский А. А., Галимова М. Ш., Мельников Л. В., Хисамутдинова Р. А. Междисциплинарные исследования Коминтерновского кургана 2 эпохи поздней бронзы и стоянки каменного века // Археология и естественные науки Татарстана : в 4 кн. Казань, 2011. Кн. 4. С. 336–367.
7. Александровский А. Л., Александровская Е. И. Эволюция почв и географическая среда. М., 2005. 223 с.
8. Иванов И. В. Эволюция степной зоны в голоцене. М., 1992. 143 с.
9. Демкин В. А. Палеопочвоведение и археология: интеграция в изучении природы и общества. Пушкино, 1997. 213 с.
10. Дергачева М. И., Васильева Д. И. Палеопочвы, культурные горизонты и природные условия их формирования в эпоху бронзы в степной зоне Самарского Заволжья // Вопр. археологии Поволжья. Самара, 2006. С. 464–476.
11. Чендев Ю. Г. Опыт реконструкции биоклиматических обстановок прошлого по палеопочвенным индикаторам (лесостепь центра Восточной Европы) // Палеопочвы,



природная среда и методы их диагностики. Новосибирск, 2012. С. 181–194.

12. Алексеев А. О., Алексеева Т. В. Оксидогенез железа в почвах степной зоны. М., 2012. 202 с.

13. Калинин П. И., Алексеев А. О. Геохимические характеристики погребенных голоценовых почв степей Приволжской возвышенности // Вестн. ВГУ. Сер. География, геоэкология. 2008. № 1. С. 9–15.

14. Nesbitt H. W., Young G. M. Early Proterozoic climate of sand stone and munstone suites using SiO₂ content and K₂O/Na₂O ratio // J. Geology. 1997. Vol. 105. P. 173–191.

15. Retallack G. Soils and Global Change in the Carbon Cycle over Geological Time // Treatise On Geochemistry. 2003. Vol. 5. P. 581–605.

16. Мерперт Н. Я., Смирнов А. П. Археология и некоторые вопросы почвоведения // Советская археология. 1960. № 4. С. 3–13.

17. Геннадиев А. Н., Жидкин А. П. Типизация склоновых сопряжений почв по количественным проявлениям смыва – намыва веществ // Почвоведение. 2012. № 1. С. 21–31.

18. Гольева А. А. Раскоп ССН вала Болгарского городища // Археологические исследования–2014. Казань, 2015. С. 5–7.

19. Васильева Д. И., Дергачева М. И. Влияние жизнедеятельности человека в местах поселений поздней бронзы, степного заволжья на состав гумуса и свойства почв. Новосибирск, 2003. 20 с.

Образец для цитирования:

Ломов С. П., Чижевский А. А., Спиридонова И. Н. Почвы поселений в окрестностях городища Маклашеевка II лесостепной зоны Среднего Поволжья // Изв. Сарат. ун-та. Нов. сер. Сер. Науки о Земле. 2018. Т. 18, вып. 2. С. 88–96. DOI: 10.18500/1819-7663-2018-18-2-88-96.

Cite this article as:

Lomov S. P., Chizhevsky A. A., Spiridonova I. N. The Soils of Settlements in the Limits of the Maklashcheevka City II of the Forest-steppe Zone of the Middle Volga Region. *Izv. Saratov Univ. (N. S.), Ser. Earth Sciences*, 2018, vol. 18, iss. 2, pp. 88–96 (in Russian). DOI: 10.18500/1819-7663-2018-18-2-88-96.



УДК 504.03:91+551.4.06 (98).4

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И АНТРОПОГЕННЫЕ ПОСЛЕДСТВИЯ ОСВОЕНИЯ ПОЛЯРНЫХ ЛАНДШАФТОВ РОССИИ

Г. П. Скрыльник, П. С. Сорокин

Скрыльник Геннадий Петрович, кандидат географических наук, ведущий научный сотрудник, Тихоокеанский институт географии ДВО РАН, skrylnik@tig.dvo.ru

Сорокин Павел Сергеевич, кандидат географических наук, научный сотрудник, Тихоокеанский институт географии ДВО РАН, Владивосток, pavelesco@mail.ru

Ландшафты полярных стран не являются современными и не вторичны. Их внешний облик и внутреннее содержание создаются в целом вечной мерзлотой (сплошной, прерывистой с таликами и островной). Последняя контролирует и регулирует природные воздействия на ландшафты. В ряде случаев ее собственные деструктивные воздействия на ландшафты усиливаются эндодинамическими рисками (прежде всего, вспышками сейсмичности от 1 до 2 баллов). В то же время полярные ландшафты сильно уязвимы со стороны антропогенных воздействий (механических площадных нарушений почвенно-растительного покрова, пирогенных воздействий, масштабных обводнений территории и др.). При современном освоении полярных территорий необходимо четко просчитывать экологические риски.

Ключевые слова: ландшафты, вечная мерзлота, развитие, потепление климата, риски.

A Modern Condition and Anthropogenic Effects in the Course of Development of the Polar Landscapes of Russia

G. P. Skrylnik, P. S. Sorokin

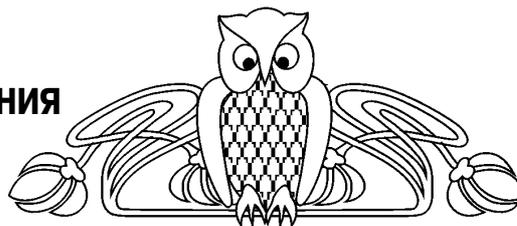
Gennady P. Skrylnik, ORCID 0000-0001-6318-5186 candidate of geographical science, senior staff scientist, Pacific Geographical Institute of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences, 7, Radio, Vladivostok, Primorsky Krai, 690041, Russia, skrylnik@tig.dvo.ru

Pavel S. Sorokin, ORCID 0000-0002-2786-5026, candidate of geographical science, scientist, Pacific Geographical Institute of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences, 7, Radio, Vladivostok, Primorsky Krai, 690041, Russia, pavelesco@mail.ru

The landscapes of polar countries are neither young nor secondary. An external shape and internal composition of polar landscapes are created as a whole by permafrost (continuous, faltering with taliks and island). In some cases, under unfavorable conditions, its own destructive influences on landscapes are strengthened by endodynamic risks (first of all, by seismicity flashes from 1 to 2 points). At the same time polar landscapes are strongly vulnerable from anthropogenic influences (mechanical area destructions of a soil-vegetative cover, pyrogenic influences, large flooding of territories, and others), alien for polar conditions forming the environs. In case of modern development of polar territories, it is necessary to estimate accurately ecological risks.

Key words: landscapes, permafrost, development, climate warming, risks.

DOI: 10.18500/1819-7663-2018-18-2-97-103



Введение

Известно, что комплекс необходимых мер по освоению Арктической зоны России был изложен еще в 2013 году в ряде документов. Указанные меры впоследствии были частично конкретизированы в материалах Научной сессии Общего собрания членов РАН и отделений РАН [1]. Отмечается важная роль изучения, в частности, опасных экзогенных и эндодинамических процессов как составной части комплексного географического анализа и устойчивого развития геосистем [2].

Организация естественных ландшафтов в ходе их развития изначально предопределяется и постоянно контролируется уровнем метеоэнергетики, направленно усложняясь конкретным соотношением тепла и влаги на том или ином ветровом фоне.

Роль ветра, часто незаслуженно умаляемая, в этом ряду принципиально равнозначна и многогранна как средоформирующая. Так, ветер усиливает испарение и тем самым понижает температуру деятельных поверхностей. Возникающий на них дефицит влаги компенсируется в связи с контрастом температурных градиентов подтягиванием снизу вверх дополнительных порций воды. Это в конечном счете интенсифицирует влаго- и теплооборот между климоморфогенной оболочкой и атмосферой. Кроме того, ветер изымает и перераспределяет твердые атмосферные осадки, а также биогенные и минеральные частицы, непосредственно экспонируя и подновляя деятельные поверхности субстратов для агентов физического выветривания. В ходе же опосредованного воздействия на подтягивание влаги к деятельным поверхностям ветер поддерживает и усиливает химическое выветривание горных пород по всей глубине годовых колебаний тепла и влаги. Все это в суммарном итоге существенно изменяет вещественный состав почв и грунтов.

Из всех существующих определений ландшафта как комплексно-единого образования или гармоничного целого [3] наиболее приемлемым в аспекте наших построений является определение Б. Б. Полюнова: ландшафт – результирующая неравновесных межкомпонентных взаимодействий [4]. Ландшафтообразующая роль этих взаимодействий хорошо отражена в содержании «онтологической триады» В. Н. Солнцева [5]: взаимодействие – структура – система. Дополнительно отметим, что организация ландшафтов всегда выступает главным условием их устойчивости и во многом определяет тенденции их развития [6].



Цели и задачи

Все ландшафты Земли развиваются в четырех отличных, диаметрально противоположных природно-климатических обстановках и в конечном счете относятся к четырем основным типам: ксерокриосным, гигрокриосным, ксеротермосным и гигротермосным [7] (рис. 1).

Полярные ландшафты здесь занимают особое место и относятся к следующим двум основным типам: ксерокриосным и гигрокриосным. Они развиваются в четко сформировавшихся природно-климатических обстановках: ксерокриосные – при дефиците тепла и дефиците влаги; гигрокриосные – при дефиците тепла и положительном балансе влаги. При этом все их развитие протекает на соответствующем, чаще повышенном, ветровом фоне.

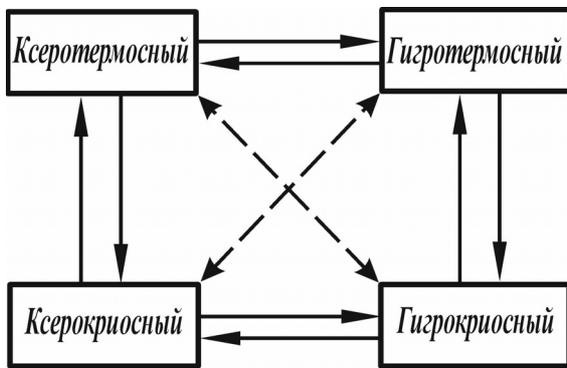


Рис. 1. Принципиальная энергетическая схема организации основных типов ландшафтов (сост. Г. П. Скрыльник)

Методы и материалы

При составлении указанной схемы, в отличие от уже существующих, нами принята и реализована идея о принципиально равнозначной роли тепла и влаги на том или ином ветровом фоне в становлении различных ландшафтов. Правомочность этой позиции подтверждается, в частности, вполне сравнимыми (и максимальными) площадями современного развития ксеротермосного и гигротермосного типов ландшафтогенеза.

Основные типы ландшафтогенеза по своей природе зональны, сравнительно просто организованы и, следовательно, максимально устойчивы, хотя и занимают на Земле различные площади. Набор их основных типов в различных природно-климатических поясах Земли неодинаковый. В одних поясах наблюдается лишь один тип (во влажных тропиках – гигротермосный), а в других – два (в Арктическом и Субарктическом поясе – ксерокриосный и гигрокриосный, образующие полярные ландшафты) или все четыре (в умеренном поясе).

Колебания климата (сезонные, многолетние, вековые и др.) вызывают взаимопереходы между отдельными типами ландшафтогенеза. Необходимо отметить, что эти взаимопереходы могут

возникнуть и при постоянстве зональных характеристик тепла и влаги – только за счет ветровой деятельности. При этом, как правило, лишь типы гигросного подкласса переходят в типы ксеросного подкласса. Последние взаимопереходы характерны для обширных пространств полярных ландшафтов.

Результаты и их обсуждение

Ландшафты полярных стран развивались длительное время (по крайней мере, в течение всего четвертичного периода) в относительно мало меняющихся пространственно-временных рамках «родственных» обстановок полярных поясов (арктического, субарктического и антарктического). Известно [8], что последние, наряду с экваториальным поясом, являются наиболее однородными частями комплексной физико-географической оболочки (КФГО), что предопределено однородностью отмечаемого здесь количества и соотношения тепла и влаги. Это прямо проявляется в том, что каждый из указанных поясов состоит только из одной природной зоны. Так, арктический пояс, в частности, представлен зоной арктических пустынь (с двумя подзонами – ледяных и каменных пустынь, развивающихся в соответствующих гигрокриосных и ксерокриосных обстановках), а субарктический – зоной тундр (см. рис. 1–3). Для арктического пояса, например, характерны крайне низкие гидротермические показатели на относительно высоком и преобладающе продолжительном ветровом фоне. Основой организации полярных ландшафтов является радиационный баланс ниже $10 \text{ ккал/см}^2 \times \text{год}$; средние температуры приземного воздуха самого теплого месяца ниже $+5^\circ\text{C}$ (чаще $1-3^\circ\text{C}$), а на почве, как правило, отрицательные; продолжительность безморозного периода в воздухе всего 25–35, а на почве от 0 до 20 дней в году и повсеместно частые переходы температуры через 0°C (на почве сотни раз); среднемесячное количество осадков в отдельных районах 10–20 мм, а среднегодовое около 150 мм; среднемесячные и среднегодовые скорости ветра чаще более 5 м/с, при которых значительные объемы снега сдуваются с островов на акватории и т. д. [8]. Так, в условиях каменных пустынь отмечаются почти полное отсутствие высших растений при господстве мхов и накипных лишайников, активное протекание процессов температурного и морозного выветривания и морозобойного трещинообразования, господство микрополигональных грунтов и сплошной низкотемпературной вечной мерзлоты с малым деятельным слоем.

В становлении и пространственно-временном развитии полярных ландшафтов одним из главных факторов выступает криосфера – частная географическая оболочка, отличающаяся крайней подвижностью и особой формой организации материи (прежде всего, присутствием воды в жидком, твердом и (или) газообразном агрегатном состоя-



Рис. 2. Общий вид низкогорной части Чукотского нагорья (со снежниками на склонах восточной экспозиции и с участками каменистой тундры), предгорной равнины и долины р. Танюер, занятых лесотундровым ландшафтом. Снимок выполнен в направлении с юга на север (начало августа 1972 г.). Фото Б. И. Втюрина



Рис. 3. Водораздельные пространства в среднем течении рек Танюер и Канчалан (на переднем плане следы пожара на участках лесотундры). Снимок выполнен в направлении с юга на север (начало августа 1972 г.). Фото Г. П. Скрыльника

нии) и обладающая собственной массой и энергией. Наиболее яркие физиономические черты криосферы, бесспорно, выражены в таком образовании, как вечная мерзлота (модификация наземного оледенения). Именно динамика последней в ходе энергетических трансформаций (ее деградации или аградации) контролирует и динамику полярных ландшафтов. Так, аккумуляция и консервация химической энергии (как части солнечной энергии, сохранившейся в гумусовом горизонте) в пределах криосферы происходят значительно в больших масштабах и на более длительное время, чем за ее пределами. То же относится к гравитационной энергии. Одновременно изымается значительный

объем воды из круговорота между сушей и океаном, а также аккумулируется твердое вещество из-за деятельности живых организмов. Следовательно, при динамике криосферы в сторону ее сокращения может освобождаться и подвергаться дальнейшим превращениям значительное количество свободной энергии (химической и гравитационной), ранее законсервированной, вместе с этим активизируются и многие природные процессы в полярных ландшафтах (увеличивается объем вещества, сносимого с суши в океан и т. д.), снижая их устойчивость.

Природные риски «проявляются» в естественных и (или) антропогенных обстановках и условиях как результат определенного усложне-



ния комплекса системообразующих факторов и процессов: типичных (в частности, из-за кумулятивного эффекта их воздействий) и экстремальных (из-за перехода критических в кризисные). Именно различные их воздействия и взаимодействия определяют те или иные уровни возможных «природных рисков» для человека со стороны экзо- и эндодинамической опасности.

Среди мерзлотных процессов, в порядке значимости по наибольшему системному воздействию на полярные ландшафты выделяются термокарст и морозобойное трещинообразование (как равноправные), а затем солифлюкция, наледо- и курумообразование.

В пространственном отношении типы вечной мерзлоты в Арктике представлены: сплошной разновидностью (по горизонтали и вертикали); прерывистой по горизонтали (с редкими или многочисленными таликами) и (или) по вертикали (мерзлые горизонты разделены талыми) и островной.

Полярные ландшафты испытывают существенное влияние и сейсмических процессов, которое в условиях мерзлотных обстановок протекает по-разному [9]: в первой из указанных разновидностей вечной мерзлоты возможно снижение балльности на 1–2 единицы; во второй – может быть резкое искажение изосейсмального поля в широких пределах; в третьей, где велика вероятность резонансных и кумулятивных явлений, сейсмическая балльность может увеличиваться от 1 до 3. В итоге региональные особенности территории могут значительно усилить или ослабить проявления эндодинамических опасностей от землетрясений.

Кроме вечномерзлых пород на степень потенциальной эндодинамической опасности, хотя и в меньшей мере, влияют: нивально-гляциальные образования (повышенная мощность снежного покрова и горных ледников, курумы и каменные глетчеры, и др.), создающие дополнительную нагрузку на поверхность ландшафтов; слоистость и неустойчивое состояние верхних горизонтов земной коры, а также антропогенные образования – крупные водохранилища [10].

Таким образом, воздействия на ландшафты мерзлотных и эндодинамических факторов и процессов являются прямыми и обратными.

В организации полярных ландшафтов проявляются структурные простые, но жесткие связи. Они как раз и обеспечивают устойчивость ландшафтов по отношению к обычным для характерных обстановок естественным воздействиям (типичным, критическим и, реже, кризисным). Не выдерживают они только катастрофических воздействий (резкого и значительного потепления и повышенного выпадения атмосферных осадков). Такие воздействия вполне возможны при дальнейшем усилении глобального потепления климата. В то же время эти ландшафты сильно уязвимы со стороны антропогенных воздействий

(механических площадных нарушений почвенно-растительного покрова, пирогенных воздействий, масштабных обводнений территории и др.), чуждых полярным средоформирующим обстановкам [11, 12].

Хозяйственная деятельность человека вносит существенные коррективы в динамику криосферы, вечной мерзлоты и, естественно, полярных ландшафтов. Это вызывается изменениями складывающегося естественным путем баланса тепла и влаги. Все это происходит в следующих направлениях:

- в изменении приходорасходных частей гидротермического баланса территории (из-за вырубки лесов, распашки лугов и снятия дерна, удаления снега, затенения или планации земной поверхности, спуска озер или устройства водохранилищ и других);

- в изменении на больших площадях вещественного состава почво-грунтов (из-за возведения насыпей, дамб и плотин; вскрышных работ, в ходе разработки полезных ископаемых открытым способом; и т. д.);

- в создании искусственных источников тепла (в ходе сооружения отапливаемых зданий и теплоцентралей, спуска теплых промышленно-бытовых вод, палов; и т. д.).

Вмешательство человека в естественную природную обстановку развития полярных ландшафтов чаще всего проявляется в нарушениях растительного покрова – наиболее динамичного природного компонента. Его механические и тепловые нарушения вызывают активизацию термокарстовых процессов и просадок местности. Пирогенные воздействия при этом являются разноплановыми, но по своему эффекту занимают одно из важных мест.

Выгорание кустарникового и травянисто-кустарничкового покрова приводит к усилению жесткости температурных условий в почвогрунтах; возрастанию морфогенетического эффекта морозобойного трещинообразования и формированию более низких температур вечномерзлых толщ. В теплый период года это явление служит толчком к активизации оплывинно-солифлюкционных и собственно солифлюкционных движений грунта на склонах, к началу интенсивного термокарста в пределах развития полигонально-жильных льдов и т. д.

Хозяйственная деятельность в Арктике предполагала ранее сооружение ГЭС и проведение многокилометровых ЛЭП. В этом случае на громадных площадях (полосой в несколько сот метров в обе стороны от ЛЭП) должны были возникнуть явления, связанные с так называемым эффектом биологической стимуляции электрической короной. В итоге растительность стала бы отличаться повышенной продуктивностью, в связи с чем возросла степень затенения земной поверхности и усилилось снегозадержание, а с другой – более интенсивное накопление орга-

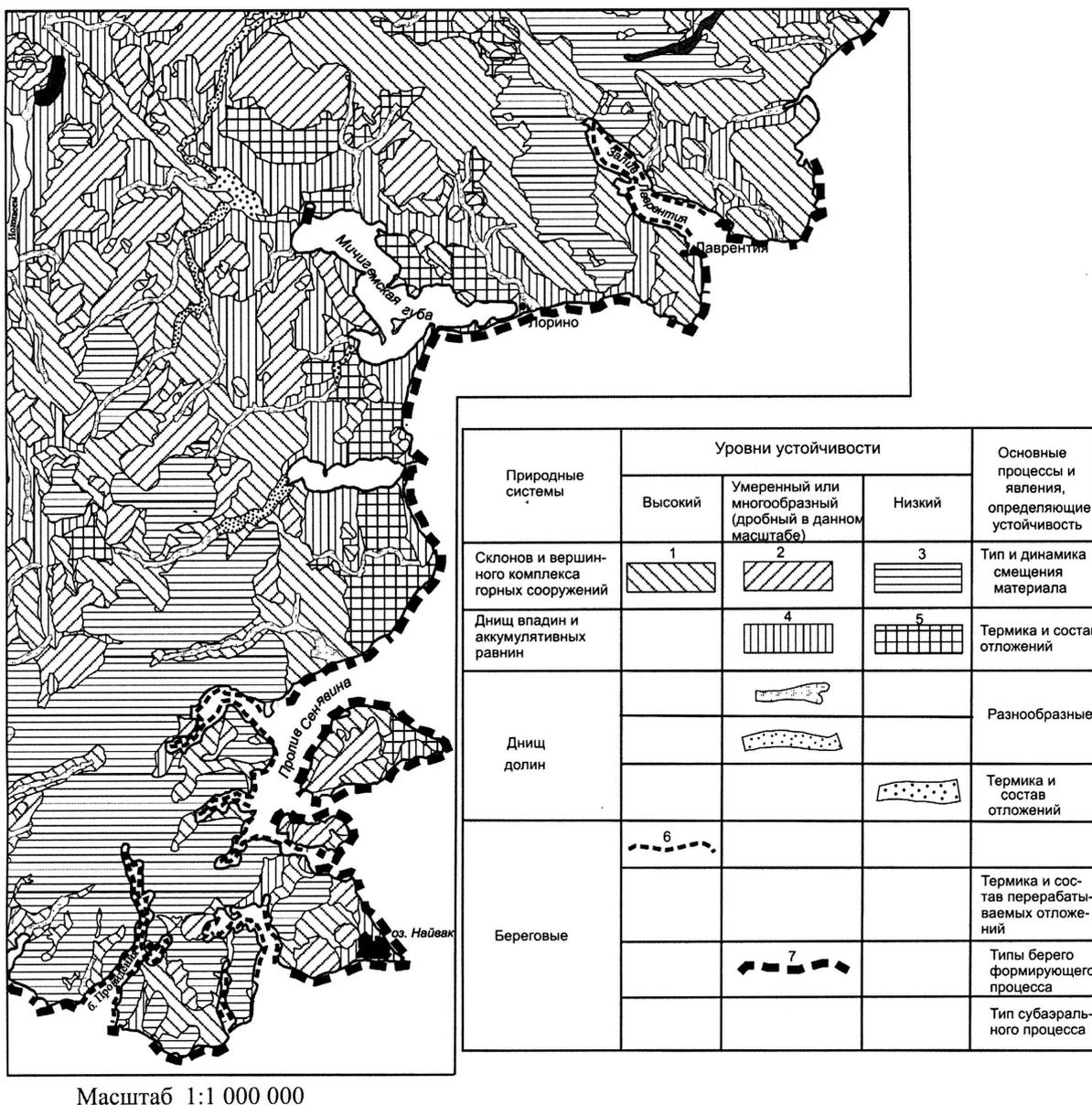


ники на поверхности привело бы к изменению подернового и внутригрунтового стока. Это должно было вызвать разнонаправленные колебания мощности деятельного слоя и нарушения термодинамического состояния вечной мерзлоты, что, в свою очередь, привело бы к локальной ее деградации или аградации.

Возведение водохранилищ одновременно с постройкой ГЭС приводит к нарушению состояния вечномерзлых толщ из-за изменения их среднегодовых температур в подошве слоя годовых колебаний. Так, до постройки Анадырского водохранилища в среднем течении р. Казачки эти температуры были равны в среднем -4°C , а после постройки -0°C [11].

При этом, в частности на Чукотке, в обстановке намечающейся «континентализации» климата и предполагаемой заповедности территории природные риски снижаются, а геосистемы здесь, как правило, будут сохранять свою изначальную устойчивость (рис. 4).

Устройство временных дорог в равнинной тундре приводит не только к механическому разрушению травяно-мохово-торфяного покрова, десятилетиями не восстанавливающегося. Глубокие колеи от тракторов и вездеходов (фактически единственного наземного транспорта в тундре) являются путями стока талых и дождевых вод. Такие «следы» быстро превращаются в широкие водородины и овраги. В результате ежегодного



Масштаб 1:1 000 000

Рис. 4. Фрагмент карты районирования по устойчивости природных систем Восточной Чукотки (сост. И. И. Крылов, Г. П. Скрыльник [14]). Условные обозначения: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 – показатели уровней устойчивости ландшафтов, плавно изменяющиеся от высоких значений к низким



прокладывания на новых местах временных дорог по соседству с прежними вокруг большинства северных поселков тундра «распахана» и представляет собой обширные пространства, лишённые растительного покрова и изобилующие рытвинами, водороевами, провалами, оврагами и термокарстовыми озерами самых различных (от овальных до прямоугольных) очертаний. Причем во многих местах (например, вокруг поселков м. Шмидта, Певека, Депутатского, Шахтерского) процессы оврагообразования, термокарста, солифлюкции, морозобойного трещинообразования протекают дальше уже без вмешательства человека.

Строительство жилых поселков в пределах северных аллювиальных равнин, сложенных очень льдистыми грунтами [13], сопряжено с большими трудностями. Связано это с антропогенной активизацией многих мерзлотных процессов (в первую очередь, термокарстовых, особенно из-за выведения на поверхность и таяния полигонально-жилых льдов), протекающих с особой быстротой и усложняющих условия строительства и эксплуатацию сооружений.

Спуск теплых промышленно-бытовых вод в ручьи, озера, отдельные замкнутые западины приводит к заглублению здесь верхней кровли вечной мерзлоты и увеличению мощности деятельного слоя. Это активизирует термокарстовые (причина провалов) и оплывинно-солифлюкционные процессы (результат – понижение устойчивости сооружений).

При разработке месторождений полезных ископаемых открытым способом особенно будут активизироваться процессы физического выветривания горных пород, морозобойного трещинообразования и оплывинно-солифлюкционные движения грунтов на склонах.

Выводы

Таким образом, в результате хозяйственного освоения северных территорий и усиливающегося вмешательства в их естественную природную обстановку будут активизироваться все мерзлотные процессы при ведущей роли термокарста. В зависимости от форм вмешательства человека нарастание активности большинства мерзлотных процессов, приводящих к нежелательным последствиям в практике народного хозяйства, будет происходить чаще скачкообразно. Эти процессы могут усилиться из-за возрастания напряженности естественных и антропогенных аномальных явлений и процессов: глобальных – потепление климата и прогнозируемое повышение уровня океана [15]; континентальных – динамика границ природных зон, а также региональных – направленное изменение соотношений океанических и континентальных влияний; локальных – колебания устойчивости ландшафтов и смена типов природопользования [14].

В целом, пережив на протяжении длительного времени развития многие естественные катаклизмы, полярные ландшафты интенсивно разрушаются даже от относительно незначительных антропогенных воздействий, когда активизируются кризисные и катастрофические процессы, прежде всего термокарст, термоэрозия и термоабразия. Такие риски заметно повышаются в связи с разработкой новых нефтяных и газовых месторождений в Арктике и последующим их освоением (в сопровождении площадных нарушений почвенно-растительного покрова) без учета структуры и функционирования полярных ландшафтов.

Устойчивость природных систем сильно зависит от места, объектов, типа и масштабов антропогенного вмешательства. Следовательно, при современном освоении полярных территорий необходимо четко просчитывать экологические риски и с их учетом стремиться не просто сохранить ландшафты в первоизданном виде, а нормализовать природные обстановки для снятия деструктивных явлений.

Актуальность комплексной оценки изменений полярных ландшафтов (в частности, из-за колебаний климата в XX–XXI вв.) сейчас резко возрастает. Ее результаты являются также базой построения отдельных сценариев возможного переформирования организации ландшафтов в условиях глобального потепления климата. Все эти выводы находятся в рамках решения, прежде всего, региональной проблемы устойчивого развития территорий Севера.

Библиографический список

1. Научно-технические проблемы освоения Арктики. М., 2015. 490 с.
2. Бакланов П. Я., Романов М. Т. Геополитические факторы долгосрочного развития арктических районов России // Вестн. СВНЦ ДВО РАН. 2015. № 1. С. 95–99.
3. Берг Л. С. Географические зоны Советского Союза. М., 1947. 397 с.
4. Польнов Б. Б. Избранные труды. М., 1956. 751 с.
5. Солнцев В. Н. Хроноорганизация географических явлений // Вопросы географии. М., 1981. Вып. 117 : Геофизика ландшафта. С. 40–68.
6. Короткий А. М., Скрьльник Г. П. Особенности организации природных ландшафтов Приморья // Закономерности строения и эволюции геосфер : материалы V междунар. междисциплинарного симпозиума. Владивосток, 2000. С. 302–304.
7. Скрьльник Г. П. Принципиальная схема типов климоморфогенеза // Исследования глобальных факторов климоморфогенеза Дальнего Востока. Владивосток, 1979. С. 47–50.
8. Краткая географическая энциклопедия : в 4 т. Т. 2. / гл. ред. акад. А. А. Григорьев. М., 1961. 380 с.
9. Сейсмическое районирование Восточной Сибири и его геолого-геофизические основы / отв. ред. В. П. Солоненко. Новосибирск, 1977. 302 с.



10. Мясников Е. А., Сорокин П. С. Морфоструктурно-сейсмогеологические и физико-географические аспекты проявлений опасных эндодинамических процессов дальневосточного сектора Арктики // Вестн. Том. гос. ун-та. 2015. Т. 400, № 11. С. 381–392.
11. Иванец Б. С., Иванец Р. В., Скрьльник Г. П. Естественные и антропогенные тенденции развития вечной мерзлоты Анадырской тундры // Природа и Человек. Владивосток, 1973. С. 117–128.
12. Капица А. П., Никольская В. В., Скрьльник Г. П. О теоретических основах и значении многолетне-го прогноза развития рельефа Дальнего Востока // Природа и Человек. Владивосток, 1973. С. 109–112.
13. Втюрин Б. И. О происхождении залежей подземного льда в районе поселка Анадырь // Проблемы Севера. М., 1963. Вып. 3. С. 94–104.
14. Каплин П. А. Прогнозные карты устойчивости природных комплексов морских побережий в XXI веке // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5, География. 1995. № 1. С. 30–36.
15. Крылов И. И., Скрьльник Г. П. Рельеф и устойчивость геосистем Восточной Чукотки // Географические исследования на Дальнем Востоке : материалы науч. конф., посвящ. 150-летию образования РГО. Владивосток, 1997. С. 31–33.

Образец для цитирования:

Скрьльник Г. П., Сорокин П. С. Современное состояние и антропогенные последствия освоения полярных ландшафтов России // Изв. Саратов. ун-та. Нов. сер. Сер. Науки о Земле. 2018. Т. 18, вып. 2. С. 97–103. DOI: 10.18500/1819-7663-2018-18-2-97-103.

Cite this article as:

Skrylnik G. P., Sorokin P. S. A Modern Condition and Anthropogenic Effects in the Course of Development of the Polar Landscapes of Russia. *Izv. Saratov Univ. (N. S.), Ser. Earth Sciences*, 2018, vol. 18, iss. 2, pp. 97–103 (in Russian). DOI: 10.18500/1819-7663-2018-18-2-97-103.



УДК 551.4.013:551.43(470.44)

ПОСТРОЕНИЕ ГИДРОЛОГИЧЕСКИ-КОРРЕКТНОЙ ЦИФРОВОЙ МОДЕЛИ РЕЛЬЕФА (на примере Саратовской области)

А. Н. Чумаченко, Д. П. Хворостухин, В. А. Морозова

Чумаченко Алексей Николаевич, доктор географических наук, профессор кафедры геоморфологии и геоэкологии, Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского, chumach1313@mail.ru

Хворостухин Дмитрий Павлович, старший преподаватель кафедры геоморфологии и геоэкологии, инженер лаборатории геоинформатики и тематического картографирования, Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского, khvorostukhin89@mail.ru

Морозова Валерия Андреевна, ассистент кафедры геоморфологии и геоэкологии, Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского, riukarin@gmail.com

В статье представлен алгоритм построения гидрологически-корректной цифровой модели рельефа. Приведены основные тематические термины и определения. Проведено построение сети водотоков на территории Саратовской области и построение водосборных бассейнов рек с помощью ГИС-технологий. Отработан алгоритм построения зон затопления территории для выявления наиболее уязвимых объектов.

Ключевые слова: цифровая модель рельефа, геоинформационное моделирование, гидрологическая модель, моделирование водотоков, зоны затопления.

Construction of a Hydrologically-correct Digital Terrain Model (Using the Example of Saratov Region)

A. N. Chumachenko, D. P. Khvorostukhin, V. A. Morozova

Aleksey N. Chumachenko, ORCID 0000-0002-9482-1496, Saratov State University, 59, Universitetskaya Str., 410012, Russia, chumach1313@mail.ru

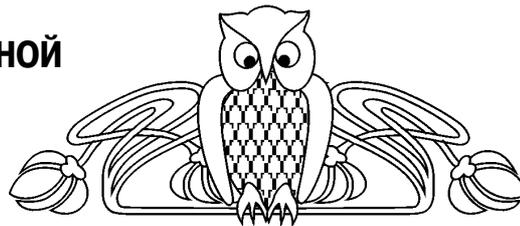
Dmitriy P. Khvorostukhin, ORCID 0000-0002-5146-7773, Saratov State University, 61, Moskovskaya Str., 410012, Russia, khvorostukhin89@mail.ru

Valeriya A. Morozova, ORCID 0000-0002-5768-1201, Saratov State University, 59, Universitetskaya Str., 410012, Russia, riukarin@gmail.com

The article provides an algorithm for constructing of hydrologically correct digital terrain model. The main thematic terms and definitions are given. The construction of watercourse network on the territory of Saratov region and construction of watershed basins has been carried out by GIS-technologies. An algorithm for constructing flood zones of the territory has been developed to identify the most vulnerable objects.

Key words: digital terrain model, geoinformation modelling, hydrological model, construction of watercourse network, flood zones.

DOI: 10.18500/1819-7663-2018-18-2-104-109



Изучение речных бассейнов – неотъемлемая часть географических исследований и ключ к решению многих задач территориального анализа и планирования. Бассейновый подход важен как при комплексном исследовании территории, так и при изучении отдельных природных или природно-антропогенных явлений. Особенно эффективным представляется использование этого подхода при изучении опасных природных процессов. К таким явлениям, в частности, относятся наводнения (подъем уровня воды) на реках [1].

Наводнения представляют существенный риск и угрозу для жизнедеятельности человека. Они могут привести к повреждению и разрушению зданий, нарушению работы объектов инфраструктуры, ускоренному развитию экзодинамических процессов (абразия, оползание и т. п.) и многим другим опасным для человека последствиям.

Характерны эти явления и для рек Саратовской области. По повторяемости (раз в 4 года), площади распространения и суммарному материальному ущербу в масштабах Саратовской области наводнения занимают первое место среди прочих чрезвычайных ситуаций на водных бассейнах: лесные пожары в бассейнах рек, оползни, снежные заносы, ураганы и штормовые ветры [2]. Традиционно в области от наводнений страдает более половины муниципальных районов [3].

По степени опасности подъема воды в реках выделяют шесть типов районов:

– чрезвычайно опасные, где максимальные уровни воды более чем на 3,2 метра превышают уровни начала затопления прибрежных территорий;

– весьма опасные, где максимальные уровни на 2,1–3,2 м превышают уровни начала затопления;

– опасные, где максимальные уровни на 1,5–2,0 м превышают уровни начала затопления;

– умеренно опасные, где максимальные уровни на 0,8–1,4 м превышают уровни начала затопления;

– малоопасные, где максимальные уровни на 0,3–0,7 м превышают уровни начала затопления;

– незначительные, где максимальные уровни менее чем на 0,3 м превышают допустимую норму [4].

Саратовскую область можно отнести к опасному типу районов «с периодическим проявлением характера, соответствующего весьма опасному типу».



Для разработки необходимых защитных мер от затоплений нужно иметь четкое представление об изучаемой территории. Анализ данных за 2000–2016 гг., полученных из различных источников [5–6], позволил определить реки Саратовской области, наиболее подверженные наводнениям, и отметить территории, которые чаще всего затопляются (покрытие водой днища долины или территории, прилегающей к реке) [7].

Анализ зон затопления в различные годы, конечно же, позволяет сделать некий прогноз будущих разливов рек. Однако провести качественную оценку риска затопления территорий, опираясь только на эти данные, невозможно. Нужен серьезный анализ совокупного действия причин, вызывающих затопления, и изучение факторов, в той или иной степени влияющих на это явление.

К основным причинам, вызывающим затопления, относятся: обильные осадки, провоцирующие паводки; заторы на реках, способствующие резкому подъему уровня вод в реках; традиционное половодье, вызванное быстрым таянием снега в весенний период; загромождение живого сечения русла реки во время ледохода и стеснение живого сечения – затор; зажоры – закупорка живого сечения реки в период начала осеннего или зимнего ледостава массой внутриводного льда, шуги, обломков заборов или небольших льдин. Это, по сути, основные причины, определяющие возможность подъема воды в реках.

При анализе необходимо рассматривать и группу факторов, непосредственно влияющих на уровень подъема воды в реке:

- высота и структура рельефа территории;
- тип и размер водосборного бассейна рек;
- средний многолетний уровень воды в реке;
- влагозапас снежного покрова перед началом весеннего снеготаяния;
- осадки в период снеготаяния и половодья;
- осеннее и зимнее увлажнение почвы к началу весеннего снеготаяния;
- глубина промерзания почвы к началу таяния снежного покрова [8].

Одним из наиболее важных факторов является рельеф территории. Его анализ является необходимым при изучении причин, последствий затопления и выработки эффективных мер борьбы с данным неблагоприятным для жизнедеятельности человека процессом.

Последние годы изучение особенностей рельефа территории и его влияния на различные процессы и явления в основном базируется на построении и анализе цифровых моделей рельефа (ЦМР). Под ЦМР обычно понимают непрерывное цифровое представление топографической поверхности в виде регулярной сети ячеек. Основными источниками данных для построения такой модели служат аэрофотосъемка, космосъемка, полевые работы, гидролокационные съемки и т. д. По форме представления ЦМР делятся на регулярные и нерегулярные модели: первые представляют

собой GRID поверхность (значения интерполируются по высотам в нескольких соседних ячейках), вторые – TIN поверхность (построенные на основе триангуляции Делоне).

Однако далеко не всегда цифровые модели рельефа можно использовать для решения широкого круга задач из-за наличия неточностей и артефактов. В частности, для анализа наводнений, моделирования зон затопления, проведения различных гидрологических расчетов необходимо создание гидрологически-корректной цифровой модели рельефа (гидро-ЦМР). Гидро-ЦМР представляет собой модель, в которой форма и направление смоделированных водотоков совпадают с реальными в пределах исследуемой территории. Результатом построения такой модели является отражение настоящего характера движения водных потоков.

Такая модель, в отличие от обычной ЦМР, позволяет проводить построение наиболее корректных морфометрических карт, определять границы водосборных бассейнов, моделировать гидрографическую сеть с определением порядков водотоков, строить зоны потенциального затопления территории и т. д.

Для апробации алгоритма построения подобной цифровой модели на территорию Саратовской области в качестве исходной информации были взяты данные радарной топографической съемки SRTM 1 с разрешением 30 м, или одна угловая секунда. Разрешение и точность данной модели вполне подходят для построения зон потенциального затопления. При проведении исследования также рассматривались другие глобальные ЦМР, например ASTER GDEM, однако из-за наличия некоторых артефактов они оказались непригодны для построения Гидро-ЦМР в пределах Саратовской области. Для создания модели был выбран программный комплекс ESRI ArcGIS [9], а также использовались методики, указанные в источниках [10–12].

Первое, на что следует обратить внимание при работе с SRTM, это то, что эти данные получены при радарной интерферометрической съемке земной поверхности, поэтому они фактически являются цифровой моделью местности, а не рельефа, т. е. в них учтены объекты, находящиеся на земной поверхности, например здания, растительность и т. д. Поэтому каждый раз необходима соответствующая корректировка данных на каждом конкретном участке территории.

Второй важный момент при работе с SRTM – множественные артефакты и ошибки в значениях высот. Чтобы максимально приблизить модель к действительной поверхности рельефа, нужно заполнить все локальные понижения (некорректные области внутреннего стока) и устранить погрешности и неточности в значениях ячеек раstra. Если не выполнить описанные выше операции, то в дальнейшем при моделировании сеть водотоков может иметь разрывы, что, безусловно, является недопустимым.



Первым шагом при корректировке данных SRTM является устранение всех ошибочных локальных понижений модели. На первом этапе заполняются локальные понижения от 0,1–0,5 м, т. е. устраняются ошибки исходной модели. На втором этапе ликвидируются максимальные отклонения модели от поверхности рельефа, которые выявляются путем сравнения модели с данными топографических карт. После проведения этой операции можно перейти к дальнейшему анализу ЦМР.

Для оценки зон затопления территории в программном комплексе ESRI ArcGIS необходимо провести несколько операций, взаимосвязанных между собой (рис. 1):

- определить направление стока;
- определить суммарный сток;
- выделить линии водотоков;
- выделить звенья водотоков;
- определить порядки водотоков;
- определить границы водосборных бассейнов.

В рамках первой операции определялись направления стока в каждой ячейке модели путем анализа углов и экспозиций склонов, определенных по ЦМР.

Вторая операция – вычисление суммарного стока, т. е. количества всех ячеек, чей сток попадает в ячейку, лежащую ниже по склону. Ячейки с самым большим значением суммарного стока образуют некие линии, выделяющиеся относительно всего остального фона. Эти линии послужат каркасом для создания в дальнейшем сети водотоков. Ячейки, суммарный сток которых принимает значение «0», – это территориальные «пики» (возвышения), с помощью которых визуализируются линии водоразделов.

Для создания раstra, содержащего информацию о форме водотоков, необходимо провести

третью операцию – перекодировку, т. е. задать некое пороговое значение показателя суммарного стока, при котором ячейка будет считаться водотоком. Экспериментальным путем авторами данной статьи установлено, что для наших данных оптимальный нижний порог значения суммарного стока равен 100. При такой величине показателя сеть водотоков получается достаточно подробной для проведения дальнейших расчетов, при этом образуется минимальное количество артефактов – некорректных водотоков.

Описанные выше три операции преобразования исходных данных составляют основу для построения новой гидрологически-корректной ЦМР. После их проведения можно приступить к четвертой операции – выделению звеньев на основе раstra водотоков. Звено водотока – это участок, ограниченный истоком или устьем либо местами впадения в него других водотоков. В результате получим гидрологическую сеть на территорию Саратовской области и прилегающие к ней территории. Однако она не имеет никакой классификации и упорядоченности. Поэтому необходимо выполнить пятую операцию – определить порядок имеющихся водотоков на основе метода Страллера – Философова, по которому порядок повышается только в случае слияния водотоков с одинаковым порядком (например, при слиянии двух водотоков с порядком 3 образуется 4-й порядок).

Завершающим этапом будет служить автоматизированное выделение водосборных бассейнов. Однако для этого в ArcGIS необходимо обозначение «точек устьев» – мест впадения одного водотока в другой. К сожалению, в данном программном комплексе такая операция проводится вручную с помощью инструмента «Snap Pour Point». Он используется для выбора точек с максимальным суммарным стоком при построении водосборных



Рис. 1. Алгоритм построения гидрологически-корректной ЦМР и проведения гидрологических операций



бассейнов. Данный инструмент будет выполнять поиск ячеек с наивысшим суммарным стоком в пределах величины допуска вокруг заданных точек устьев и сдвигать их, т. е. фактически привязывать к ячейке с наибольшим суммарным стоком в пределах заданного расстояния.

Так как объектом нашего исследования является довольно обширная территория, а следовательно, и разветвленная сеть водотоков, выделить все точки устьев вручную не представляется возможным. В связи с этим нами было принято решение на завершающем этапе воспользоваться инструментарием другого открытого ПО – QGIS – с последующей конвертацией данных обратно в ArcGIS.

В QGIS был задействован модуль SAGA, оператор «Watershed basins» с минимальным размером для выделения бассейна 500 км², наиболее подходящим для Саратовской области, что было установлено экспериментальным путем. Результатом проведения данной операции являются растровые границы водосборных бассейнов.

После преобразования растрового изображения в векторное (посредством функции – «raster to vector») стоит обратить внимание на то, что полученные области имеют пиксельные дефекты контуров. Для того чтобы получить более сглаженные границы водосборных бассейнов, применяется инструмент «генерализация» из инструментария GRASS. После преобразования получаются более корректные границы.

При сравнении имеющихся векторных картографических слоев речной сети и границ речных бассейнов Саратовской области, с одной стороны,

и смоделированных водосборных бассейнов – с другой, можно наблюдать, что при использованных параметрах моделирования они очень близки между собой по конфигурации. Таким образом, учитывая предыдущий опыт создания подобных гидрологически-корректных ЦМР и построения речных бассейнов, описанный в источнике [13], можно утверждать, что подобное построение гидро-ЦМР на основе данных SRTM 1 в геоинформационной среде является достаточно точным и пригодным для моделирования водотоков и речных бассейнов. С помощью полученных данных можно проводить ряд гидрологических операций: расчет густоты речной сети в пределах водосборных бассейнов, определение их площадей, расчет зон затопления и пр.

Чтобы оценить точность полученной модели, проведем сравнительный анализ речной сети Саратовской области, отображенной на топографической карте масштаба 1 : 100 000 (серый сплошной цвет на рис. 2), и построенных по гидро-ЦМР водотоков (черный пунктир на рис. 2). Очевидно, что конфигурация смоделированных водотоков несколько отличается от данных карты, однако необходимо отметить, что в целом форма водотоков соответствует действительности. Разумеется, сеть построенных водотоков является более разветвленной за счет того, что учитываются не только реки, но и вся остальная эрозионная сеть (овраги, балки, промоины и т. д.).

Еще одной гидрологической операцией, проводимой на основе гидро-ЦМР, является построение зон потенциального затопления. Для выпол-

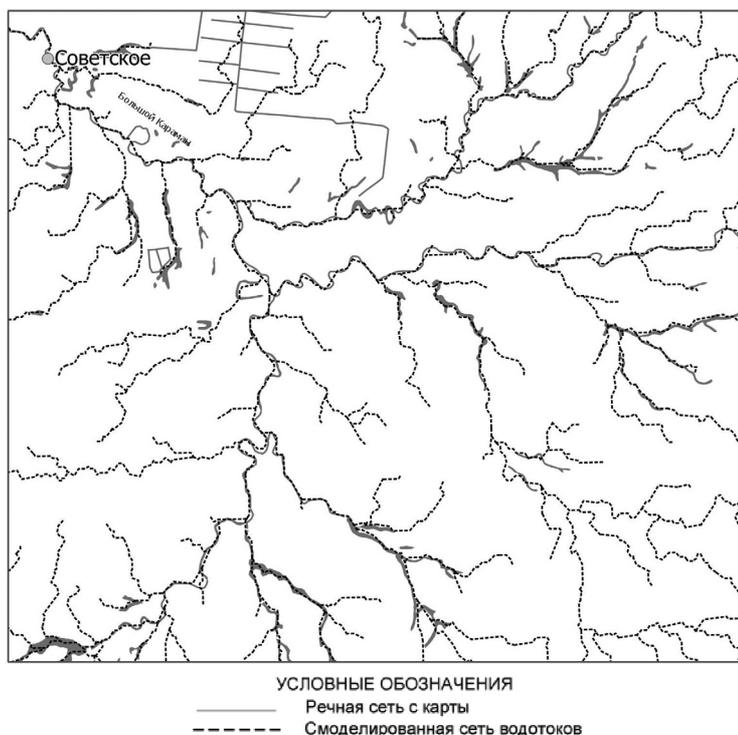


Рис. 2. Сравнение контуров смоделированной сети водотоков с сетью водотоков на топографической карте масштаба 1 : 100 000



нения данной операции необходимо определение территории, находящейся ниже максимального уровня воды в период паводка или половодья.

В рамках нашего исследования гидро-ЦМР Саратовской области разбивалась на несколько модельных участков, находящихся в непосредственной близости от гидрологических постов. Далее с помощью сведений об уровнях воды в период паводка определялись участки территории, находящиеся ниже уровня максимального подъема воды за определенный период. Полученные области и являются зонами потенциального затопления для конкретного уровня воды.

В качестве примера были выбраны территории вблизи населенных пунктов пгт. Лысье Горы и г. Балашов, находящиеся на реках Медведица и Хопер соответственно. Данные территории отличаются регулярным высоким подъемом уровня воды в период весеннего половодья. Сравнивая полученные зоны потенциального затопления с фактическими, определенными по космоснимкам за период с 1 марта по 30 июля 2016 г., можно утверждать, что построенная модель вполне адекватно отражает границы затопления территории (рис. 3).

Как отмечалось ранее, SRTM в формализованном виде является цифровой моделью мест-

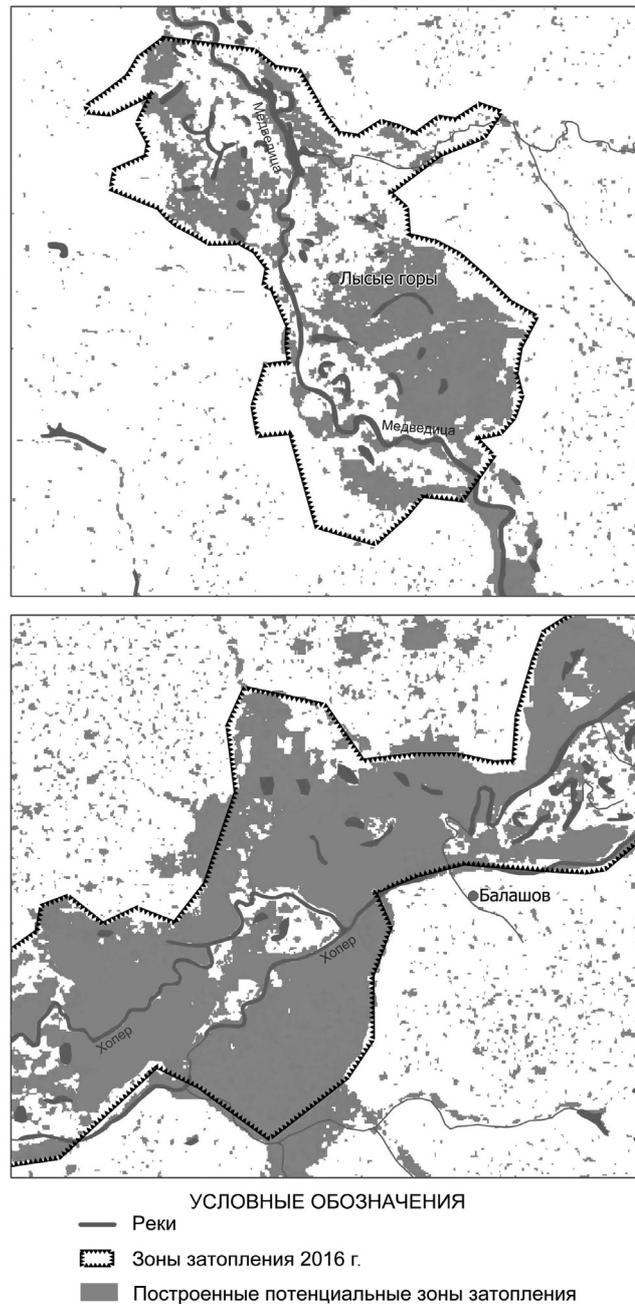


Рис.3. Фактические и смоделированные зоны затопления территории в пределах гидропостов Лысье горы и Балашов



ности (ЦММ), а не цифровой моделью рельефа (таковой ее можно рассматривать только для безлесных и незастроенных территориях). Поэтому на участках с обилием лесной растительности (например, байрачные леса в пгт. Лысые горы) зоны затопления выделяются менее точно, так как кроны деревьев мешают верно оценить рельеф участка. В связи с этим возникают погрешности в определении зон потенциального затопления.

На территориях без обильной растительности (например, степная зона в г. Балашов) затопление моделируется более корректно. Таким образом, для улучшения качества моделирования необходимо использовать гибридную модель рельефа, сочетающую в себе пространственный охват ЦММ и точность ЦМР. Для того чтобы добиться такой основы, необходимо комплексировать данные SRTM1 с данными топографических карт масштаба 1:100 000 и крупнее.

Важным фактором является наличие гидрологического поста вблизи моделируемой территории для оценки возможного уровня поднятия воды. В связи с этим наиболее интересными для моделирования участками являются бассейны рек Большой Иргиз, Хопер, Медведица и ее притоков: Аткары, Идолги, Баланды, Карамыша и Терсы.

Безусловно, данный метод определения зон потенциального затопления имеет ряд недостатков. Не учитываются такие важные параметры, как скорость течения, конфигурация русла, уклон реки и т. д. Однако очевидно, что на небольших по площади территориях данный метод может быть использован для оценки площади затопления территории при определенном прогнозируемом поднятии уровня воды.

Таким образом, гидро-ЦМР, построенная на основе SRTM1 и данных топографических карт, может быть использована для решения широкого круга гидрологических задач, в частности определения зон потенциального затопления. Сведения, получаемые на основе подобных моделей, несомненно, являются важным инструментом территориального анализа и управления рисками.

Библиографический список

1. Географический словарь : наводнение. URL: <http://www.ecosystema.ru/07referats/slovgeo/507.htm> (дата обращения: 01.02.2017).
2. Правительство Саратовской области. Официальный портал : Предупреждая стихийные бедствия. URL: <http://ex.saratov.gov.ru/news/events/detail.php?ID=8312> (дата обращения: 01.02.2017).
3. Главное управление МЧС России по Саратовской области : Прогноз циклический чрезвычайных ситуаций и происшествий, обусловленных весенним половодьем 2015 года на территории Саратовской области. URL: <http://64.mchs.gov.ru/operationalpage/dailyforecast/item/2605297>(дата обращения: 01.02.2017).
4. Атлас природных и техногенных опасностей и рисков чрезвычайных ситуаций. Российская Федерация / под общ. ред. С. К. Шойгу. М. : Дизайн. Информация. Картография, 2010. 696 с.
5. Regnum информационное агенство : Саратовская область. Максимальный уровень весеннего половодья. URL: <https://regnum.ru/news/24945.html/> (дата обращения: 01.02.2017).
6. Новости Саратова : В области разрушены еще три плотины. URL:http://www.vzsar.ru/news/2010/04/13/v_oblasti_razrusheny_esche_tri_plotiny.html/ (дата обращения: 01.02.2017).
7. Географический словарь : затопление. URL: <http://www.ecosystema.ru/07referats/slovgeo/295.htm> (дата обращения: 01.02.2017).
8. *Коронкевич Н. И.* Наводнения и борьба с ними. М. : Знание, 1982. 48 с
9. ESRI жизни : creating a hydrologically conditioned DEM. URL: <http://video.esri.com/watch/1899/creating-a-hydrologically-conditioned-dem/> (дата обращения: 03.02.2017).
10. *Шихов А. Н., Черепанова Е. С., Пономарчук А. И.* Геоинформационные системы : применение ГИС-технологий при решении гидрологических задач : практикум : учеб. пособие / Перм. гос. нац. исслед. ун-т. Пермь, 2014. 91 с.
11. *Минеев А. Л., Кутинов Ю. Г., Чистова З. Б., Полякова Е. В.* Подготовка цифровой модели рельефа для исследования экзогенных процессов северных территорий Российской Федерации // Журн. Пространство и Время. 2015. Вып. № 3 (21). С. 278–291.
12. *Тесленок С. А., Василькина Д. Н., Тесленок К. С.* Создание гидрологически корректной цифровой модели рельефа для последующего использования в практике сельскохозяйственного производства // Геоинформационное картографирование в регионах России : материалы VII Всерос. науч.-практ. конф. Воронеж : Науч. кн., 2015. С. 138–143.
13. *Павлова А. Н.* Геоинформационное моделирование речного бассейна по данным спутниковой съемки SRTM (на примере бассейна р. Терешки) // Изв. Саратов. ун-та. Нов. сер. Сер. Науки о Земле. 2009. Т. 9, вып. 1. С. 39–44.

Образец для цитирования:

Чумаченко А. Н., Хворостухин Д. П., Морозова В. А. Построение гидрологически-корректной цифровой модели рельефа (на примере Саратовской области) // Изв. Саратов. ун-та. Нов. сер. Сер. Науки о Земле. 2018. Т. 18, вып. 2. С. 104–109. DOI: 10.18500/1819-7663-2018-18-2-104-109.

Cite this article as:

Chumachenko A. N., Khvorostukhin D. P., Morozova V. A. Construction of a Hydrologically-correct Digital Terrain Model (Using the Example of Saratov Region). *Izv. Saratov Univ. (N. S.), Ser. Earth Sciences*, 2018, vol. 18, iss. 2, pp. 104–109 (in Russian). DOI: 10.18500/1819-7663-2018-18-2-104-109.



ГЕОЛОГИЯ

УДК 550.832

ПЕРСПЕКТИВЫ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ НЕФТЕГАЗОНОСНЫХ РЕЗЕРВУАРОВ В ПРОЦЕССЕ БУРЕНИЯ

Б. А. Головин, К. Б. Головин, М. В. Калинникова, И. В. Кузнецов, 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

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

Кузнецов Иван Владимирович, заместитель генерального директора научно-производственного объединения «Союзнефтегазсервис», Саратов, kuznec2808@mail.ru

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

В настоящей статье рассмотрена технология геологического моделирования нефтегазоносных резервуаров, базирующаяся на результатах интерпретации данных геолого-технологических исследований и геофизических исследований скважин. Определены информативные геолого-геофизические параметры для выделения маркирующих горизонтов. Предложена технологическая схема вскрытия продуктивных пластов-коллекторов, основанная на выделении реперов разных порядков. Показана перспективность применения конкретных петрофизических и технологических параметров при решении прогнозных нефтегеологических задач, большое количество которых требует привлечения суперкомпьютеров.

Ключевые слова: моделирование, нефтегазоносный резервуар, геолого-технологические исследования, геофизические исследования скважин, петрофизика, репер, керн, шлам, суперкомпьютер.

Prospects of Geological Modeling of Oil and Gas Bearing Reservoirs While Drilling

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

Boris A. Golovin, ORCID 0000-0003-1737-7341, Saratov State University, 83, Astrakhanskaya Str., Saratov, 410012, Russia, bagolovin@yandex.ru

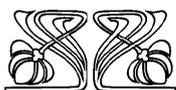
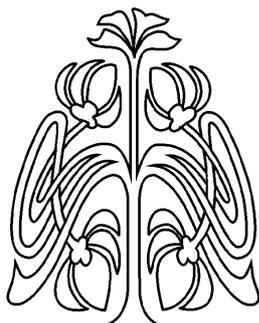
Konstantin B. Golovin, ORCID 0000-0002-3716-5592, Saratov State University, 83, Astrakhanskaya Str., Saratov, 410012, Russia, kosgol@yandex.ru

Marina V. Kalinnikova, ORCID 0000-0003-4077-0221, Saratov State University, 83, Astrakhanskaya Str., Saratov, 410012, Russia, kalinnikova1@rambler.ru

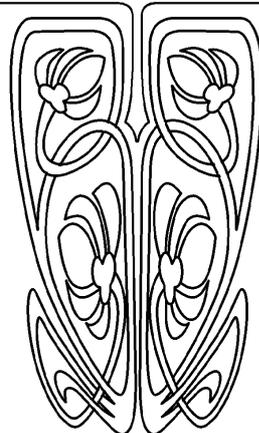
Ivan V. Kuznechov, ORCID 0000-0003-0474-2987, Scientific development and production center «Association oilgasservis», 159, Pugachova Str., Saratov, 410005, Russia, kuznec2808@mail.ru

Sergey A. Rudnev, ORCID 0000-0003-3469-8649, Saratov State University, 83, Astrakhanskaya Str., Saratov, 410012, Russia, Sergey.rudnev93@gmail.com

© Головин Б. А., Головин К. Б., Калинникова М. В.,
Кузнецов И. В., Руднев С. А., 2018



**НАУЧНЫЙ
ОТДЕЛ**





In this paper, we consider the technology of geological modeling of oil and gas reservoirs, based on the results of interpretation of the mud logging and well logging data. Informative geological and geophysical parameters for distinguishing marking horizons were determined. A technological scheme for opening productive reservoirs is proposed, based on the allocation of reference layers of different levels. The prospects of application of specific petrophysical and technological parameters in solving forecasted oil and geological problems are shown, a large number of which require the use of supercomputers.

Key words: modeling, oil and gas reservoir, mud logging, well logging, petrophysics, marking horizon, core, rock cuttings, supercomputer.

DOI: 10.18500/1819-7663-2018-18-2-110-117

В настоящее время в условиях интенсивного развития информационных технологий повсеместное распространение получило геологическое моделирование, позволяющее решать широкий перечень задач как геологической, так и технологической направленности. Наибольшую востребованность моделирование нефтегазоносных резервуаров получило при бурении в сложных геологических условиях, обусловленных невыдержанностью по площади и низкими мощностями продуктивных пластов, а также изменчивостью состава пород по латерали.

Под моделью резервуара будем понимать систему элементов геологического строения, обобщённо описывающую состав, структуру, форму изучаемых объектов и вмещающей их среды, выстроенную во времени и пространстве [1]. Исходными данными для построения модели может служить информация, полученная на основе геолого-технологических, геофизических и петрофизических исследований.

При этом, учитывая специфику проведения геолого-геофизических исследований скважин, основными задачами моделирования геологического строения перспективного нефтегазоносного резервуара являются параметры, получаемые в процессе геолого-технологических исследований (ГТИ) [2]:

- оперативное выделение опорных пластов-реперов;
- оперативное выделение пластов-коллекторов;
- определение момента вскрытия кровли потенциально-перспективного пласта;
- оценка фильтрационно-емкостных свойств пластов-коллекторов;
- ранний прогноз газонефтеводопроявлений;
- выделение зон аномально высоких пластовых давлений (АВПД);
- оптимизация отбора керна и шлама, испытания пластов, проведения ГИС;
- изучение геологического строения региона и перспективного объекта в частности.

Ранее нами были предприняты попытки построения простейших априорных геологических моделей с целью корректировки геологического

строения в точке бурения и определения отметок вскрытия потенциально-перспективных пластов [3]. Однако вычислительные возможности современной электроники находятся на совершенно ином уровне, что обуславливает необходимость выработки новых подходов к решению поставленных задач.

Существует несколько технологических схем построения информативных моделей исследуемых геологических резервуаров [4,5]. Однако все они опираются преимущественно на косвенные геофизические методы, не используя в достаточной мере информацию, полученную на основе оперативных петрофизических исследований каменного материала, выполненных в рамках ГТИ.

В настоящей работе рассматриваются модели перспективного геологического объекта и местоорождения, применяемые на поисковой и разведочной стадиях горно-геологических работ [6, 7].

Построение геологической модели можно условно разделить на два главных этапа:

- построение каркаса модели;
- наполнение модели литолого-петрофизической информацией.

В основе построения каркаса модели лежит выделение в разрезе характерных реперов. Наиболее информативными параметрами обнаружения реперов по информации ГТИ являются: механическая скорость, литология пород, их цветовая характеристика, структурно-текстурные особенности. Применительно к решаемой задаче можно выделить два типа реперов:

- границы раздела литологически контрастных толщ, пачек или пластов;
- пласты главным образом глинистых пород, часто экранирующих залежи УВ и вследствие этого имеющие важное значение при «ближнем» прогнозе кровли пласта-коллектора.

По условиям распространения и методам выделения реперы подразделяются на две категории:

- реперы I порядка – регионально выдержанные, границы литологически контрастные и разделяющие крупные литолого-стратиграфические комплексы такой мощности, что возможно выделение и прослеживание этих реперов не только средствами ГТИ-ГИС, но и сейсморазведки ($R_1 \dots R_n$, где n – порядковый номер репера);
- реперы II порядка – границы распространённые зонально или локально и разделяющие сравнительно маломощные или малоконтрастные пласты и пачки, выделяемые методами ГТИ-ГИС (R_{nm} , где n – индекс ближайшего верхнего репера I порядка, а m – индекс репера II порядка).

Как правило, не вызывает затруднений обоснование реперов, выделенных на основании изменений скорости проходки. Тем не менее некоторые реперы (например, подошва каширских и мелекеских отложений Саратовского Поволжья) не всегда чётко отбиваются скачкообразными изменениями скоростей [3]. Поэтому идентификация реперов I порядка должна осуществляться



по комплексу механический каротаж + изучение шлама.

Исходя из многолетнего опыта проведения ГТИ установлено, что наиболее уверенно в разрезе определяется местоположение тех реперов, которые увязаны с общеизвестными сейсмическими поверхностями раздела. При расчленении разреза главенствующая роль принадлежит сейсмическим реперам I порядка в силу их регионального распространения и легкости выделения средствами ГТИ (переходы терригенный комплекс – карбонатный комплекс и наоборот). Кроме того, глубины залегания этих реперов с известной степенью точности известны до начала бурения, что значительно облегчает их идентификацию при оперативных ГТИ. Таким образом, первоначальным инструментом выделения реперов, оценки структуры геологического разреза, корреляции данных, полученных в соседних скважинах, а также распространения этих свойств в межскважинное пространство является сейсморазведка.

Схема составления прогнозного разреза для скв.2 по данным о глубинах залегания в ней реперов I и II порядков и глубинах до реперов I порядка представлена на рис. 1 [3].

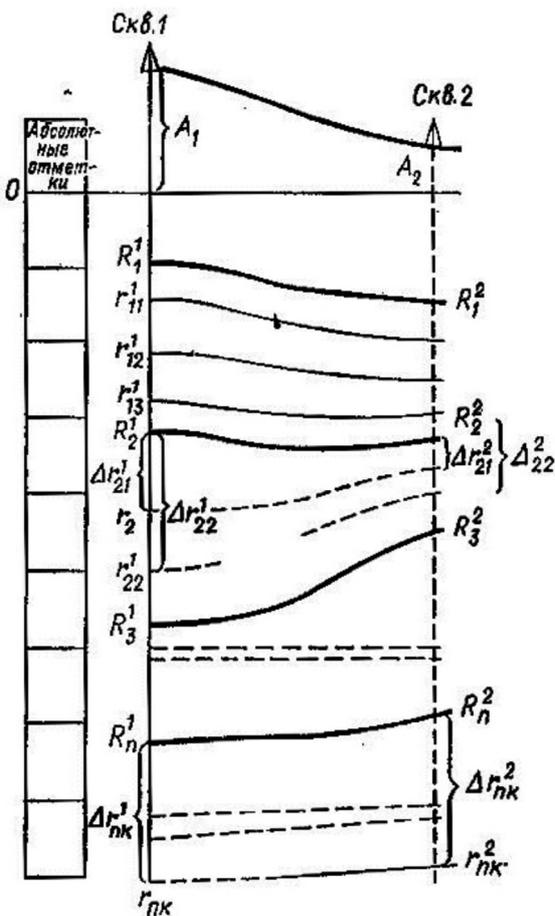


Рис. 1. Схема, поясняющая построение прогнозного разреза [3]

При этом использованы следующие обозначения: R_{nm} – абсолютные глубины n -го репера I порядка по скважине m ; r_{nm} – абсолютные глубины n -го репера II порядка для скважины m , причём r_{n1m} – репер, следующий вниз по разрезу за R_{nm} ; r_{nkm} – расстояние от репера R_{nm} до r_{nkm} ; A_1 и A_2 – альтитуды соответственно по скв. 1 и 2 (см. рис. 1).

Глубины залегания реперов II порядка для проектной скважины (в нашем случае скв. 2) находятся исходя из предположения, что сокращение мощности пластов, залегающих между реперами I порядка, приводит к пропорциональному сокращению мощности между реперами II порядка.

Тогда

$$\Delta r_{nk}^2 = \Delta r_{nk}^1 \frac{R_{n+1}^2 - R_n^2}{R_{n+1}^1 - R_n^1}.$$

Использованное выше предположение не всегда соответствует действительности. Например, в случае если репером II порядка является кровля рифогенного массива, такой подход приводит к существенным ошибкам в оценке глубин и не должен применяться.

Абсолютная глубина залегания репера Δr_{nk}^2 находится по формуле $\Delta r_{nk}^2 = R_n^2 + \Delta r_{nk}^2$, фактическая $H_{r_{nk}^2} = r_{nk}^2 + A_2$.

При отбивке репера в большинстве случаев оказывается, что фактическая глубина его залегания отличается от прогнозной на величину невязки $\pm \Delta H$. Тогда глубины нижележащих пластов корректируются, т. е. изменяются на величину этой невязки.

Для прогнозирования фактических глубин залегания перспективных отложений необходим анализ изменения мощностей пород, слагающих исследуемый литолого-стратиграфический комплекс (ЛСК). В обобщённом виде схема составления моделей вскрытия перспективных пластов приведена на рис. 2.

Существует острая необходимость обнаружения маркирующих горизонтов в мощных литологически однородных толщах. Задача ещё более усложняется в случае разбуривания новых площадей, так как при этом нередко требуется корректировка представлений о геологическом строении той или иной структуры. Для решения этой задачи необходима комплексная интерпретация данных ГИС и ГТИ.

Наполнение геологической модели литолого-петрофизическими свойствами проводится с привлечением всего комплекса ГИС по основным геофизическим показателям пород. Сначала выделяются глинистые пласты, характеризующиеся наиболее высокой естественной радиоактивностью $J_{\gamma} = 16-18\gamma$, низкими значениями наведённой радиоактивности $J_{ny} = 2-2,5$ усл.ед., увеличением диаметра скважины, низким удельным электрическим сопротивлением и положительной аномалией самопроизвольной поляризации (ПС). Затем плотные карбонатные прослойки, характери-



Рис. 2. Технологическая схема составления модели вскрытия перспективного пласта

зующиеся по нейтронному гамма-методу (НГМ) низким водородосодержанием $J_{ny} > 3,5$ усл.ед., а по акустическому методу (АМ) низкими значениями $\Delta T = 160-180$ мкс. Породы с промежуточными значениями $J_{ny} = 2-3,5$ усл.ед. представляют собой песчаники, алевролиты и доломиты различной степени глинистости. Известняки, песчаники и доломиты различаются с помощью номограммы для определения пористости и литологии пород по данным НГМ и АМ. Но в связи с тем, что её использование не всегда даёт однозначные результаты, литология пород уточняется по данным изучения каменного материала.

Для выделения коллекторов используется стандартная методика при бурении на глинистом растворе по следующим основным геофизическим признакам:

- положительному приращению $\Delta\rho$ мкз;
- отрицательной аномалии ПС и низким значениям естественной радиоактивности (при глинистости $> 20\%$ порода считается непроницаемой);
- в карбонатном разрезе граничным значениям пористости пород $K_{п} = 5\%$.
- пористость коллекторов оценивается с использованием зависимости параметра $\Delta J_{ny} = f(K_{п})$ [6].

Пористость плотного опорного пласта оценивается по зависимости $K_{п} = f(\Delta t)$ и по $J_{ny} = f(K_{п})$ для исключения ошибки в выделении опорных пластов.

Истинная пористость подсчитывается по формуле

$$K_{п} = K_{п}^{HГК} + \Delta K_{п,лит} - 0,25C_{гл}$$

где $K_{п,лит}$ – поправка на литологию,

$C_{гл}$ – глинистость пласта, %, определяется по зависимости В. В. Ларионова $\Delta J_{ny} = f(C_{гл})$.

Привлечение разностных геофизических параметров обеспечивает наиболее объективное определение пористости коллекторов, что особенно важно для решения поставленной задачи. Однако определение пористости прямыми методами по керну и шламу предоставляет гораздо более точную информацию о петрофизических свойствах по сравнению с косвенными геофизическими методами. При подобном подходе следует учитывать, что при выносах керна менее 90% наиболее пористые разности пород разрушаются и не попадают в керновую колонку, что объясняет превышение значений пористости по ГИС над определёнными по керну.

Определённые на каменном материале петрофизические свойства используются как дополнительный материал для выявления корреляционных зависимостей. Условием применимости полученных зависимостей является высокий коэффициент корреляции.

По материалам макро- и микроскопического описания керна и шлама, а также лабораторных определений состава и физических параметров пород уточняются их литологический состав и коллекторские (изолирующие) свойства, выделяются типы коллекторов. Последующая межскважинная корреляция (если она возможна) однотипных или сходных в литологическом и (или) петрофизическом отношении пород позволяет прослеживать коллекторские и флюидоупорные пласты в разрезе и в плане с учётом факторов, определяющих анизотропию их коллекторских (экранирующих) свойств, устанавливать характер распространения коллекторов с различными



генетическими типами емкости (пористость, кавернозность, трещиноватость).

Прослеживание по площади и в разрезе мощностных вариаций коллекторов, выявление их связи со структурой и фациальной зональностью создают предпосылки для локального (зонального) прогнозирования как зон коллекторов с наилучшими фильтрационно-емкостными свойствами, так и зон их отсутствия.

Следует отметить высокое значение представительности отобранных исследуемых образцов шлама и керна. Так, представительными интервалами отбора керна считаются такие, где образцы для анализа отбираются в однородных пластах через 50 см керновой колонки, а в неоднородных через 20–30 см. Кондиционность петрофизических исследований зависит от выноса керна, соблюдения порядка его укладки, регистрации, равномерности отбора образцов, что позволяет привязывать по глубине интервал отбора керна к данным ГИС и соответственно к конкретному пласту. При выполнении этих условий керн может использоваться для петрофизической характеристики пластов и уточнения материалов ГИС.

Однако по ряду причин (погрешности геофизических измерительных систем, влияние фильтрата промывочной жидкости и др.) для этой задачи необходимо иметь достаточный объем кондиционного материала по нескольким скважинам. При этом важно наличие определения петрофизических параметров не только в пластах-коллекторах, но и в плотных породах, являющихся опорными для интерпретации.

Геологическая модель может быть наполнена широким перечнем геолого-петрофизической информации, представленной в таблице.

Большинство из представленных параметров могут быть оперативно получены в полевых условиях при исследовании каменного материала и использованы для уточнения существующей прогнозной геологической модели резервуара. Например, исследования шлама и керна, представляющие непрерывную информацию о составе и петрофизических свойствах разбуриваемых отложений, могут являться одним из маркирующих параметров для целей геонавигации. Достоверность определения пористости породы по шламу ограничивается двумя основными факторами:

- высокой вариативностью полученных значений K_p при использовании нескольких методик;
- отсутствием возможности оценить ёмкость трещин и каверн породы.

При определении пористости по шламу можно оценить исключительно пористость матрицы породы, так как фракционный состав шлама не позволяет сохранить целостность трещин и каверн. Решению данной проблемы частично способствует определение пористости породы по керну. Однако даже в таком случае наблюдается превышение значений K_p , определённого по ГИС, над аналогичными значениями, определёнными по керну. Данная характерная особенность свидетельствует о типе пустотного пространства коллектора: при наиболее существенном превышении K_p породы, определённого по ГИС, над K_p шлама можно сделать вывод о каверновом типе коллектора, при незначительном превышении – о трещинном типе.

Перечень геолого-петрофизических параметров, определяемых при исследовании каменного материала, применяемых для наполнения геологической модели [8, 9]

Задача	Геолого-петрофизический параметр	
	кern	шлам
Литологическое расчленение	Гранулометрический состав Химический состав Минералогический состав Тип коллектора Кавернозность Трещиноватость Прочность Пластичность Глинистость Газопроницаемость абсолютная Содержание K, U, Th Интегральный эффект ГК Магнитные свойства Удельное электрическое сопротивление Интервальное время пробега упругой волны	Гранулометрический состав Химический состав Минералогический состава Тип коллектора Прочность Пластичность Глинистость Содержание K, U, Th Интегральный эффект ГК Магнитные свойства Удельное электрическое сопротивление
Определение характера насыщения	Газосодержание Цвет люминесценции	Газосодержание Цвет люминесценции
Прогнозирование зон АВПД	Объёмная плотность Открытая пористость Эффективная пористость Содержание физически связанной воды	Морфотип Фракционный состав Объёмная плотность Открытая пористость Эффективная пористость Содержание физически связанной воды



Возникает закономерный вопрос о представительности пробы шлама, исследуемого на предмет определения $K_{п}$. В работе [10] отмечается, что значения пористости отдельных образцов горной породы относительно средней пористости пласта распределены по нормальному закону, вплоть до размеров на микроуровне. Выявленная закономерность может служить критерием представительности пробы шлама. Если значение пористости реального шлама, отобранного в интервале исследуемого пласта, описывается нормальным законом распределения, то можно говорить о правомерности использования шлама для оценки емкостных характеристик данного пласта. Если же только часть массива значений (например, низкие значения) близка к нормальному распределению, а в области остальных значений (в данном случае высоких) имеется «недостаток» количества образцов, можно сделать вывод о разрушении в процессе шлагообразования части пород с повышенными значениями пористости. Таким образом, существует возможность прогнозирования пористости всего пласта по части пород, представленных в шламе, при достаточно большом объеме статистической выборки.

Предложенные методические приемы лишь «подводят» к вскрытию перспективного объекта, не фиксируя сам момент этого вскрытия. Вместе с тем решение этого вопроса в процессе бурения необходимо для оперативного определения времени отбора керна, последующей оценки его коллекторских свойств и характера насыщения.

Реализация данной задачи может осуществляться двумя способами: с помощью информации, поступающей с забоя скважины (газосодержание промывочной жидкости, шлама, наличие коллекторов по шламу), и путем анализа изменения некоторых технологических параметров при вскрытии потенциально-перспективных пластов: скорости проходки, расхода промывочной жидкости (фильтрационный каротаж), давления в циркуляционной системе. Первый способ определения момента вскрытия осуществляется с отставанием, равным времени движения забойных порций до устья, второй – мгновенно. В существующих методических пособиях [3] изложение всех этих способов носит общий теоретический характер, который не позволяет не только выбрать из них наиболее оптимальные для конкретных геологических условий, но и вообще использовать их из-за отсутствия конкретных количественных критериев, определяющих вскрытие кровли потенциально-перспективных пластов. В частности:

– отсутствуют числовые критерии технологических параметров, которые определяют момент вскрытия пласта;

– не ясны условия, при которых могут быть использованы методы с отставанием, обеспечивающие отбор керна в интервале перспективных пластов.

Изучение рассматриваемого вопроса показало, что наиболее перспективным для этого

является параметр скорости проходки, выраженный через:

$$t_0 = \frac{t_{п}}{t_{к}},$$

где $t_{п}$ – время бурения в покрышке,

$t_{к}$ – в перспективном коллекторе.

Использование относительной величины (t_0) обусловлено, в данном случае, стремлением исключить из рассмотрения влияние на абсолютное значение скорости проходки технических факторов: типа долота, числа оборотов ротора, нагрузки на долото и др. Действительно, трудно себе представить, чтобы переход из покрышки в коллектор совпадал одновременно с изменением всех перечисленных параметров.

Таким образом, в результате указанного подхода величина t_0 должна зависеть в основном только от буримости самих пород, а она (буримость) в покрышках и коллекторах должна быть не одинаковой. С целью изучения этого вопроса и установления критериев момента вскрытия пласта было проанализировано распределение величины t_0 при разбуривании перспективных пластов различных стратиграфических подразделений. При этом исходим из условия: при t_0 , близкой к единице (принято 0.8–1.2) момент вскрытия пласта по значению фиксируется неуверенно, в остальных случаях – достаточно четко.

Полученные результаты представлены на рис. 3 и свидетельствуют о следующем. В терригенных коллекторах в подавляющем большинстве случаев (80% и более) переход «покрышка–кровля» четко фиксируется по значениям t_0 . В частности:

– верейские отложения – в 66.7 % случаев значения t_0 более 1.2; 19,3% – менее 0.8 и только в 14% случаев – в пределах неуверенной фиксации момента вскрытия пласта;

– алексинские, тульские, бобриковские отложения – в 61.8% значения t_0 более 1.2; 21.5% – менее 0.8; 19.6 % составляют случаи неуверенного выделения кровли пласта;

– процент неуверенного выделения кровли пластов в карбонатных отложениях несколько выше, но не превышает 39.8%.

Необходимость оперативной обработки такого большого количества параметров требует высоких вычислительных мощностей. В связи с их нехваткой в настоящий момент при построении моделей средних и крупных объектов специалисты, как правило, вынуждены прибегать к использованию процедуры укрупнения сетки, чтобы вписаться в возможности имеющейся рабочей станции и достичь удовлетворительного времени счёта модели. Низкая детальность геологической модели в совокупности с ошибками апскейлинга зачастую ставят под сомнение качество последующего прогноза. Для России в среднем секторная модель месторождения содержит 50–300 тыс. активных блоков, полномасштабная модель – от 1 до 5 млн активных боков. При этом, например,

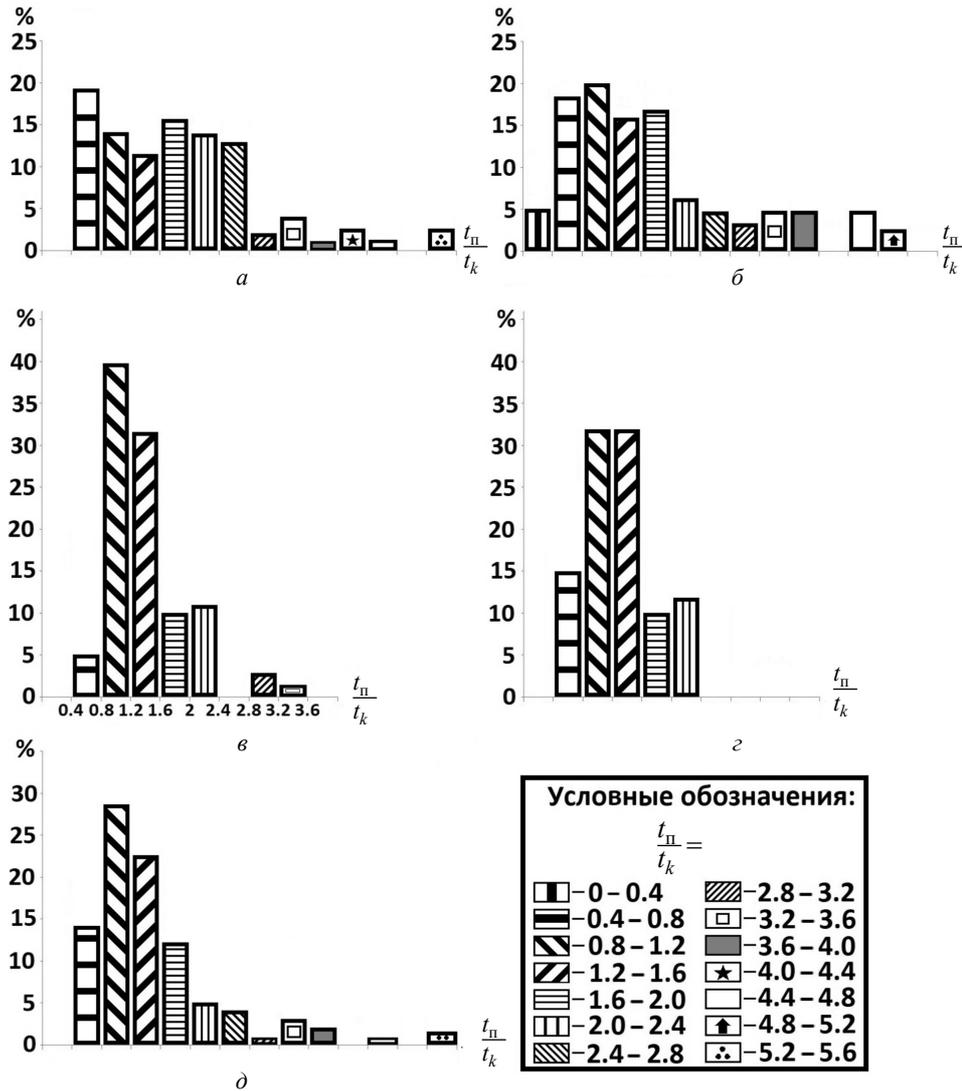


Рис. 3. Распределение отношений $\frac{t_{п}}{t_{к}}$ для отложений различного возраста: а – верейские отложения; б – алексинские, тульские, бобринские отложения; в – карбонатные отложения (C_1+C_2); г – карбонатные отложения (D_3)

модели месторождений Ближнего Востока содержат порядка 1–2 млн активных блоков для одного сектора и 10–100 млн для полной модели.

В настоящее время наблюдается непрерывный рост производительности микропроцессоров за счёт увеличения количества ядер. Кроме того, стоимость высокопроизводительной вычислительной техники неуклонно снижается и программно-аппаратные решения, которые ещё пару лет назад были исключительно дорогостоящими, сегодня становятся доступными даже для небольших сервисных компаний. С учётом доступности многопроцессорной вычислительной техники и непрерывного роста требований к детальности моделей возникает необходимость использования суперкомпьютеров для геологического моделирования нефтегазоносных резервуаров. Использование современных подходов к геологическому моделированию, реализованных на базе высоко-

производительных компьютеров, предоставляет возможность производить оперативные расчёты на максимально детальной сетке в реальном масштабе времени. Последнее повысит детальность моделей и существенно упростит взаимодействие специалистов, участвующих в принятии управленческих решений на конкретном объекте.

Построенная оперативно-обновляемая модель резервуара является базисом для получения синтетических каротажных кривых по стволу скважины. При проведении геонавигации на основе геологической модели с использованием систем LWD существенно увеличивается точность определения положения текущего забоя скважины относительно геологического разреза, а также возможность оптимального размещения горизонтального участка ствола скважины в пласте с наилучшими фильтрационно-емкостными свойствами.



Библиографический список

1. Рыскин М. И. Геофизические методы в разведке нефтегазовых месторождений: учеб. пособие для студ., обучающихся по геологическим специальностям. Саратов : Изд-во Саратов. ун-та, 2016. 132 с.
2. ГОСТ Р 53375-2016. Скважины нефтяные и газовые. Геолого-технологические исследования. Общие требования. Введ. 01.03.2017. М. : Стандартинформ, 2016. 80 с.
3. Чекалин Л. М., Моисеенко А. С., Шакиров А. Ф., Головин Б. А. Геолого-технологические исследования скважин. М. : Недра, 1993. 240 с.
4. Абабков К. В., Сулейманов Д. Д. Основы трехмерного цифрового геологического моделирования : учеб. пособие. 2-е изд. Уфа : Нефтегазовое дело, 2010. 199 с.
5. Гладков Е. А. Геологическое и гидродинамическое моделирование месторождений нефти и газа : учеб. пособие. Томск : Изд-во Том. политехн. ун-та, 2012. 99 с.
6. Горбачёв Ю. И. Геофизические исследования скважин : учебник для вузов / под ред. Е. В. Каруса. М. : Недра, 1990. 398 с.
7. Головин Б. А., Волкова Е. Н., Кузнецов И. В. Роль и место ГТИ при проведении поисково-разведочных работ на нефть и газ // Междунар. журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2016. № 12. С. 306–310.
8. Орлов Л. И., Карпов Е. Н., Топорков В. Г. Петрофизические исследования коллекторов нефти и газа. М. : Недра, 1987. 216 с.
9. Головин Б. А., Головин К. Б., Калининкова М. В., Волкова Е. Н. Геолого-геохимический модуль компьютеризированной станции ГТИ. Воспоминания о будущем // Приборы и системы разведочной геофизики. 2012. № 3 (41). С. 38–44.
10. Элланский М. М. Петрофизические связи и комплексная интерпретация данных промысловой геофизики. М. : Недра, 1978. 215 с.

Образец для цитирования:

Головин Б. А., Головин К. Б., Калининкова 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. DOI: 10.18500/1819-7663-2018-18-2-110-117.

Cite this article as:

Golovin B. A., Golovin K. B., Kalinnikova M. V., Kuznechov I. V., Rudnev S. A. Prospects of Geological Modeling of Oil and Gas Bearing Reservoirs While Drilling. *Izv. Saratov Univ. (N. S.), Ser. Earth Sciences*, 2018, vol. 18, iss. 2, pp. 110–117 (in Russian). DOI: 10.18500/1819-7663-2018-18-2-110-117.



УДК 550.834

КОРРЕЛЯЦИОННОЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ПОЛЕВЫХ ВИБРОГРАММ С УЧЁТОМ ИСКАЖЕНИЙ ФАЗОВЫХ СПЕКТРОВ СВИП-СИГНАЛОВ

С. И. Михеев, Е. П. Санникова

Михеев Сергей Иванович, доктор геолого-минералогических наук, профессор кафедры геофизики, Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского, s.mixeev@gmail.com

Санникова Елена Павловна, аспирант кафедры геофизики, Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского, sannikowaep@mail.ru

В статье рассмотрен оригинальный способ корреляционного преобразования виброграмм, учитывающий искажения опорных сигналов в средах с частотно-зависимым затуханием энергии упругих колебаний. На экспериментальном материале показано, что предложенный способ вычисления коррелограмм позволяет значительно повысить качество материалов вибросейса. Обсуждается также возможность вычисления данным способом декремента затухания, несущего значительный объем дополнительной информации о строении и свойствах геологического разреза.

Ключевые слова: корреляция, виброграмма, упругие колебания, коррелограмма, вибросейс, декремент затухания, геологический разрез.

Correlation Transformation of Field Vibrogram with the Account of Distorses of Phase Spectrum of Swip-signals

S. I. Mikheev, E. P. Sannikova

Sergey I. Mikheev, ORCID 0000-0003-4804-1242, Saratov State University, 83, Astrakhanskaya Str., Saratov, 410012, Russia, s.mixeev@gmail.com

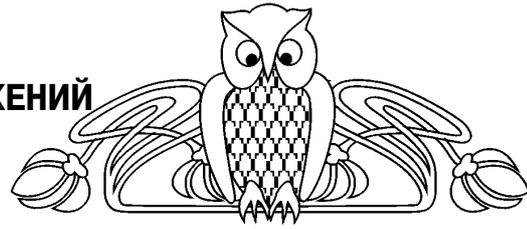
Elena P. Sannikova, ORCID 0000-0002-3658-0831, Saratov State University, 83, Astrakhanskaya Str., Saratov, 410012, Russia, sannikowaep@mail.ru

The original method of correlative transformation of vibrograms, which takes into account the distortion of reference signals in environment with frequency-dependent attenuation on the energy of elastic vibrations. The experimental material shows that the proposed method of calculating correlograms allows to significantly improve the quality of vibroseis materials. The possibility of calculating the attenuation decrement, which carries a significant amount of additional information on the structure and properties of the geological section, is also discussed.

Key words: correlation, vibrogram, elastic oscillations, correlogram, vibroseis, attenuation decrement, geological section.

DOI: 10.18500/1819-7663-2018-18-2-118-121

При распространении в реальных средах сейсмические сигналы испытывают значительные искажения [1, 2, 3]. Такие искажения в значительной мере определяются отличием реальных сред



от идеально упругих. Это приводит к поглощению энергии упругих колебаний, которая превращается в другие ее виды, главным образом в тепловую. Поглощение упругой энергии ведет к изменению формы и спектральной характеристики сейсмических сигналов.

В работе [1] показано, что наиболее значительные искажения формы сейсмического сигнала в средах с частотно-зависимым затуханием связаны не с изменением амплитуд гармоник спектров сигналов, а с изменением их фаз. Последние объясняются проявлением эффекта дисперсии скорости. Несмотря на бесспорность существования данного эффекта, в используемых при производстве сейсморазведочных работ способах преобразования виброграмм в коррелограммы искажения фазовых спектров опорных сигналов в среде не принимаются во внимание.

Для анализа возникающих в средах искажений сейсмического импульса $S(t)$ после прохождения им пути длиной l воспользуемся его представлением в виде интеграла Фурье:

$$S(t, l) = 2\pi \int_{-\infty}^{+\infty} \psi(l, f) S(f) e^{i2\pi ft} df, \quad (1)$$

где f – частота; $\psi(l, f)$ – комплексная спектральная характеристика среды; $S(f)$ – комплексный спектр сигнала при $l = 0$.

Спектральную характеристику разреза запишем в показательном виде:

$$\psi(l, f) = \Phi(l, f) e^{iX(l, f)}, \quad (2)$$

где $\Phi(l, f)$, $X(l, f)$ – соответственно амплитудная и фазовая характеристика среды.

В соответствии с теоретическими и экспериментальными данными [1, 3] функция $\Phi(l, f)$ для проходящей волны может быть записана в виде

$$\Phi(l, f) = e^{-\alpha(f)l}. \quad (3)$$

Здесь $\alpha(f) = \alpha_n(f) + \alpha_n(f)$ – эффективный коэффициент затухания; α_n и α_n – частотно-зависимые коэффициенты поглощения и рассеяния на неоднородностях соответственно.

Коэффициент $\alpha(f)$ чаще всего увеличивается с частотой по линейному или по степенному закону. Поэтому амплитудная характеристика среды

$$\Phi(l, f) = e^{-\delta f^\eta l}, \quad (4)$$

где δ – декремент затухания; η – показатель степени.

Для наиболее обоснованной и чаще всего используемой минимально-фазовой модели среды



фазовую характеристику можно определить по амплитудной с использованием преобразования Гильберта:

$$X(l, f) = \frac{2f}{\pi} \int_0^{\infty} \frac{\ln \Phi(l, \nu)}{\nu^2 - f^2} d\nu, \quad (5)$$

где ν – текущее значение частоты колебаний.

На основе анализа и некоторых дополнительных преобразований формулы (5), подстановки результатов в (2) получено [1]:

$$\psi(l, f) = e^{-\delta fl - 2\pi f l \left[1/V(f_0) + \frac{\delta}{\pi^2} \ln \frac{f}{f_0} \right]}. \quad (6)$$

Формула (6) описывает фильтрующее действие среды на сейсмические сигналы. В сложившейся практике отмеченные искажения учитываются лишь частично. Принимаются во внимание искажения амплитуд гармоник частотного спектра. Вместе с тем, как уже отмечалось, наиболее значительные искажения сейсмических сигналов в реальных средах связаны с изменением фаз гармонических составляющих их спектра.

В практике вибросейса искажения фазовых спектров опорных сигналов в среде не учитываются [4, 5]. Как следствие, нарушаются условия оптимального выделения сигналов в импульсной форме на коррелограммах. Рассмотрим это на примере наиболее распространенного в вибрационной сейсморазведке линейного частотно-модулированного сигнала:

$$S(t) = A(t) \cos \{2\pi [f_n + (f_k - f_n) t/2T] t + \varphi(t)\}. \quad (7)$$

Спектр этого сигнала

$$S(\omega) = \int_{-\infty}^{+\infty} A(t) \cos \{2\pi [f_n + (f_k - f_n) t/2T] t + \varphi(t)\} e^{-i\omega t} dt. \quad (8)$$

Здесь f_n, f_k – начальная и конечная частота управляющего сигнала; $A(t)$ – максимальная амплитуда сигнала; ΔF – полоса частот; $T, \varphi(t)$ – длительность и фаза сигнала соответственно.

При обработке данных вибросейса вначале вычисляется функция взаимной корреляции ФБК(t) наблюдаемой виброграммы и опорного сигнала:

$$\text{ФБК}(t) = (1/T) \int_0^T S(t) S_{\Sigma}(t + \tau) d\tau, \quad (9)$$

где $S_{\Sigma}(t)$ – виброграмма.

При реализации вычислений по формуле (9) полагают неизменность опорного сигнала для всех временных интервалов виброграммы. Таким образом, в поле регистрируются искаженные в среде сигналы, но в качестве «эталона» при корреляционном преобразовании виброграмм применяется неискаженный (заданный геофизиком) свип. Очевидно, что отличие «эталона» от зарегистрированного сигнала будет тем больше, чем больше коэффициент $\alpha(f)$ и чем длиннее путь прохождения волны от источника до приемника. Экспериментально доказано, что длины опорных сигналов в результате проявления дисперсии скорости могут меняться на величину примерно 1%

на удалении менее 100 м даже для относительно низких частот 10–40 Гц.

Очевидно, что для того чтобы учесть влияющие возникающих в реальных средах искажений свип-сигналов, необходимо предварительно эти искажения теоретически либо экспериментально оценить. Для такой оценки, например, можно использовать формулу (6). В ней содержатся характеристики, которые можно определить экспериментальным путем. Далее, вычислив по обсуждаемой формуле спектральную характеристику среды, можно внести в амплитуды и фазы гармоник спектра опорного сигнала соответствующие изменения перед процедурой корреляционного преобразования виброграмм. В практических ситуациях при реализации описанного подхода декремент затухания достаточно легко определить перебором значений δ , как это делается при анализе $V_{\text{отт}}$. Критерием оптимальности при подборе δ может служить широко распространенная в практике сейсморазведки количественная оценка качества сейсмического материала.

Эффективность учета искажений опорных сигналов при распространении их в средах с частотно-зависимым затуханием предложенным способом иллюстрируется монтажом коррелограмм (рис. 1), полученных в пределах Степновского сложного вала (Саратовская область). Результаты стандартной корреляции, а также корреляции с неоптимально и оптимально подобранными параметрами показаны на рис. 1. Выигрыш в прослеживаемости отражений и разрешенности сейсмической записи очевиден даже в случае использования при расчетах неоптимального значения δ .

Отметим, что рис. 1 иллюстрирует также процедуру подбора оптимального свипа для корреляционного преобразования. Графики отношений сигнал/помеха, вычисленные при различных декрементах затухания и использованные при оптимизации коррелограмм, показаны на рис. 2. На указанных графиках прослеживается уменьшение значений оптимальных значений δ по мере увеличения времени регистрации волн, что соответствует экспериментальным данным об уменьшении поглощения сейсмической энергии в разрезе с ростом глубины залегания пород. Таким образом, отмеченная закономерность в поведении δ косвенно свидетельствует об адекватности использованной при расчетах модели затухания энергии сейсмических волн физическим явлениям и процессам в реальных средах.

Важно отметить, что определяемый при оптимизации процедуры корреляционного преобразования декремент затухания имеет большое самостоятельное значение. Действительно, коэффициент δ широко применяется в задачах прогнозирования состава и свойств геологического разреза, особенно при выявлении нефтегазоносных объектов. Он может быть рекомендован

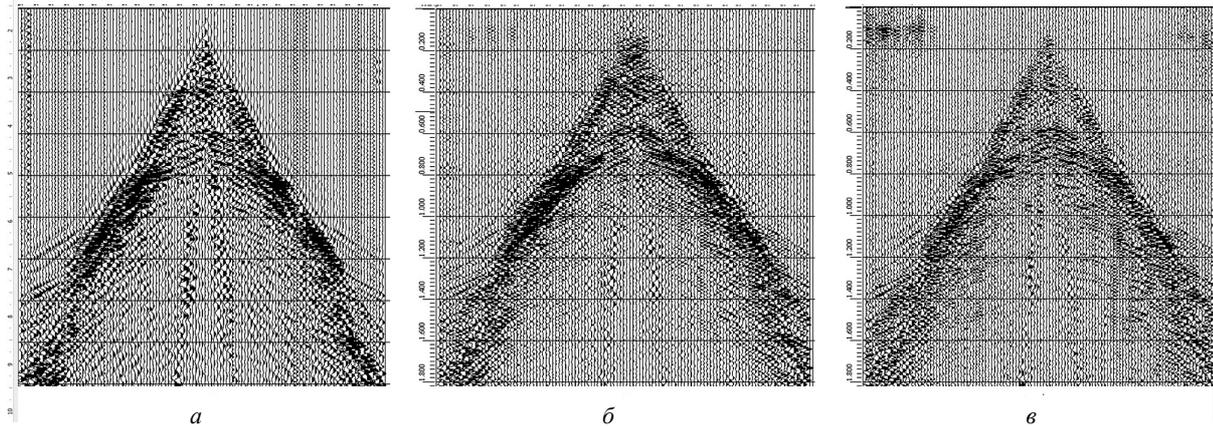


Рис. 1. Иллюстрация эффективности процедуры подбора параметров корреляционного преобразования: *a* – вариант корреляционного преобразования без учета дисперсии скоростей; *б, в* – варианты корреляционного преобразования с учетом дисперсии скоростей в случае задания неоптимальных и оптимальных параметров затухания соответственно

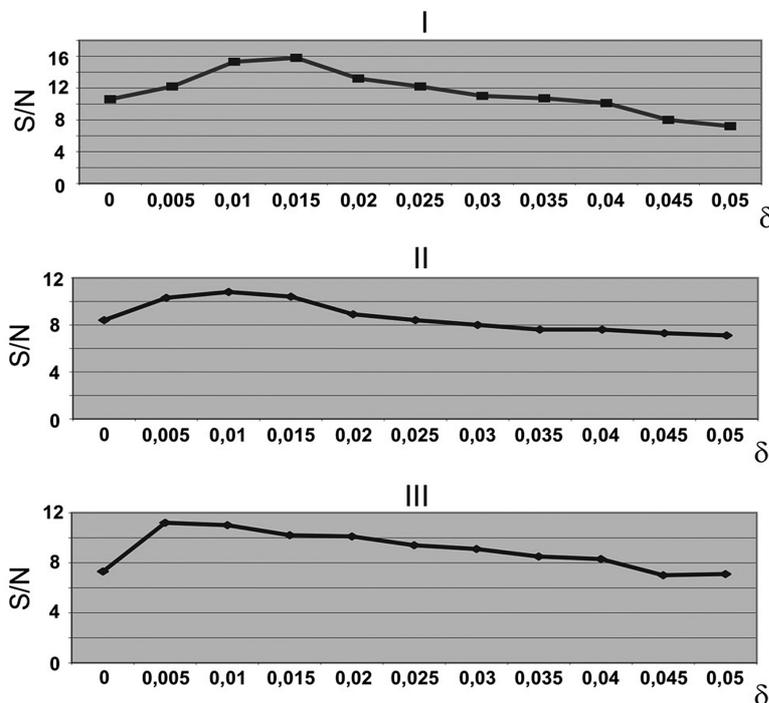


Рис. 2. Монтаж оценок отношения сигнал/помеха (S/N), вычисленных по коррелограммам во временных окнах: $T_0 = 0.2\text{с} - 5\text{с}$ (I), $5\text{с} - 9\text{с}$ (II) и $9\text{с} - 18\text{с}$ (III)

для внедрения в практику сейсморазведки при нефтегазопроисловых работах.

Таким образом, рассмотренный в статье способ учёта искажений свип-сигналов в среде позволяет повысить качество сейсмических материалов, а также оригинальным способом вычислить декремент затухания сейсмической энергии, несущий дополнительную информацию о свойствах геологического разреза. Широкому внедрению описанного способа повышения качества и информативности данных вибросейса будет препятствовать то обстоятельство, что сейчас корреляционное преобразование осуществляется

в полевых условиях по стандартным алгоритмам. В результате в стационарные вычислительные центры представляются коррелограммы, не пригодные для нестандартных преобразований и оригинальных методов анализа экспериментальных данных. По нашему мнению, сложившуюся практику следует менять. Необходимо поставлять с поля не коррелограммы, а виброграммы. Это позволит извлекать из полевых материалов значительный объём дополнительной информации о строении и свойствах изучаемых разрезов описанным или другими новыми способами обработки сейсмических данных.



Библиографический список

1. *Авербух А. Г.* Изучение состава и свойств горных пород при сейсморазведке. М. : Недра, 1982. 232 с.
2. *Мушин И. А., Бродов Л. Ю., Козлов Е. А.* Структурно-формационная интерпретация сейсмических данных. М. : Недра, 1990. 229 с.
3. Сейсморазведка : справочник геофизика : в 2 т. / под ред. В. П. Номоконова. 2-е изд. М. : Недра, 1990. Т. 1. 360 с.
4. *Жуков А. П., Колесов С. В., Шехтман Г. А., Шнеерсон М. Б.* Сейсморазведка с вибрационными источниками. Тверь : ООО «Изд-во ГЕРС», 2011. 412 с.
5. *Кострыгин Ю. П.* Вибросейсмический и кодоимпульсный методы сейсмической разведки. Краснодар : Просвещение-Юг, 2014. 494 с.

Образец для цитирования:

Михеев С. И., Санникова Е. П. Корреляционное преобразование полевых виброграмм с учётом искажений фазовых спектров свип-сигналов // Изв. Саратов. ун-та. Нов. сер. Сер. Науки о Земле. 2018. Т. 18, вып. 2. С. 118–121. DOI: 10.18500/1819-7663-2018-18-2-118-121.

Cite this article as:

Mikheev S. I., Sannikova E. P. Correlation Transformation of Field Vibrogram with the Account of Distortions of Phase Spectrum of Swip-signals. *Izv. Saratov Univ. (N. S.), Ser. Earth Sciences*, 2018, vol. 18, iss. 2, pp. 118–121 (in Russian). DOI: 10.18500/1819-7663-2018-18-2-118-121.



УДК 563.45 (116.3)

РОД *BALANTIONELLA* SCHRAMMEN, 1902 (PORIFERA, HEXACTINELLIDA)

Е. М. Первушов

Первушов Евгений Михайлович, доктор геолого-минералогических наук, заведующий кафедрой исторической геологии и палеонтологии, Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского, pervushovem@mail.ru

Род *Balantionella* выделен А. Шрамменом (1902 г.) по единственному экземпляру и двум фрагментам скелета из местонахождения в породах «квадратного» мела Германии. На юго-востоке Русской плиты представители рода установлены из образований всех ярусов верхнего мела, что позволило представить их характеристику и проследить тенденции в морфогенезе представителей группы. Установлены 3 подрода и 12 видов. В отличие от многих транзитных форм гексактинеллид, *Balantionella* рассматриваются в качестве значимых элементов биостратиграфических построений.

Ключевые слова: губки, гексактинеллиды, *Balantionella*, *Lobatiscyphia*, *Falsacava*, поздний мел, транзитные формы, морфогенез.

On the Genus *Balantionella* Schrammen, 1902 (Porifera, Hexactinellida)

Е. М. Pervushov

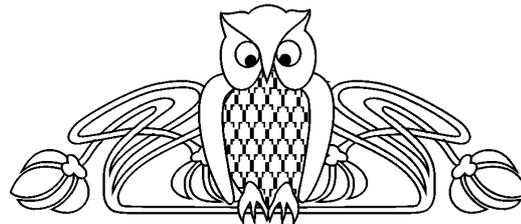
Evgeniy M. Pervushov, ORCID 0000-0002-7962-0274; Saratov State University, 83, Astrakhanskaya Str., Saratov, 410012, Russia, pervushovem@mail.ru

The *Balantionella* genus has been recognized by A. Schrammen (1902) from a single specimen and two skeleton fragments from a locality in the «quadrate» Cretaceous rocks in Germany. In the southeast of the Russian Plate, representatives of the genus have been determined within units from all the stages of the Upper Cretaceous. This has made it possible to provide characteristics and to trace the morphogenetic tendencies in the representatives of the group. Three subgenera and 12 species have been recognized. Unlike many transit hexactinellid forms, *Balantionella* are regarded as significant elements of biostratigraphic constructs.

Key words: sponges, Hexactinellida, *Balantionella*, *Lobatiscyphia*, *Falsacava*, Late Cretaceous, transitory forms, morphogenesis.

DOI: 10.18500/1819-7663-2018-18-2-122-134

Типовой вид *Balantionella elegans* установлен А. Шрамменом (Schrammen) [1] по единственному скелету, вероятно, искаженных очертаний, и двум фрагментам сателлитов. Находки происходят из пород «квадратного» мела двух местонаждений: скелет из окрестностей г. Мизбург, а фрагменты из г. Оберг. На приве-



денных этим автором изображениях очертания сателлитов скелета полной сохранности и фрагментов не соотносятся, к тому же последние показаны лишь сверху, а значимые для систематики и прослеживания морфогенеза субоскуломы на их поверхности не отображены.

За прошедший век в публикациях западноевропейских палеонтологов упоминания этого вида и иных представителей *Balantionella* нет. Диагноз рода, данный при описании типового вида [1], представляется неполным и не содержит современных представлений по морфологии и уровневой организации гексактинеллид [2, 3]. Отчасти это предопределено тем, что типовой вид представляет собой поздние моменты филогенеза группы, свойственные к тому же для Западноевропейской провинции. На Русской плите найдены скелеты губок с характерным положением субоскуломы на сателлитах, что позволило рассматривать их как *Balantionella*. Здесь представители рода известны из всех ярусов верхнего мела. Рассмотрение этих фоссилий позволило актуализировать характеристику представителей группы и проследить закономерности их развития.

Изучение представителей *Balantionella* интересно по нескольким аспектам. Во-первых, это относительно быстро эволюционирующая группа гексактинеллид, особенно при сравнении с видами родственной группы *Guettardiscyphia*, просуществовавшими на протяжении всего позднего мела. *Balantionella* хорошо диагностируются по строению сателлитов и лопастей и даже по их фрагментам. Во-вторых, следствием этого является возможность разработки биостратиграфических схем с участием *Balantionella* при детальном сборе губок из сеноман – туронских и кампанских пород. В-третьих, *Balantionella* – яркий представитель геммиформных губок транзитного уровня организации, среди которых установлены одиночные и автономные формы. Строение скелета балантионелл – одно из многочисленных проявлений изоморфизма среди поздне-меловых гексактинеллид, в частности среди представителей *Plocoscyphia* (*Lychniscosa*). Представители *Balantionella* небезынтересны и при палеобиогеографических реконструкциях. Они известны в составе пионерских губковых сообществ, поселившихся в сеномане на юге Восточноевропейской провинции.



Тип Hexactinellida Smidt, 1869
Отряд Ductionina Zittel, 1878
Подотряд Hexactinosa Schrammen, 1936
Семейство Leptophragmidae (Goldfuss, 1833)
Подсемейство Guettardiscyphiinae
(Mantell, 1822)
Триба Balantionellina Schrammen, 1902
Подтриба Balantionellini Schrammen, 1902

Род *Balantionella* Schrammen, 1902
Balantionella–Schrammen, 1902, с. 2; Первушов, 1997, с. 39; Первушов, 1999, с. 108; 2002, с. 151.

Типовой вид – *Balantionella elegans* Schrammen, 1902; верхний мел, Германия.

Диагноз. Тонкостенные скелеты первично геммиформного строения. Транситорные, одиночные и, реже, автономные формы. Скелет колюминарный: от его центральной узкоконической или стволообразной части расположены сателлиты с субоскулюмами. Толщина стенки 0,5–1,5 мм. Дermalная скульптура прослеживается на поверхности сателлитов и вторичных лопастей. Прозопоры наиболее заметны в строении скульптуры и сравнимы по размерам с узлами ребер: 0,25–0,5 мм, реже до 0,7 мм, ребра более тонкие: 0,1–0,25 мм, реже 0,5 мм. Интерканаларный скелет из субпризматических клеток 0,28–0,4/0,14–0,28 мм, диаметр спикул 0,01–0,02 мм. Кортекс из плотных клеток 0,1–0,14–0,2 мм, диаметр спикул 0,01–0,03 мм. Плотность расположения прозопор 140–160. У сантонских форм толщина стенки до 1,5–2 мм, плотность прозопор – 120–130.

Замечания. В филогенезе группы сателлиты приобретают более крупные размеры и округлые очертания, меняется и расположение все более мелких субоскулюмов [4, 5], формируются вторичные лопасти.

Распространение. (?) Альб, сеноман – маастрихт Европы.

Состав. Три подрода: *Balantionella* (*Balantionella*) Schrammen, 1902; *B. (Lobatisocyphia)* Perv., 1997; *B. (Falsacava)*, subgen. nov.

Подрод *Balantionella (Balantionella)* Schrammen, 1902

Balantionella–Schrammen, 1902, с. 24;
Balantionella (Balantionella)–Первушов, 1997, с. 39; 1999, с. 108; 2002, с. 151–152.

Типовой вид – *Balantionella elegans* Schrammen, 1902; верхний мел, Германия.

Диагноз. Скелет в виде узкоконической роstralной колонны, сателлиты расположены поочередно по два – четыре на одном уровне, иногда образуя видимость спиральной ориентации. В нижнем интервале скелета сателлиты часто опущены вниз, в среднем и верхнем интервалах ориентированы горизонтально и чуть вздернуты вверх. Диаметр овальных и круглых субоскулюмов возрастает к верхней части скелета, их положение может смещаться к апикальному

окончанию сателлита. Оскулюм округло-полигональный, оконтурен вертикальной стенкой. Центральная часть парагастральной полости овально-щелевидная. Прикрепление осуществлялось, по-видимому, с помощью ризоидных спикул, иногда прослеживается площадка прикрепления. Полный изоморфизм с представителями лихнискос (*Plocoscyphia*), внешне отличаются упорядоченным развитием сателлитов и нижним положением субоскулюмов.

Морфогенез. В филогенезе группы прослежена тенденция к увеличению высоты скелета и диаметра сателлитов при сокращении их длины. Существенно изменялись очертания апикальной части сателлитов. Отмечено обратное соотношение в изменениях значений диаметра сателлита и субоскулюма [4, 5].

Тафономия. После гибели губки верхняя поверхность упавшего на бок скелета часто становилась субстратом для развития нескольких поколений мелких устриц. Этому способствовал сучковатый облик губки – в виде бревна с обломанными ветвями. Даже при незначительных перемещениях по поверхности осадка апикальные окончания сателлитов фрагментировались или стирались вместе с субоскулюмами.

Палеоэкология. В сеномане составляли губковые сообщества с мелкорослыми *Plocoscyphia*, *Guettardiscyphia* и колониальными *Leptophragmidae*, на юге провинции с *Paracratularia*. В маастрихте составляли «луговые» поселения с *Leptophragmidae*. Встречаются вместе с двустворчатыми и брюхоногими моллюсками. Условия обитания редко совпадали с режимом захоронения.

Видовой состав. Шесть видов. *Balantionella elegans* Schrammen, 1902; *B. melovatkensis* Perv., 1999; *B. fragilis* Perv., 1999; *B. rachigemma* Perv., 1999; *B. nevejkensis* Perv., 1999; *B. trioscula* Perv., 1999.

Сравнение. От *Lobatisocyphia* отличается роstralным строением скелета, отсутствием лопастей и явной вторичной полости.

Распространение. (?) Альб, сеноман – маастрихт Русской плиты.

Balantionella (Balantionella) elegans Schrammen, 1902

Фототабл. 1, фиг. 5.

Balantionella elegans–Schrammen, 1902, с. 24, табл. 4, фиг. 1-а.

Balantionella (Balantionella) elegans–Первушов, 1999, с. 108; 2002, с. 152.

Описание. Неравномерно-кустистый скелет высотой до 15 мм. От площадки прикрепления прослеживаются дугообразные ряды продолговатых и уплощенных сателлитов, полигональных очертаний. Ширина сателлитов достигает 15 мм, а их количество – 9–14. Субоскулюмы, диаметром до 4 мм, расположены ближе к основанию сателлитов.



З а м е ч а н и я . Скелет губки, представленный автором первоописания, несет черты искажений, о чем свидетельствует иррегулярное положение и ориентация сателлитов и, собственно, его облик. Поскольку скелет и фрагменты сателлитов из разных местонахождений и лишены явного сходства, возможно, они принадлежат разным формам. При уточнении положения сателлитов на продольных лопастьях вид может быть отнесен к *Lobatiscyphia*.

С р а в н е н и е . От *B. fragilis* отличается иррегулярным расположением уплощенных угловатых сателлитов и небольшими размерами.

Р а с п р о с т р а н е н и е . «Квадратные» слои северо-восточной Германии.

М а т е р и а л . Голотип.

Balantionella (Balantionella) melovatkensis Pervushov, 1999

Фототабл. 2, фиг. 1–5.

Balantionella (Balantionella) melovatkensis–Первушов, 1999, с. 108, табл. 1, фиг. 4, 5; 2002, с. 152, табл. 57, фиг. 5–7.

Н а з в а н и е в и д а от с. Меловатка.

Г о л о т и п . Экз. СГУ № 204/67; Волгоградская область, с. Меловатка; верхний мел, верхний сеноман.

О п и с а н и е . Невысокие (до 30 м) скелеты с удлиненными (9–11 мм) сателлитами, составляющими спиралевидные продольные ряды, соединяясь в основании. Центральная часть скелета очень узкая и щелевидная, диаметр 9–10 мм, диаметр скелета по апикальным участкам сателлитов до 25–30 мм. Сателлиты расположены поочередно по три-четыре на одном уровне, общим количеством до шести – девяти. Диаметр уплощенной апикальной части сателлита 5–7/7–9 мм, диаметр круглого субоскулюма 3–4 мм. Сателлиты несколько наклонены вниз и скульптурированы. В центральной части сателлита прослеживается сферическое возвышение, а на апикальном окончании – три вздернутых бугорка: один в центре и два боковых, расположенных симметрично. Соотношение диаметров сателлита и субоскулюма 2:2,5.

З а м е ч а н и я . Неравномерная статистическая выборка экземпляров из пород сеномана и турона, часто неудовлетворительная сохранность форм не позволяют выделить детальные возрастные группы. Эти губки образовывали «пионерские» поселения типа «губковых лугов» совместно с *Plocoscyphia* и *Guettardiscyphia*, также отличавшихся небольшими размерами.

С р а в н е н и е . От *B. fragilis* отличается скульптурированной поверхностью апикальной части сателлита.

Р а с п р о с т р а н е н и е . Верхний сеноман – нижний турон Поволжья.

М а т е р и а л . Более 30 экз., в основном это фрагменты скелета. Местонахождения: «Александровка-3», «Карьер завода силикатного кирпича» (Саратовская обл.); «Красный Яр-1», «Меловат-

ка-7, -9», «Чухонастовка-1, -4» (Волгоградская обл.); карьер Стойленского горно-обогатительного комбината (Белгородская обл.).

Balantionella (Balantionella) fragilis Pervushov, 1999

Фототабл. 3, фиг. 1–6.

Balantionella (Balantionella) fragilis–Первушов, 1999, с. 108, табл. I, фиг. 1–3; 2002, с. 152, табл. 57, фиг. 1–3.

Н а з в а н и е в и д а *fragilis* *лат.* – ломкий, хрупкий.

Г о л о т и п . Экз. СГУ № 121/106; г. Саратов, карьер завода силикатного кирпича; верхний мел, нижний сантон.

О п и с а н и е . Высота скелета 50–70 мм. Длина сателлитов достигает 15–17 мм. Оскулюм диаметром 10–35/12–17 мм образован вертикальной меандрирующей стенкой, повторяющей очертания несформированных сателлитов. Диаметр центральной части скелета 12–17/14–20 мм. В основании скелета сателлиты едва заметны, продольно сжаты. По направлению вверх уплощенность сателлитов сохраняется, но они становятся все более округлыми. На верхней поверхности сателлитов, едва наклоненной вниз, иногда проявлен продольный киль, нижняя же поверхность субоскулюма и с округлым субоскулюмом. У самых верхних сателлитов субоскулюм смещен к их апикальной части. Сателлиты расположены спиральными рядами, составляя очередное расположение по три-четыре на одном уровне. Количество сателлитов 15–17, реже около 10. Диаметр апикальной части сателлитов 5–12/8–12 мм, диаметр субоскулюмов 1,5–2 мм и до 4–5 мм. Соотношение диаметра сателлита и диаметра субоскулюма 2–3.

С р а в н е н и е . От *B. nevezkensis* отличается формой сателлитов, большим диаметром и расположением субоскулюмов.

Р а с п р о с т р а н е н и е . Нижний сантон правобережного Поволжья.

М а т е р и а л . Около 30 экз. Местонахождения: «Озерки-2, -4», «Алтынка», «Александровка-1, -3», «Багаевка», «Большой Мелик», «Пудовкино-1», «Мезино-Лапшиновка-1», «Красный Октябрь» (Саратовская область), «Ростовка» (Пензенская область); «Павловка» (Брянская область).

Balantionella (Balantionella) rachigemma Pervushov, 1999

Табл. 4, фиг. 3, 4.

Balantionella (Balantionella) rachigemma–Первушов, 1999, с. 109, табл. 2, фиг. 2; 2002, с. 152–153, табл. 56, фиг. 4, 5.

Н а з в а н и е в и д а *rachis* *лат.* – стержень; *gemma* *лат.* – почка.

Г о л о т и п . Экз. СГУ, № 122/1732; г. Саратов, Лысая гора; верхний мел, кампан.

О п и с а н и е . Скелет высотой более 33 мм с очень короткими (6–10 мм) сателлитами, составляющими едва уловимые спиральные ряды.



Сателлиты шаровидные в апикальной части, диаметром 6–9 мм, а диаметр субоскулюмов 1–1,5 мм; соотношение параметров 5:6. Количество сателлитов более 11. Диаметр центральной щелевидной части скелета до 15–20 мм. Диаметр оскулюма 11–12 мм, максимальный диаметр скелета до 30–36 мм.

С р а в н е н и е . От *B. fragilis* отличается формой и размерами сателлитов, небольшим диаметром субоскулюма.

Р а с п р о с т р а н е н и е . Кампан Саратовского Правобережья.

М а т е р и а л . Голотип.

Balantionella (Balantionella) nevejkensis Pervushov, 1999

Фототабл. 1, фиг. 1–4.

Balantionella (Balantionella) nevejkensis—Первушов, 1999, с. 109, табл. 1, фиг. 6; 2002, с. 153, табл. 57, фиг. 8, 9.

Н а з в а н и е вида от с. Нежежино.

Г о л о т и п . Экз. СГУ № 122/756-758; Саратовская обл., с. Нежежино, верхний мел, нижний маастрихт.

О п и с а н и е . Скелет высотой более 84 мм, сателлиты расположены поочередно и составляют вертикальные ряды, у верхнего края их длина достигает 15 мм. Один ряд образуют до 3–5 сателлитов. Диаметр оскулюма 18–20 мм. Диаметр центральной части скелета 20–25 мм, максимальный его диаметр – 46–50 мм. В основании скелета сателлиты едва заметны, продольно сжатые, а в верхней части они округлые, диаметром 13–14/16 мм, почти примыкают к несущей стенке. Диаметр субоскулюма 1–1,5 мм, у верхних сателлитов расположен в центре апикальной части.

С р а в н е н и е . Округлые сателлиты отличаются крупными размерами с очень мелкими субоскулюмами.

Р а с п р о с т р а н е н и е . Нижний маастрихт, основание зоны *Belemnitella lanceolata*.

М а т е р и а л . Восемь экз. Местонахождения: «Нежежино-1», «Банновский Поворот» (Саратовская обл.); «Бгенды-Сай» (Оренбургская обл.).

Balantionella (Balantionella) trioscula Pervushov, 1999

Фототабл. 3, фиг. 7–9.

Balantionella (Balantionella) trioscula—Первушов, 1999, с. 109, табл. 2, фиг. 3, 4; 2002, с. 153, табл. 52, фиг. 7, 8.

Н а з в а н и е вида *tria lat.* – три; *osculum lat.* – отверстие, ротик.

Г о л о т и п . Экз. СГУ № 122/945; Саратовская обл., с. Пудовкино; верхний мел, нижний сантон.

О п и с а н и е . Скелет автономной формы высотой 33–57 мм, образован тремя узкоконическими скелетами, которые срослись перемышками. Оскулюмы субквадратные с извилистыми очертаниями, диаметр 7–9/9–11 мм и 4–5/9–11 мм,

что обусловлено контурами несформированных сателлитов. Диаметр центральной части скелета до 30 мм, максимальный диаметр 35/45 мм и 28/39 мм. Количество коротких, длиной 4–4,5 мм и до 10–11 мм, сателлитов от 23 до 30. Сателлиты диаметром 5–6 мм и 7–8 мм, субцилиндрические – с округлой верхней и субплоской нижней поверхностью, в апикальной части часто изогнуты вниз, как самоварный краник. Размеры и положение субоскулюмов меняются по высоте скелета: в нижней части они мелкие и расположены на нижней поверхности сателлита, а верхней части – более крупные и расположены в апикальной части сателлита. Субоскулюмы крупные округлые (3–4 мм), занимают низ сателлита. Соотношение диаметра сателлита и субоскулюма 1,5:2.

З а м е ч а н и я . Автономные формы рассматриваются на инфравидовом уровне, так как являются результатом полимеризации «родительских» форм. В данном случае строение сателлитов и собственно скелета не имеет прямой аналогии с известными одиночными формами.

С р а в н е н и е . В составе рода единственная автономная форма.

Р а с п р о с т р а н е н и е . Нижний сантон правобережного Поволжья.

М а т е р и а л . Три экземпляра полной сохранности и один фрагментированный, искаженный скелет. Местонахождения: «Березина Речка», «Саратов», «Озерки-2», «Пудовкино-1» (Саратовская обл.).

Подрод Lobatiscyphia Pervushov, 1997

Balantionella (Lobatiscyphia)—Первушов, 1997, с. 39; 1999, с. 109; 2002, с. 153–154.

Н а з в а н и е подрода ...*lobatus lat.* – ...лопастный; *scyphus lat.* – бокал.

Т и п о в о й вид – *Balantionella (Lobatiscyphia) khitovi* Pervushov, 1997; Оренбургская обл., балка Бгенды-Сай; верхний мел, кампан.

Д и а г н о з . Вторично лопастные колониарные скелеты, лопасти которых образованы при слиянии оснований сателлитов. Сателлиты обособлены в той или иной степени, иногда проявлены только субоскулюмы. Верхняя центральная часть скелета полая – это вторичная полость, на участках желобов ограниченная стенкой, а на участках лопастей – оскулярной мембраной, которая перекрывает сегменты парагастральной полости. Лопастей продольные, иногда спиралевидные и дугообразные. На маргинальной ангулатной поверхности лопастей расположены сателлиты с мелкими круглыми субоскулюмами диаметром 1–2 мм, реже до 2,5 мм. Лопастей не поднимаются выше верхнего края, длина их различна по высоте скелета. Толщина стенки 1–1,5 мм, реже до 2 мм. Дермальная скульптура прослеживается на поверхности лопастей ближе к желобам. Прозопоры округлые (0,38–0,5 мм) сравнимы по размерам с узлами ребер (0,25–0,38–0,5 мм); ширина ребер 0,1–0,4 мм.



З а м е ч а н и я . Оскулярная мембрана редко прослеживается близ верхнего края и по фрагментам лопастей (фототабл. 4, фиг. 2). Прослеживается синхронный параллелизм в формировании спирально-лопастных скелетов с маастрихтскими представителями *Spirospongia* (*Lychniscosa*) [6–8].

С р а в н е н и е . От *Balantionella* отличается наличием вторичной полости и продольных лопастей с сателлитами.

Р а с п р о с т р а н е н и е . Кампан – маастрихт востока Русской плиты.

С о с т а в . Пять видов. *Lobatiscyphia khitovi* Perv., 1997; *L. ingenita*, sp. nov.; *L. lampada*, sp. nov.; *L. treinstabile*, sp. nov.; *L. abieramosa*, sp. nov.

Balantionella (Lobatiscyphia) khitovi Pervushov, 1997

Фототабл. 5, фиг. 2.

Balantionella (*Lobatiscyphia*) *khitovi*–Первушов, 1997, с. 40, табл. II, фиг. 2; 1999, с. 110; 2002, с. 154, табл. 58, фиг. 1.

Н а з в а н и е вида в честь геолога-нефтяника В. П. Хитова.

Г о л о т и п . Экз. СГУ № 122/751; Оренбургская обл., балка Бгенды-Сай; верхний мел, кампан.

О п и с а н и е . Субцилиндрический бокал высотой до 75 мм, диаметр вторичного оскулюма 15 мм, диаметр вторичной полости до 30–52 мм. Сателлиты обособлены в основании скелета, ближе к верхнему краю сливаются в лопасти высотой до 8–25 мм. На одной лопасти расположено до пяти сателлитов округло-квадратной формы с субплоской нижней и наклонной верхней поверхностью. Сателлиты ориентированы вдоль лопасти, иногда расположены диагонально, нависая друг над другом. Длина сателлитов максимальна в средней части скелета. Лопастей плотно расположены, а ложбины между ними глубокие и узкие. Ширина лопасти (7–10 мм) чуть меньше диаметра сателлита (8–10/8–12 мм). Диаметр субоскулюмов 0,5–1,5 мм.

С р а в н е н и е . От *L. lampada* отличается плотным расположением уплощенных лопастей, короткими уплощенными сателлитами.

Р а с п р о с т р а н е н и е . Кампан Оренбургского Приуралья.

М а т е р и а л . Голотип, половина скелета.

Balantionella (Lobatiscyphia) ingenita Pervushov, sp. nov.

Фототабл. 2, фиг. 6, 7.

Н а з в а н и е вида *ingenitus lat.* – перво родный.

Г о л о т и п . Экз. СГУ № 122/3000; Волгоградская обл., «Меловатка-7»; верхний мел, верхний сеноман – нижний турон.

О п и с а н и е . Скелеты высотой до 40–50 мм, образованы тремя невысокими лопастями (до 5 мм), на которых поочередно расположены короткие сателлиты, ориентированные в противоположные стороны. Скелет узкоконический, диаметр

по сателлитам 16/22 мм, по стержневой части 8–14 мм. Высота лопастей до 3–5 мм, ширина 6–8 мм. Лопастей маскируются плотно расположенными короткими сателлитами, длина которых 3–5 мм, а диаметр 4–6 мм. На одной лопасти располагается от 4–5 до 7–8 сателлитов, наклоненных вниз. Большой диаметр субоскулюмов до 2–3 мм, что характерно для сеноманских представителей рода. Из-за плотного и диагонального расположения сателлитов ангулатная поверхность лопасти почти не видна, ее наличие и линейность подчеркиваются узкими желобами.

С р а в н е н и е . Наиболее низкорослый представитель рода с очень плотным расположением сателлитов и большим диаметром субоскулюмов.

Р а с п р о с т р а н е н и е . Верхний сеноман – нижний турон юго-востока Русской плиты.

М а т е р и а л . Пять экземпляров, из них три скелета полной сохранности. Местонахождения: «Александровка-1» (Саратовская обл.); «Меловатка-7; -9»; «Чухонастовка-4» (Волгоградская обл.); карьер Стойленского горно-обогатительного комбината (Белгородская обл.).

Balantionella (Lobatiscyphia) lampada Pervushov, sp. nov.

Фототабл. 4, фиг. 1, 2.

Н а з в а н и е вида *lampada lat.* – лампада.

Г о л о т и п . Экз. СГУ № 122/7699; Саратовская обл., «Банновский Поворот»; верхний мел, верхний маастрихт.

О п и с а н и е . Скелет высотой до 80–85 мм, конический облик обусловлен возрастанием высоты лопастей к верхнему краю. Диаметр скелета в верхней части 50/70 мм, в средней – 30/40 мм. Диаметр вторичного оскулюма 25/30 мм. В основании скелета три дихотомирующие лопасти, у верхнего края их пять – шесть. Высота лопастей до 7–12 мм, а ширина 13–15 мм, ангулатная поверхность округлая. Сателлиты, до трех на лопасти, в виде длинных выростов расположены в основании и верхней части лопастей, где достигают длины 25–30 мм при диаметре 12–15/15–17 мм. В средней части скелета сателлиты едва проявлены. Желоба узкие линейные. Субоскулюмы, диаметр которых уменьшается в верхней части скелета, расположены в центре или чуть выше апикального окончания сателлитов.

С р а в н е н и е . От *L. khitovi* отличается равномерно-концентрическим положением крупных и округлых лопастей, большей длиной сателлитов.

Р а с п р о с т р а н е н и е . Маастрихт правобережного Поволжья.

М а т е р и а л . Четыре скелета полной сохранности и два фрагмента.

Balantionella (Lobatiscyphia) treinstabile Pervushov, sp. nov.

Фототабл. 6, фиг. 2.

Н а з в а н и е вида *tres lat.* – три; *instabilis lat.* – валкий.



Г о л о т и п. Экз. СГУ № 122/6979; Саратовская обл., «Банновский Поворот»; верхний мел, верхний маастрихт.

О п и с а н и е. Субцилиндрический, слабо изогнутый скелет высотой до 110 мм, образованный протяженными широкими и невысокими лопастями, на ангулатной поверхности которых едва выступают округлые сателлиты. Диаметр скелета 25–30/35–40 мм, мало изменяется по его высоте. В основании скелета три лопасти, дихотомирующие и исчезающие по его высоте, у верхнего края их количество составляет 5–6. Диаметр вторичного округло-полигонального оскулюма 20/25 мм. Высота лопастей почти не меняется по высоте скелета (5–12 мм), так же как и их ширина (12–14 мм). Сателлиты едва выражены на ангулатной поверхности лопастей в виде округлых возвышенностей, что придает скелету волнообразный облик. На одной лопасти располагается до трех сателлитов, в апикальной части которых находятся субоскулюмы диаметром до 2–2,5 мм. Желоба неглубокие и широкие. Прослеживаются линии пережимов.

С р а в н е н и е. От *L. lampada* отличается субцилиндрическим обликом, редкими и морфологически слабо обособленными сателлитами.

Р а с п р о с т р а н е н и е. Маастрихт правобережного Поволжья.

М а т е р и а л. Два скелета полной сохранности и один фрагмент.

***Balantionella (Lobatisyphia) abieramosa* Pervushov, sp. nov.**

Фототабл. 6, фиг. 1.

Н а з в а н и е вида *abies* *лат.* – ель; *ramosus* *лат.* – ветвистый.

Г о л о т и п. Экз. СГУ № 122/7526; Саратовская обл., «Банновский Поворот»; верхний мел, верхний маастрихт.

О п и с а н и е. Скелет высотой до 60 мм, три лопасти в верхней части отчетливые, расположены под углом в 120 градусов. Высота лопастей резко возрастает к верхней части скелета (до 10–20 мм), их латусные поверхности плоские и параллельные. Ширина лопастей постоянна – 10–11 мм. Максимальный диаметр скелета по лопастям 35/45 мм, диаметр стержневой части 18/23 мм. Длина сателлитов максимальна близ верхнего края – до 10–13 мм, верхняя поверхность округлая и наклонена под углом в 45 градусов. Сателлиты являются продолжением лопасти, их диаметр (8–10 мм) немногим меньше ее ширины. Желоба широкие, открытые.

С р а в н е н и е. От близкородственных форм отличается регулярным расположением трех лопастей и строением сателлитов.

Р а с п р о с т р а н е н и е. Маастрихт правобережного Поволжья.

М а т е р и а л. Два экземпляра.

Подрод *Balantionella (Falsacava) Pervushov, subgen. nov.*

Balantionella (Lobatisyphia) – Первушов, 1997, с. 39; Первушов, 1999, с. 109; 2002, с. 153–154.

Н а з в а н и е подрода *falsus* *лат.* – ложный; *cavus* *лат.* – полость.

Т и п о в о й вид – *Balantionella (Falsacava) khudjakovi* (Pervushov, 1999); г. Саратов; верхний мел, кампан.

Д и а г н о з. Внешний облик губки – низкая чаша с многочисленными неровными ручками – лопастями. Центральная часть скелета полая – это ложная полость, ограниченная дермальной поверхностью стенки. От внешней стороны бокала отходят дугообразные лопасти, на ангулатной поверхности которых расположены округлые сателлиты с мелкими круглыми субоскулюмами. Ширина лопастевидной парагастральной полости 5–7 мм. Наибольшей длины лопасти достигают в средней своей части. Ширина лопасти (7–10 мм) чуть меньше диаметра сателлита (8–10/8–12 мм). Диаметр субоскулюма 0,5–1,5 мм. Прозопоры округлые (0,38–0,5 мм), сравнимы по размерам с узлами ребер (0,25–0,38–0,5 мм), ширина ребер 0,1–0,4 мм. Плотность расположения прозопор – 140–160.

С р а в н е н и е. От *Balantionella* и *Lobatisyphia* отличается субконической ложной полостью, замкнутой парагастральной полостью.

Р а с п р о с т р а н е н и е. Кампан юго-востока Русской плиты.

С о с т а в. Типовой вид.

***Balantionella (Falsacava) khudjakovi* (Pervushov, 1999)**

Фототабл. 5, фиг. 1.

Balantionella (Lobatisyphia) khudjakovi – Первушов, 1999, с. 110, табл. 2, фиг. 1; 2002, с. 154, табл. 58, фиг. 2.

Н а з в а н и е вида в честь Д. С. Худякова.

Г о л о т и п. Экз. СГУ № 121/389; г. Саратов; верхний мел, кампан.

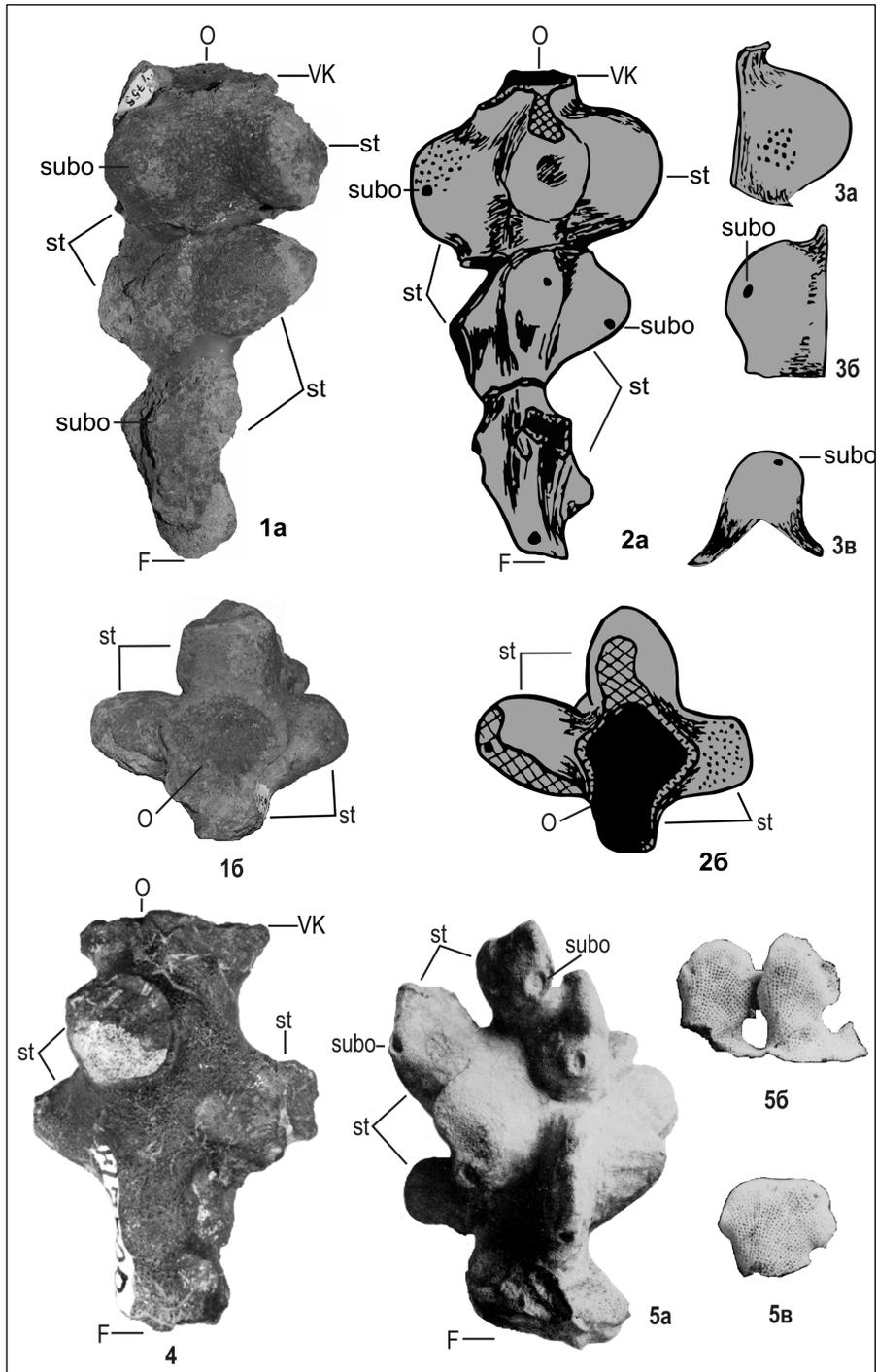
О п и с а н и е. Низкий, до 50 мм, и ширококонический, вероятно, полузамкнутый бокал с тремя субспиральными лопастями. Диаметр бокала по верхнему краю до 57 мм, ложного оскулюма 37 мм. Диаметр скелета вместе с лопастями более 80 мм. Наибольшая длина лопасти в средней ее части до 40–60 мм. Сателлиты продолговатые, овально-вытянутые, обособлены в средней части лопасти. На одной лопасти расположено до пяти-семи сателлитов, некоторые из них соприкасаются с сателлитами соседних лопастей. Прослеживаются две-три плавные линии пережимов. Лопасты расположены нерегулярно, поэтому желоба узкие или широкие.

Р а с п р о с т р а н е н и е. Как у голотипа.

М а т е р и а л. Голотип и слепок ложной полости.



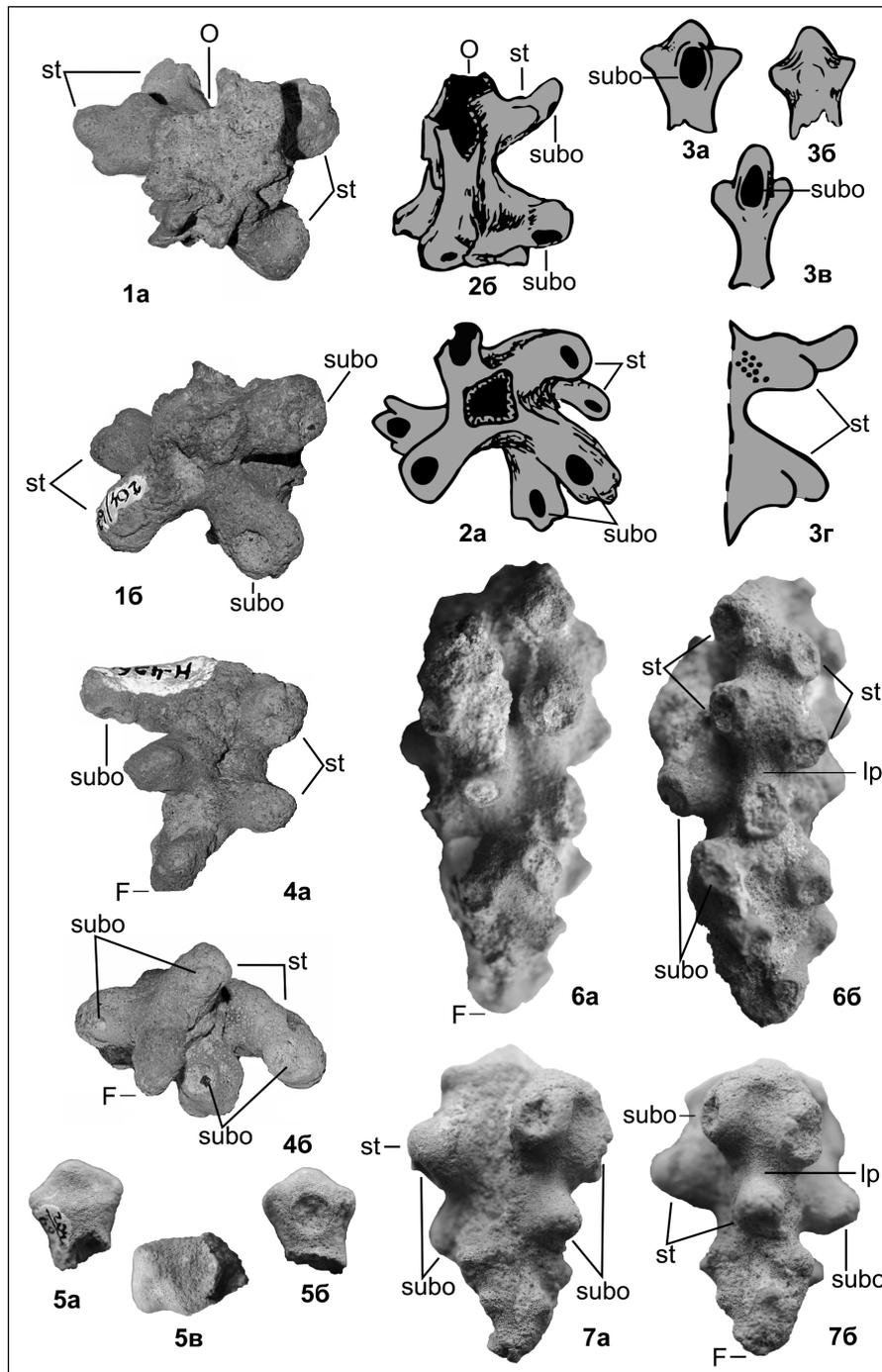
Фототаблица 1



Фиг. 1. *Balantionella (Balantionella) nevejkinesis* Perv., 1999. Экз. СГУ, № 122/755 (x1): 1а – сбоку, 1б – сверху. Саратовская обл., «Невежино-1», маастрихт. Фиг. 2. *Balantionella (Balantionella) nevejkinesis* Perv., 1999. Экз. СГУ, № 122/755 (x1): прорисовка скелета: 2а – сбоку, 2б – сверху. Саратовская обл., «Невежино-1», маастрихт. Фиг. 3. *Balantionella (Balantionella) nevejkinesis* Perv., 1999. Экз. СГУ, № 122/755 (x1): прорисовка строения сателлита: 3а, 3б – сбоку, с противоположных сторон, 3в – снизу. Саратовская обл., «Невежино-1», маастрихт. Фиг. 4 *Balantionella (Balantionella) nevejkinesis* Perv., 1999. Экз. СГУ, № 122/7700 (x1): сбоку. Саратовская обл., «Банновский поворот», маастрихт. Фиг. 5. *Balantionella (Balantionella) elegans* Schrammen, 1902. По материалам: Schrammen, 1902, с. 24, табл. 4, фиг. 1а-б (x1): 5а – сбоку, 5б-в – фрагменты сателлитов сверху. Германия (г. Мизбург, г. Оберг), «квадратный» мел. Условные обозначения: F – основание скелета, O – оскулом, VK – верхний край, st – сателлит, subo – субоскулом



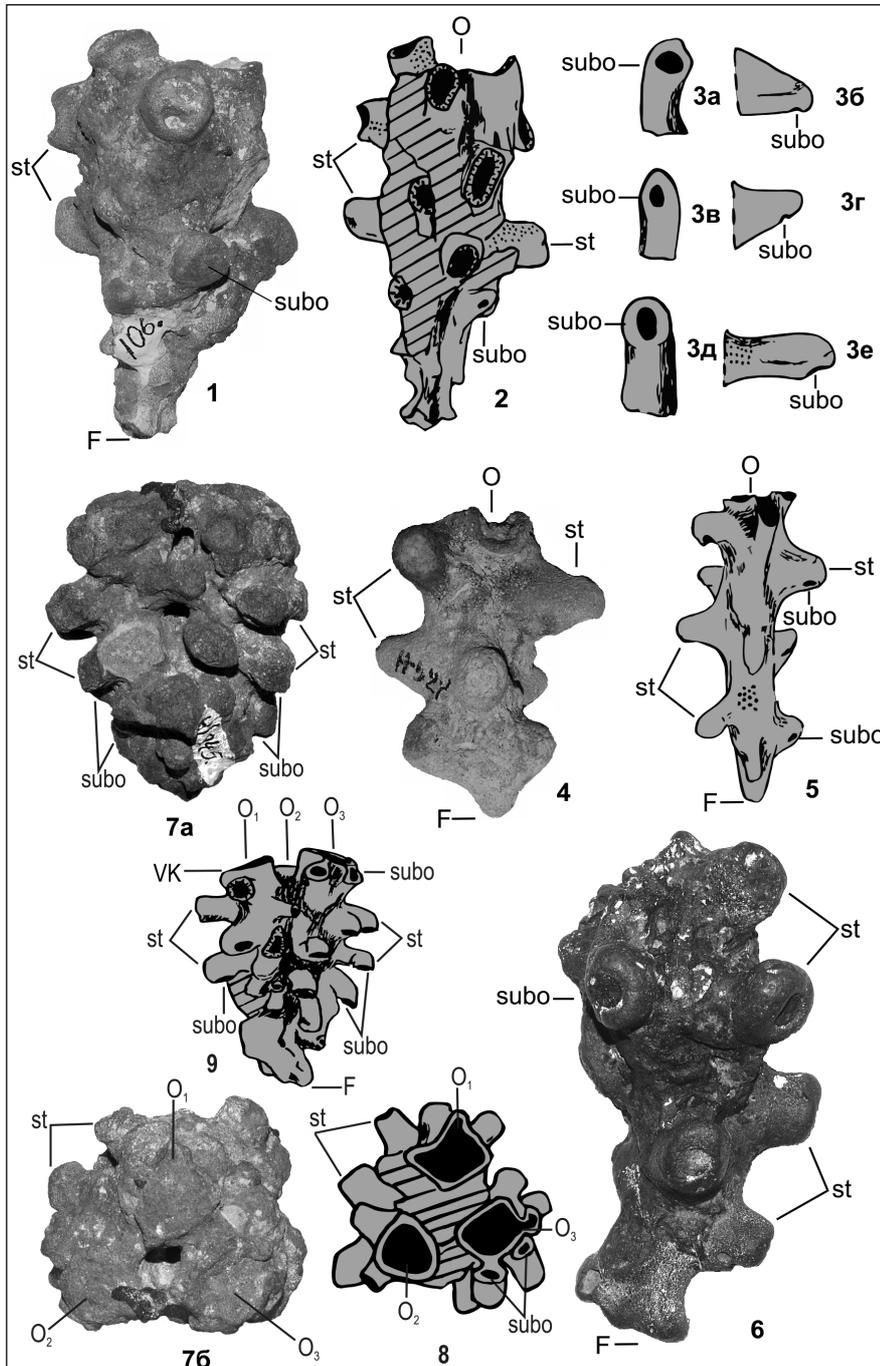
Фототаблица 2



Фиг. 1. *Balantionella (Balantionella) melovatkensis* Perv., 1999. Экз. СГУ, № 204/67-69 (x1,5): 1а – сверху, 1б – снизу. Волгоградская обл., «Меловатка-9», верхний сеноман. Фиг. 2. *Balantionella (Balantionella) melovatkensis* Perv., 1999. Экз. СГУ, № 204/67-69 (x1,5): прорисовка скелета: 2а – снизу, 2б – сбоку. Волгоградская обл., «Меловатка-9», верхний сеноман. Фиг. 3. *Balantionella (Balantionella) melovatkensis* Perv., 1999. Экз. СГУ, № 204/67-69 (x1,5): строение сателлитов и субоскулов: 3а, 3в – снизу, 3б – сверху, 3г – сателлиты верхнего и нижнего интервалов скелета. Волгоградская обл., «Меловатка-9», верхний сеноман. Фиг. 4. *Balantionella (Balantionella) melovatkensis* Perv., 1999. Экз. СГУ, № 122/426 (x1,2): 4а – сбоку, 4б – снизу. Волгоградская обл., «Красный Яр – 1», верхний сеноман – нижний турон. Фиг. 5. *Balantionella (Balantionella) melovatkensis* Perv., 1999. Экз. СГУ, № 204/69 (x1,5): фрагмент сателлита: 5а – сверху, 5б – снизу, 5в – сбоку. Волгоградская обл., «Меловатка-9», верхний сеноман. Фиг. 6. *Balantionella (Lobatiscyphia) ingenita* sp. nov. Экз. СГУ, № 122/5582 (x1,5): 6а-б – сбоку, с противоположных сторон. Белгородская обл., «Стойленский карьер», сеноман. Фиг. 7. *Balantionella (Lobatiscyphia) ingenita* sp. nov. СГУ, № 122/3000 (x1,5): 7а-б – сбоку, с противоположных сторон. Волгоградская обл., «Меловатка-7», сеноман. Условные обозначения: О – оскулом, F – основание скелета, st – сателлит, subo – субоскулом



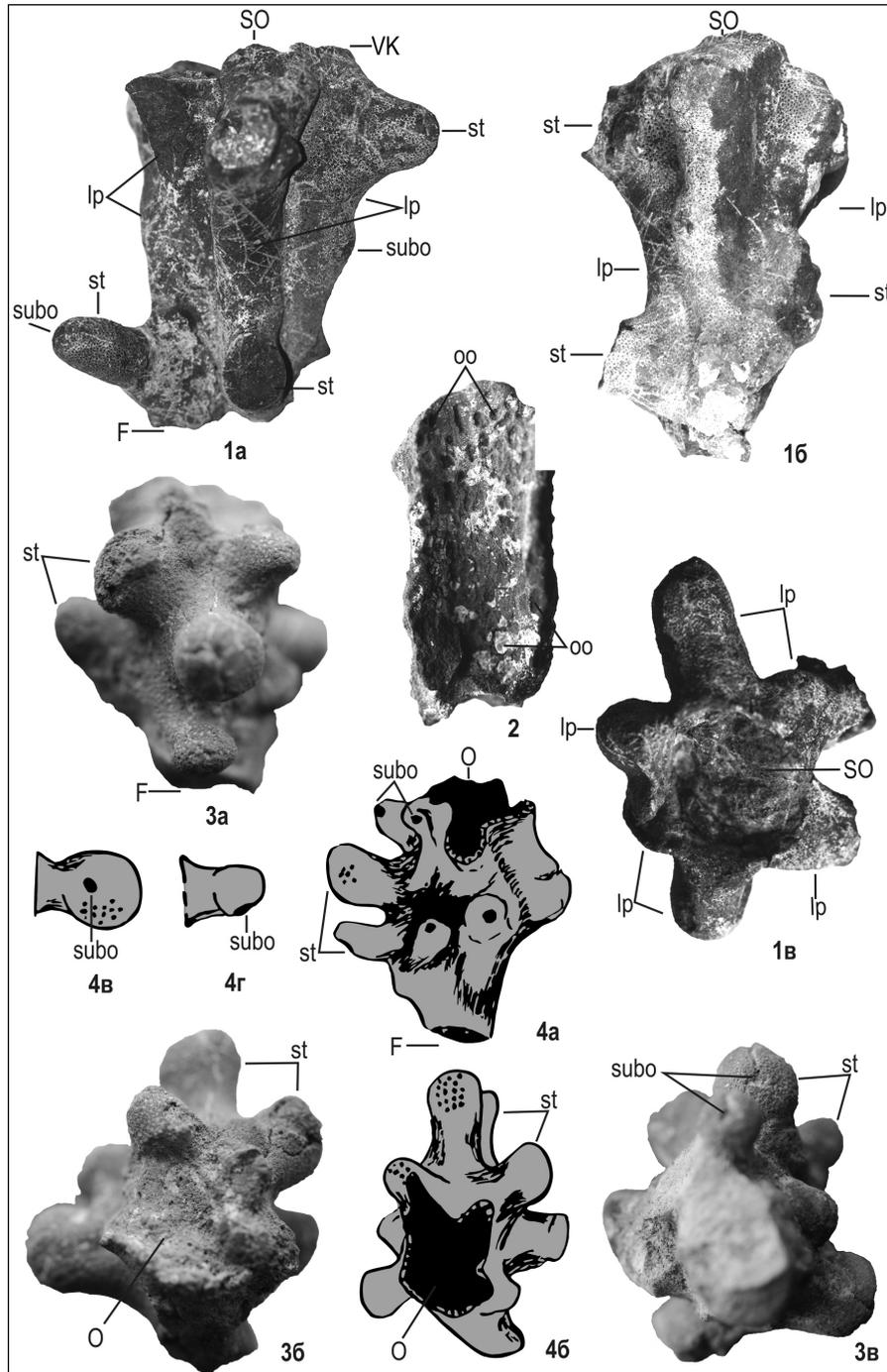
Фототаблица 3



Фиг. 1. *Balantionella (Balantionella) fragilis* Perv., 1999. Экз. СГУ, № 121/106 (x1): сбоку. Г. Саратов, карьер завода силикатного кирпича, нижний сантон. Фиг. 2. *Balantionella (Balantionella) fragilis* Perv., 1999. Экз. СГУ, № 121/106 (x1): прорисовка скелета сбоку (диагональная штриховка – фосфатный цемент). Г. Саратов, карьер завода силикатного кирпича, нижний сантон. Фиг. 3. *Balantionella (Balantionella) fragilis* Perv., 1999. Экз. СГУ, № 122/527 (x1): строение сателлитов, расположенных на разной высоте скелета: 3а, 3б, 3д – снизу, 3б, 3г, 3е – сбоку. Г. Саратов, нижний сантон. Фиг. 4. *Balantionella (Balantionella) fragilis* Perv., 1999. Экз. СГУ, № 122/527 (x1,1): сбоку. Г. Саратов, нижний сантон. Фиг. 5. *Balantionella (Balantionella) fragilis* Perv., 1999. Экз. СГУ, № 122/527 (x1,1): прорисовка скелета сбоку. Г. Саратов, нижний сантон. Фиг. 6. *Balantionella (Balantionella) fragilis* Perv., 1999. Экз. СГУ, № 122/5998 (x1,1): сбоку. Саратовская обл., «Озерки-2», нижний сантон. Фиг. 7. *Balantionella (Balantionella) trioscula* Perv., 1999. Экз. СГУ, № 122/945 (x1): 7а – сбоку, 7б – сверху. Г. Саратов, нижний сантон. Фиг. 8. *Balantionella (Balantionella) trioscula* Perv., 1999. Экз. СГУ, № 122/945 (x1): прорисовка скелета сверху. Г. Саратов, нижний сантон. Фиг. 9. *Balantionella (Balantionella) trioscula* Perv., 1999. Экз. СГУ, № 122/1443 (x1): прорисовка скелета сбоку. Г. Саратов, нижний сантон. Условные обозначения: F – основание скелета, O_{1,3} – оскулом (оскулюмы), VK – верхний край, st – сателлит, subo – субоскулом



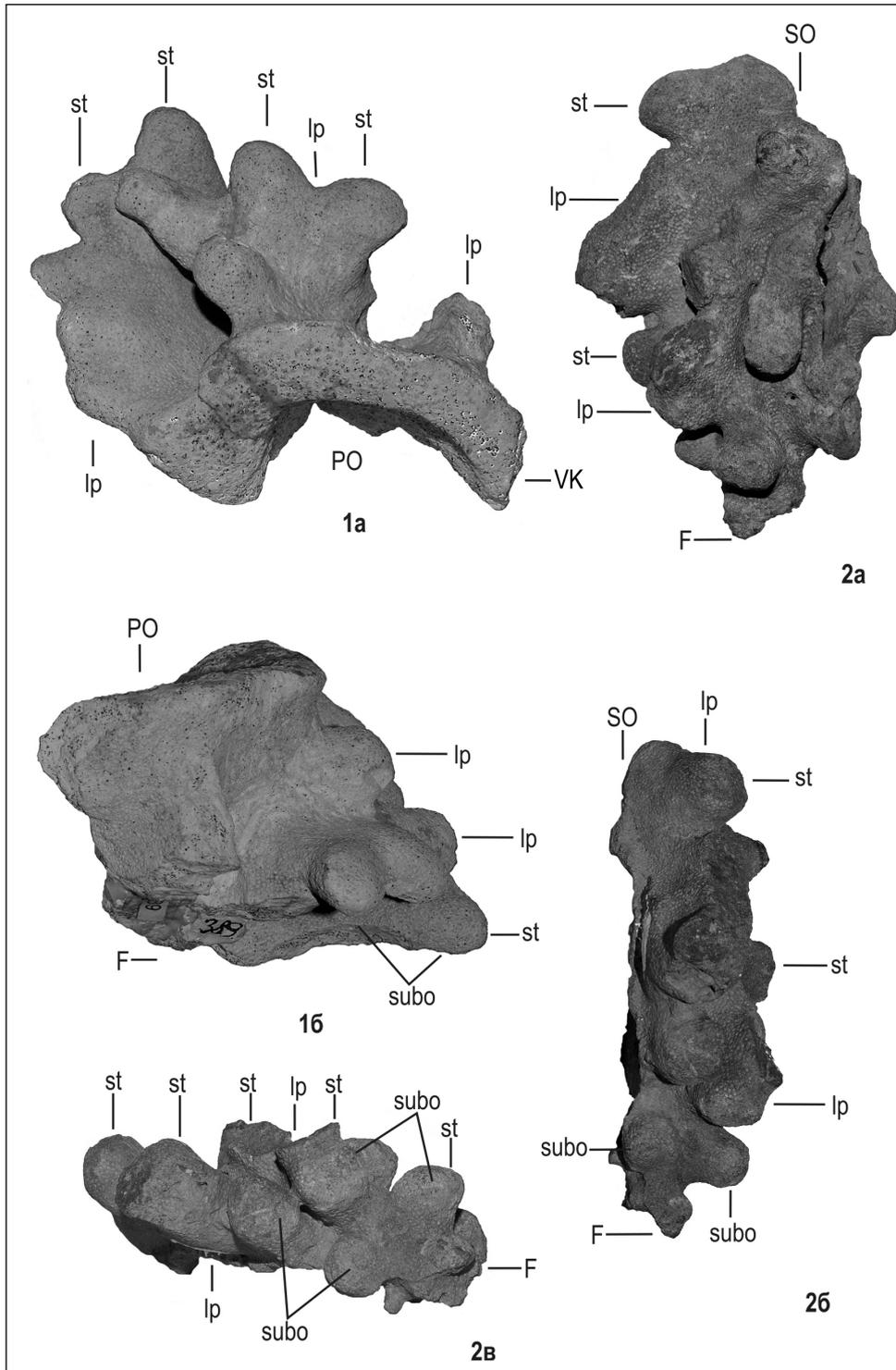
Фототаблица 4



Фиг. 1. *Balantionella (Lobatisyphia) lampada* sp. nov. Экз. СГУ, № 122/7699 (x0,8): 1а – 1б – сбоку, со смежных сторон, 1в – сверху. Саратовская обл., «Банновский Поворот», маастрихт. Фиг. 2. *Balantionella (Lobatisyphia)* sp. ind. Экз. СГУ, № 122/7285 (x 1), фрагмент лопасти с сателлитом: оскулярная мембрана парагастральной поверхности. Саратовская обл., «Банновский Поворот», маастрихт. Фиг. 3. *Balantionella (Balantionella) rachigemma* Perv., 1999. Экз. СГУ, № 122/1732 (x1,5): 3а – сбоку, 3б – сверху, 3в – снизу. Г. Саратов, кампан. Фиг. 4. *Balantionella (Balantionella) rachigemma* Perv., 1999. Экз. СГУ, № 122/1732 (x1,5): прорисовка скелета: 4а – сбоку, 4б – снизу, 4в – сателлит снизу, 4г – сателлит сбоку. Г. Саратов, кампан. Условные обозначения: F – основание скелета, O – оскулюм, SO – вторичный оскулюм, VK – верхний край, lp – лопасть, oo – оскулярные отверстия, st – сателлит, subo – субоскулюм



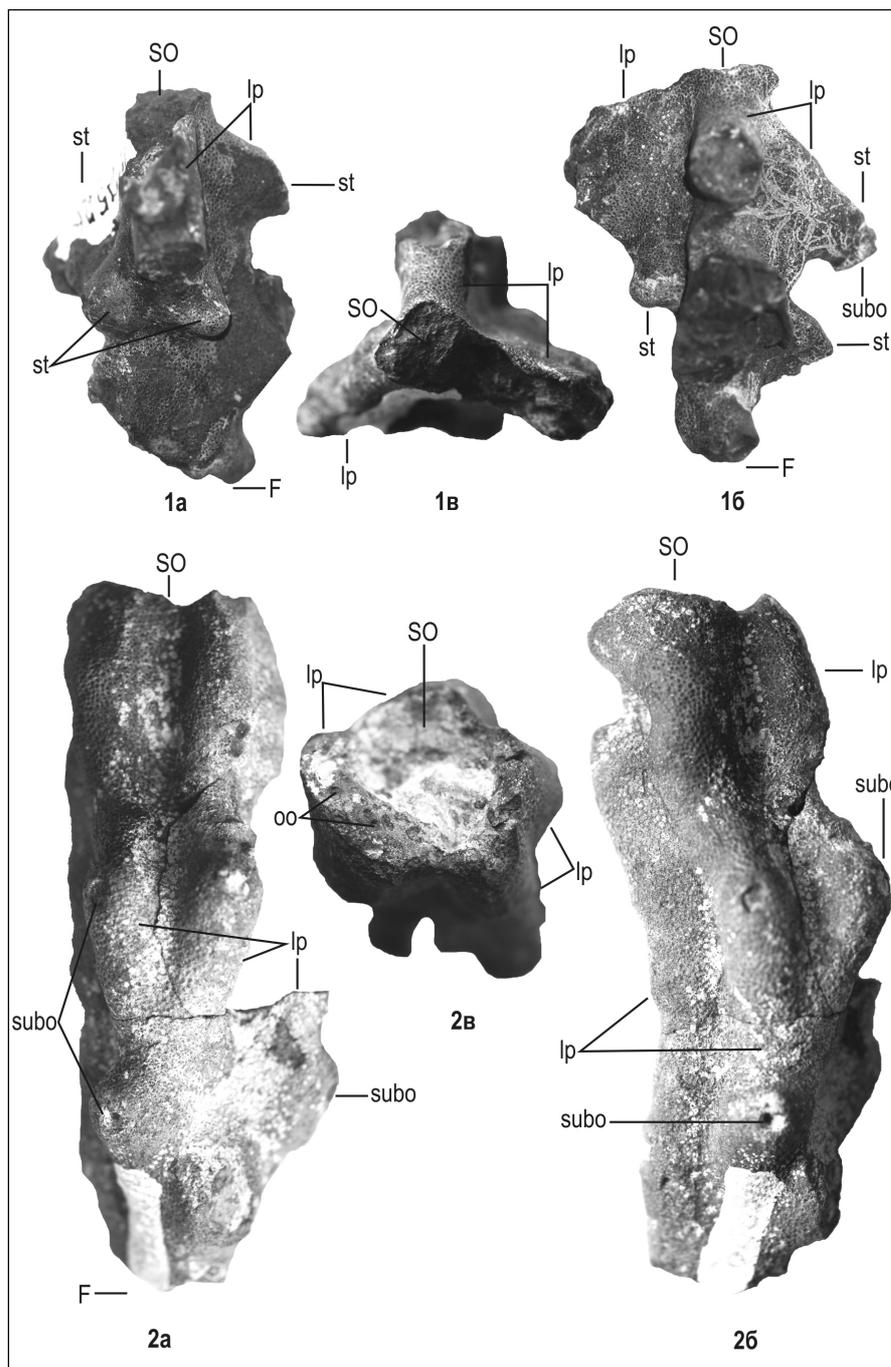
Фототаблица 5



Фиг. 1. *Balantionella (Falsacava) khudjakovi* (Perv., 1999). Экз. СГУ, № 121/389 (x1,1): 1а – сверху, 1б – сбоку. Г. Саратов, Лысяя гора. Кампан. Фиг. 2 *Balantionella (Lobatiscyphia) khitovi* Perv., 1997. Экз. СГУ, № 122/751 (x1,1): фрагментированный скелет: 2а – широкая сторона, 2б – узкая сторона, 2в – снизу. Оренбургская обл., «Бгенды-Сай», кампан – маастрихт. Условные обозначения: F – основание скелета, PO – ложный оскулюм, SO – вторичный оскулюм, k – верхний край, lp – лопасть, st – сателлит, subo – субоскулюм



Фототаблица 6



Фиг. 1. *Balantionella (Lobatiscyphia) abieramosa* sp. nov. Экз. СГУ, № 122/7526 (x1): 1а – 1б – сбоку, со смежных сторон, 1в – сверху. Саратовская обл., «Банновский Поворот», маастрихт. Фиг. 2. *Balantionella (Lobatiscyphia) trienstabile* sp. nov. Экз. СГУ, № 122/6979 (x1): 2а – 2б – сбоку, со смежных сторон, 2в – сверху. Саратовская обл., «Банновский Поворот», маастрихт. Условные обозначения: F – основание скелета, SO – вторичный оскулом, lp – лопасть, oo – оскулярные отверстия, st – сателлит, subo – субоскулом



Библиографический список

1. Schrammen A. Zur systematik der Kieselspongien // Mitt. Roemer-Muss. 1902. № 19. S. 1–21.
2. Первушов Е. М. Морфотипы позднемеловых гексактинеллид (Porifera, Hexactinellida) // Изв. Саратов. ун-та. Нов. сер. Сер. Науки о Земле. 2017. Т. 17, вып. 1. С. 39–51.
3. Первушов Е. М. Модульная организация позднемеловых гексактинеллид (Hexactinellida, Porifera) // Изв. Саратов. ун-та. Нов. сер. Сер. Науки о Земле. 2017. Т. 17, вып. 3. С. 171–181.
4. Первушов Е. М. Род *Balantionella* Schrammen, 1902: состав и филогенез // Тр. / НИИ геологии СГУ им. Н. Г. Чернышевского. Нов. сер. 1999. Т. 1. С. 107–111.
5. Первушов Е. М., Яночкин С. В. Представления о морфогенезе позднемеловых *Balantionella* Schrammen, 1902 (Porifera, Hexactinellida, Leptophragmidae) // Тр. / НИИ геологии СГУ им. Н. Г. Чернышевского. Нов. сер. 2001. Т. VIII. С. 15–20.
6. Кравцов А. Г. Винтообразные губки из маастрихта Горного Крыма // Палеонтол. журн. 1968. № 3. С. 124–127.
7. Кравцов А. Г., Келль С. А., Кликушин В. Г. Фауна меловых отложений Горного Крыма. Л., 1983. 124 с.
8. Первушов Е. М. Позднемеловые скелетные гексактинеллиды России. Морфология и уровни организации. Семейство *Ventriculitidae* (Phillips, 1875), partim; семейство *Coeloptychiidae* Goldfuss, 1833 – (Lychniscosa); семейство *Leptophragmidae* (Goldfuss, 1833) – (Hexactinosa). Саратов, 2002. 274 с.

Образец для цитирования:

Первушов Е. М. Род *Balantionella* Schrammen, 1902 (Porifera, Hexactinellida) // Изв. Саратов. ун-та. Нов. сер. Сер. Науки о Земле. 2018. Т. 18, вып. 2. С. 122–134. DOI: 10.18500/1819-7663-2018-18-2-122-134.

Cite this article as:

Pervushov E. M. On the Genus *Balantionella* Schrammen, 1902 (Porifera, Hexactinellida). *Izv. Saratov Univ. (N. S.), Ser. Earth Sciences*, 2018, vol. 18, iss. 2, pp. 122–134 (in Russian). DOI: 10.18500/1819-7663-2018-18-2-122-134.



УДК 553.98

ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ НЕФТЕГАЗОНОСНОСТИ ДЕВОНСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ СВИНЦОВСКОЙ ВПАДИНЫ САРАТОВСКОЙ ОБЛАСТИ

А. А. Пятаев

Пятаев Александр Алексеевич, кандидат геолого-минералогических наук, главный геолог ООО «Геосистемы», Саратов, geosystems@mail.ru

Исходя из анализа результатов геологоразведочных работ предшествующих лет можно с уверенностью предположить возможность открытия месторождений нефти и газа в терригенно-карбонатных отложениях девонского комплекса, перспективы которых доказаны повсеместно в пределах прилегающих территорий Рязано-Саратовского мегапрогиба и Степновского сложного вала. Наряду с этим до сих пор остаются неясными геологическое строение и перспективы открытия месторождений углеводородов в пределах Свинцовской впадины и её обрамления. Представлена геологическая характеристика воробьевского, ардатовского, тимано-пашийского, семилукско-саргаевского нефтегазоносных комплексов. Дано описание перспективных выявленных и подготовленных положительных структур.

Ключевые слова: Свинцовская впадина, девон, воробьевский, ардатовский, тимано-пашийский, семилукский, саргаевский, данково-лебедянский, горизонт, нефтегазоносность, терригенный, карбонатный, структура, залежь, ловушка, нефть, газ, ресурсы.

Geological Structure and Petroleum Potential of the Svintsovskaya Depression Devonian Deposits in the Saratov Region

A. A. Piataev

Aleksandr A. Piataev, ORCID 0000-0001-7696-2415, Geosistemy LLC, 28, Zarubina Str., Saratov, 410003, Russia, geosystems@mail.ru

Based on geological survey data from previous years, it is safe to say that there is a possibility of oil and gas discovery in the Devonian terrigenous-carbonate deposits, similar to the findings in the regions known as the Ryazano-Saratovskiy Basin and the Stepnovskaya Anticline, as well as its adjacent areas. Yet the geological structure and a potential for discovery of recoverable hydrocarbon deposits within the Svintsovskaya Depression are still unclear. There are geological characteristics of the Vorobyovsky, Ardatovsky, Timano-Pashisky and Semiluksko-Sargaevsky petroliferous complexes covered in the article. There are prospective detected and developed depressions and basins described below.

Key words: Svintsovskaya Depression, devonian, vorobyovsky, ardatovsky, timano-pashisky, semiluksky, sargaevsky, dankovo-lebedyansky, chronohorizon, petroleum potential, terrigenous, calcareous, geologic structure, deposit, petroleum trap, oil, natural gas, resource.

DOI: 10.18500/1819-7663-2018-18-2-135-145

Правобережная часть Саратовской области является одним из старейших нефтегазоносных районов в составе обширной Волго-Уральской нефтегазоносной провинции, в пределах которой



выявлены многочисленные газовые, газоконденсатные и нефтяные месторождения. Нефтегазоносность данного региона связана как с терригенными, так и с карбонатными отложениями, многие месторождения многопластовые. Основными объектами поисков залежей углеводородов в Саратовском Правобережье являются терригенно-карбонатные отложения каменноугольного возраста [1]. В настоящей статье рассмотрим некоторые особенности геологического строения, нефтегазоносности и перспективы открытия месторождений углеводородов в терригенно-карбонатных отложениях девонского комплекса, в пределах Свинцовской впадины.

Геологическое строение. Согласно тектонической схеме, Свинцовская впадина расположена в пределах юго-восточного замыкания Рязано-Саратовского мегапрогиба, общая протяженность которого составляет порядка 650 км, а в поперечнике достигает до 200 км. Борты мегапрогиба четко ограничиваются сериями параллельных глубинных разломов северо-западного простирания. В пределах прогиба в осадочном покрове выделен ряд зон: **I – зоны поднятий:** 1 – Саратовские дислокации, 2 – Петровско-Карабулакский вал, 3 – Елшано-Сергиевский вал, 4 – Степновский сложный вал, 5 – Мокроусовский вал, 6 – Ерусланский вал, 7 – Мироновская приподнятая зона; **II – зоны погружений:** а – Корсаковская впадина, б – Свинцовская впадина, в – Дубровский прогиб, г – Воскресенская впадина, д – Карамышская впадина, е – Волжский прогиб (рис. 1).

Таким образом, Свинцовская впадина является тектоническим элементом II порядка и расположена в сложно построенной зоне сочленения Степновского вала, Саратовских дислокаций, включающих три флексуобразных складки (Слепцовско-Полчаниновскую, Ириновско-Оркинскую и Хлебновско-Радищевскую), Елшанско-Сергиевского вала и Воскресенской депрессии. В соответствии с существующими представлениями Свинцовская впадина в додевонское время являлась составной частью Пачелмского авлакогена, выделяемого по структуре фундамента, в пределах которого в результате интенсивных тектонических движений сформировалась система взброшенных и опущенных блоков в основном юго-восточного простирания. Строение кристаллического фундамента Свинцовской впадины изучено слабо. Отмечается неравномерное ступенчатое погружение поверхности кристаллического фундамента в южном,

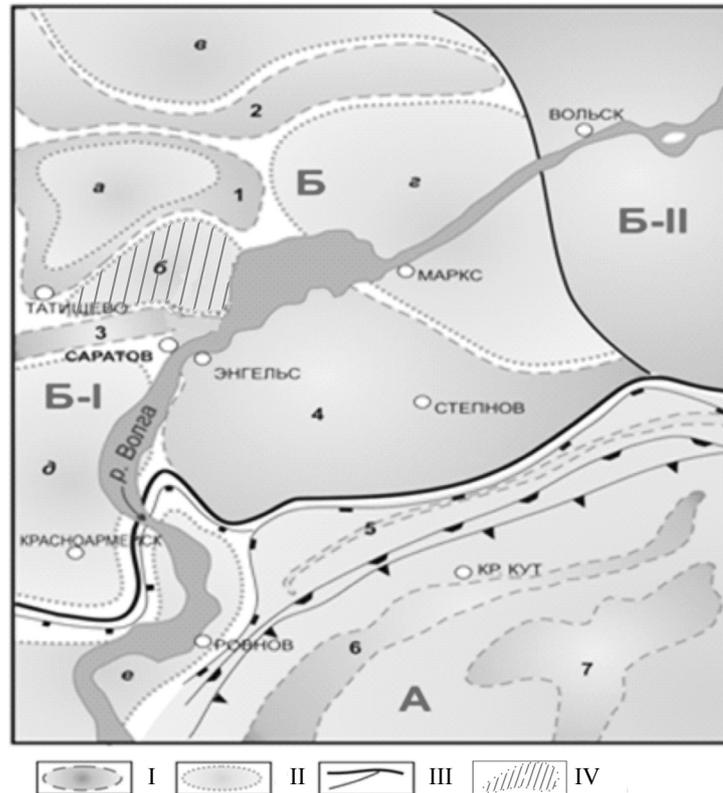


Рис. 1. Тектоническая схема центральной части Саратовской области
Условные обозначения: I – зоны поднятий: 1 – Саратовские дислокации, 2 – Петровско-Карабулакский вал, 3 – Елшано-Сергиевский вал, 4 – Степновский сложный вал, 5 – Мокроусовский вал, 6 – Ерусланский вал, 7 – Мироновская; II – зоны погружений: а – Корсаковская впадина, б – Свинцовская впадина, в – Дубровский прогиб, г – Воскресенская впадина, д – Карамышская впадина, е – Волжский прогиб; III – границы структурных зон: А – Прикаспийская синеклиза; Б – Волго-Уральская антеклиза; Б-I – Рязано-Саратовский прогиб, Б-II – Жигулевско-Пугачевский свод; IV – территория исследований

юго-западном и юго-восточном направлениях с перепадом абсолютных отметок от –1905 до –2895 м. В целом рассматриваемая структура представлена как крупный опущенный тектонический блок, осложненный многочисленными тектоническими нарушениями субширотного и субмеридионального направлений. Эти нарушения контролируют ряд менее крупных блоков, перемещение которых обусловило формирование положительных и отрицательных структурных форм в терригенной части девона.

Особенностью геологического строения осадочного чехла Свинцовской впадины и граничащего с ней Степновского вала является несоответствие структурных планов по мезозойскому, каменноугольному и девонскому образованиям. Наибольшее несоответствие отмечается по карбонатным отложениям каменноугольной и девонской систем и отложениями терригенного девона, что связано с инверсионным, возвратным характером тектонических движений. Максимальная интенсивность движения блоков отмечена в предсреднедевонское, в предсаргаевское, предмезозойское и

особенно в предакчагыльское время – моменты наиболее крупных региональных перерывов в осадконакоплении и размывов с переносом ранее накопленного материала.

В конце рифея и в раннем девоне рассматриваемая территория подвергалась длительному размыву, в результате которого сформировались эрозионные останцы и поверхность додевонского рельефа перекрывалась разновозрастными отложениями. Одним из таких останцев является Аряшская структура, в сводовой части которой отложения рифея перекрываются терригенными образованиями пашийского горизонта верхнего девона.

Трансгрессивно-регрессивный режим формирования геологического разреза отмечается и внутри формационных комплексов среднего и верхнего девона, каменноугольной системы, что выражается цикличностью смены литологического состава пород от мелководноморского до глубоководного открытого моря. Все это обусловлено формированием линейных дислокаций и осложняющих их поднятий на краях ранее опущенных



блоков. В результате вдоль разрывных нарушений формировались два типа дислокаций:

– погребенные, развитые в нижней части разреза: Тарханская, Ларионовская, Расловская, Трофимовская, Гуселская и другие структуры;

– инверсионная, развитая преимущественно в верхах разреза: Елшанская, Харламовская, Ириновская, Казанлинская и другие структуры [1].

Считается, что Свинцовская впадина по отложениям рифея располагается в пределах центральной части обширной Тепловской палеовпадины. С эйфельско-живетским временем связан этап компенсационного выполнения досреднедевонского рельефа. В ардатовское время на отдельных участках возникали условия, благоприятные для формирования рифогенных построек, что подтверждается данными бурения (скв. 18 Пристанская) и результатами сейсморазведочных работ 1995–2002 годов. Предполагается, что рифогенные постройки имеют незначительные размеры (0,7 x 0,2 км) и высоту (40–65 м).

Основные геологоразведочные работы предшествующих лет были направлены на выявление залежей углеводородов в терригенно-карбонатных отложениях среднего и нижнего карбона.

Глубоким бурением Свинцовская площадь изучена неравномерно. Материалами глубокого бурения наиболее полно освещена южная приобратная часть (Гуселские, Трофимовская, Долго-Буеракские, Пристанские скважины), где установлены промышленные залежи углеводородов.

В 2005–2008 годах вдоль бортовых уступов пробурены поисковые скважины: 1, 2 Северо-Трофимовские, 14 Трофимовская, 204 Трофимовская, 1 Южно-Дубковская, 1 Харламовская, 1 Расловская, 1 Аряшская, 1 Леонидовская. В 2005–2006 годах ОАО «Ставропольнефтегеофизика» провела комплексную геолого-геофизическую интерпретацию данных ГИРС по разведочным и эксплуатационным скважинам, пробуренным в пределах Свинцовской впадины и её обрамления. В результате обработки и переинтерпретации сейсмических материалов прошлых лет, выполненных ООО «ГЕММА», уточнено геологическое строение восточной части, северного и южного обрамления Свинцовской впадины на предмет выявления положительных структур перспективных для формирования залежей углеводородов и составлены структурные карты по отражающим горизонтам верхнего и среднего девона (рис. 2–4).

Вблизи северного ограничения впадины по отражающим горизонтам девона $D_3\text{sr}$, $D_3\text{tm-p}\check{\text{r}}$, $D_2\text{vb}$ выделяется Тарханская структура, располагающаяся в пределах одного из самых крупных структурных выступов (Аряшского) и отделённая прогибом от его северного моноклиального погружения. Тарханская структура по горизонту $D_2\text{vb}$ представляет собой двухкупольное поднятие изометрической формы с субширотной ориентировкой свода. По северному склону поднятие осложнено разрывом переменной амплитуды

с максимальным значением до 30 м. Размеры структуры по изогипсе минус 1900 м, ограниченной с севера разломом, составляют 2,6 x 1,5 км, амплитуда структуры до 45 м. Размеры куполов по изогипсе минус 1860 м: западного – 425 x 375 м, восточного – 500 x 675 м, наивысшие отметки – 1855 м. По отражающему горизонту $D_3\text{tm-p}\check{\text{r}}$ структура однокупольная, сохраняет ориентировку. Размеры её по изогипсе минус 1570 м составляют 2,5 x 1,75 км, амплитуда до 45 м. По совокупности всех имеющихся сейсморазведочных материалов Тарханская структура может считаться подготовленной для поискового бурения на отложения девона (см. рис. 2, 4).

Леонидовская структура располагается к юго-востоку от Тарханской, в пределах восточной части она валобразной структурной формы, субширотного простирания. По горизонту $D_2\text{vb}$ Леонидовская структура представлена брахиформным двухкупольным поднятием субширотной ориентировки с укороченной западной и протяжённой восточной периклиналями. С запада и по северному крылу структура ограничена разрывами с амплитудой до 20 м. По отношению к ранее проведённым работам сводовая часть структуры отображается западнее. Размеры структуры по изогипсе минус 1950 м, ограниченной разрывами – 2,6 x 1,3 км. Сводовые купола с наивысшими отметками минус 1925 м, малых размеров, оконтуриваются изогипсой минус 1930 м. Таким образом, амплитуда структуры составляет около 25 м (см. рис. 2). По отражающему горизонту $D_3\text{tm-p}\check{\text{r}}$ структура сохраняется как брахиформное поднятие, также ограниченное с запада и севера разрывами. Размеры поднятия по изогипсе минус 1620 м составляют 4,5 x 1,15 км, амплитуда до 25 м (см. рис. 2). В пределах структуры, на основании прежних исследований, пробурена поисковая скважина 1, вскрывшая воробьевские отложения и ликвидированная с отрицательными геологическими результатами. По заключению комплекса ГИС пласты-коллекторы воробьевского, ардатовского, тимано-пашийского и черемшано-прикамского горизонтов определены как водонасыщенные. При испытании 1-го пласта получен приток 520 м³/сут пластовой воды. На отчётных структурных планах по горизонтам девона скважина располагается на восточном погружении структуры ниже наивысших отметок свода на 28 м по горизонту $D_2\text{vb}$ и 12 м по горизонту $D_3\text{tm-p}\check{\text{r}}$. Таким образом, по результатам выполненных работ вопрос опосредования Леонидовской структуры по девонским отложениям остаётся открытым.

Ларионовская структура расположена к югу от Леонидовской, сформировалась на юго-западном погружении, по всей вероятности, крупной повышенной структурной зоны, развитой к востоку. По горизонтам девона структура представлена поднятием усложнённой изометрической формы, при этом сводовые части по обоим горизонтам приобретают субширотное простирание

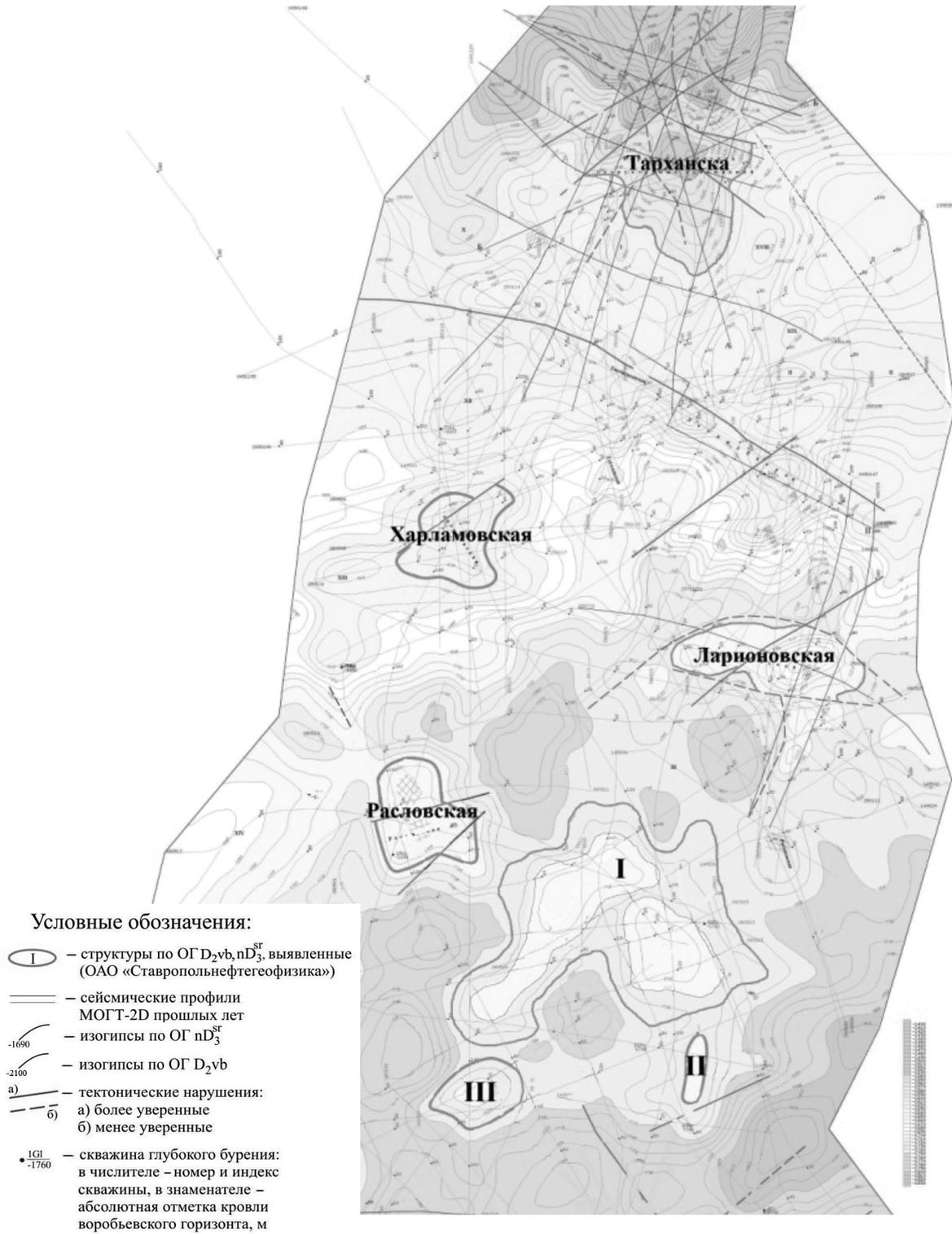
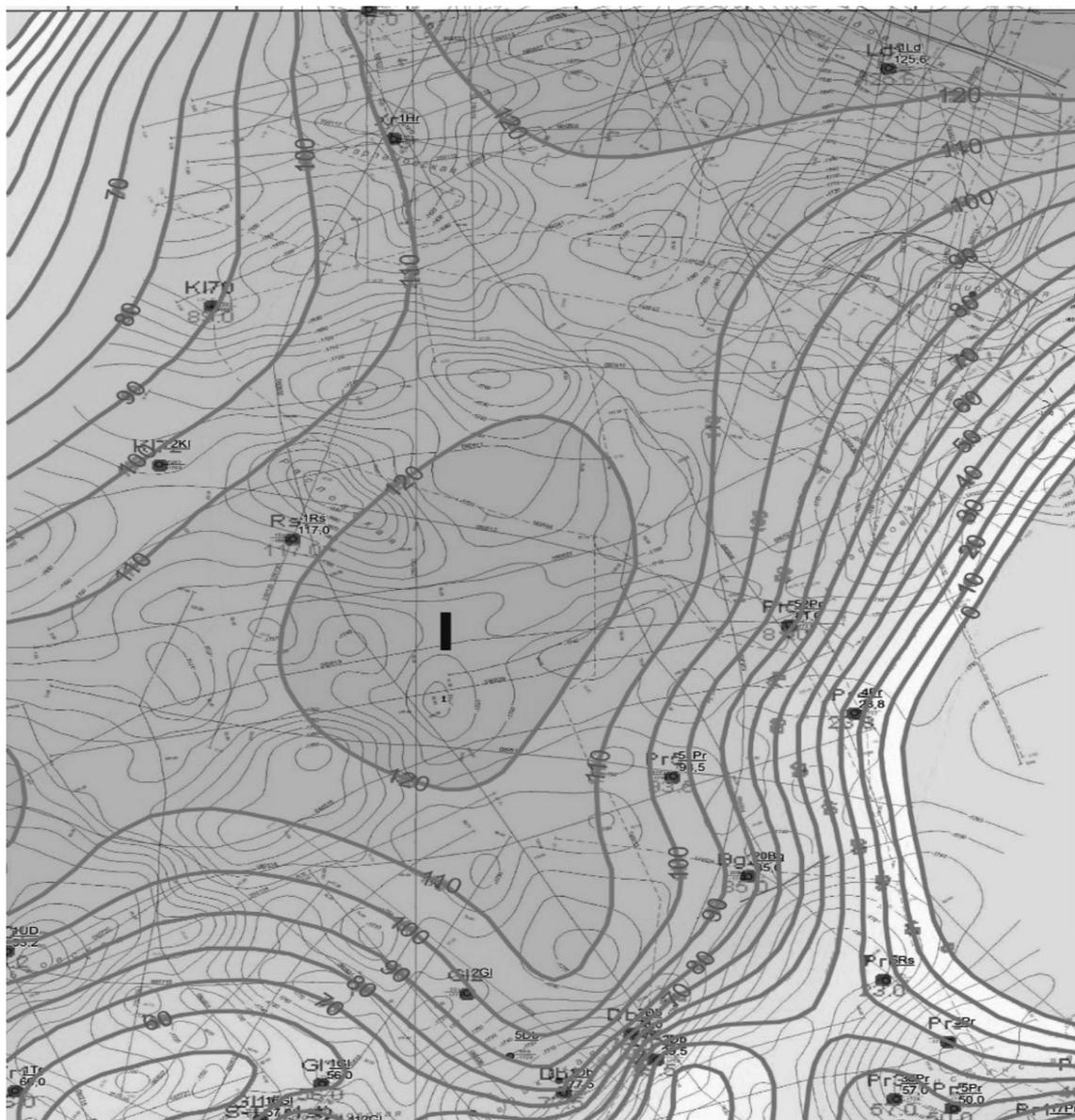


Рис. 2. Структурная карта по отражающему горизонту (ОГ) D_3^{sr}



Условные обозначения

- | | | | |
|---------------------------|---|-------|--|
| Сейсмические профили МОГТ | | — | разрывные нарушения |
| <u>080718</u> | — обработанные в ОАО «ГЕММА» | 16Gl | — номер и индекс скважины |
| <u>280128</u> | — привлеченные к интерпретации | ●-622 | — абсолютная отметка кровли тимано-пашийских отложений |
| <u>149544</u> | — частично привлеченные к интерпретации | I | — перспективный объект |
| — | — изогипсы отражающего горизонта D ₃ tm-pš | ● | — рекомендуемые скважины |
| — | — изогипсы промежуточного сечения | | |

Рис. 3. Структурная карта по отражающему горизонту D₃tm-pš, совмещенная с картой эффективных толщин тимано-пашийского горизонта

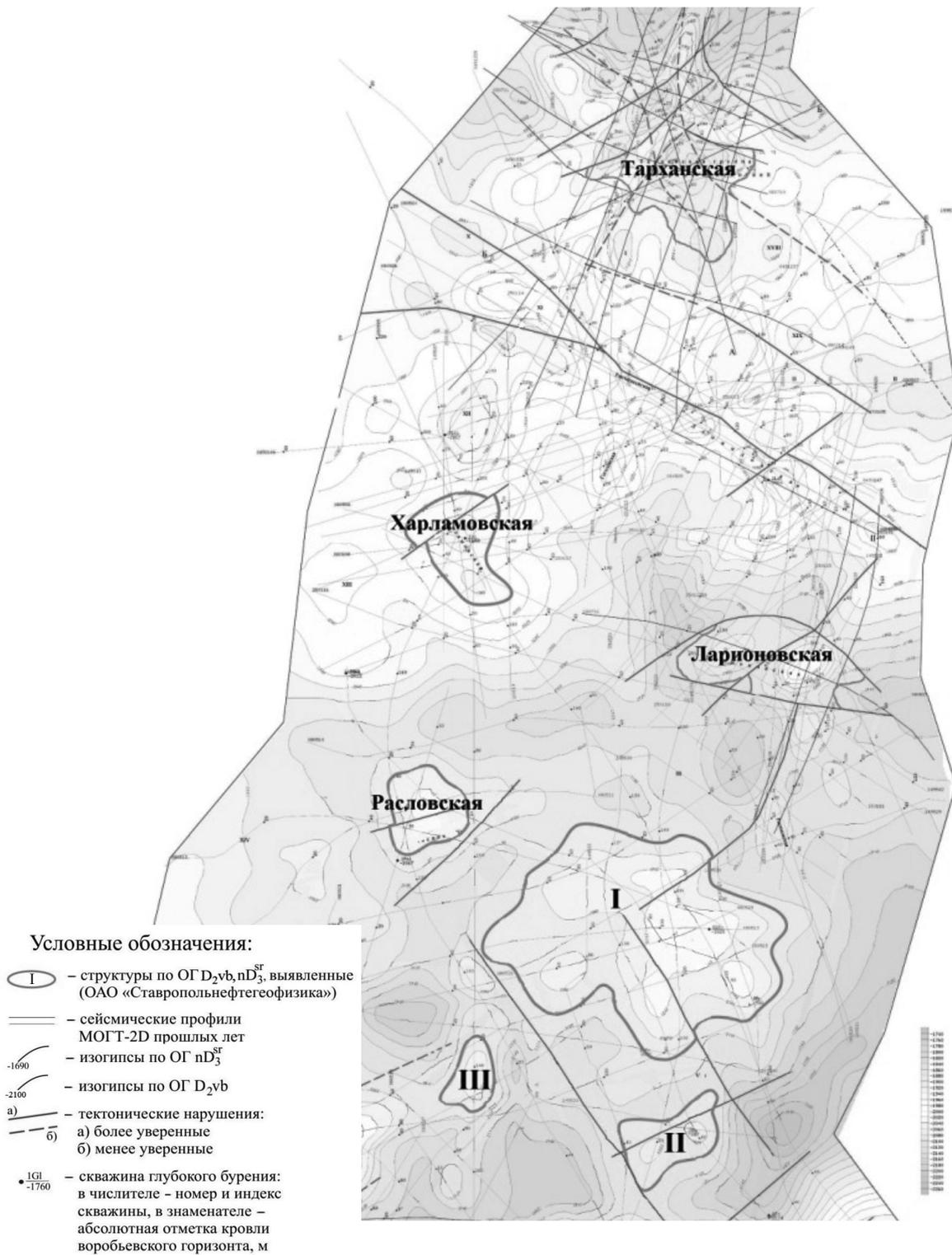


Рис. 4. Структурная карта по отражающему горизонту D_{2vb}



на фоне общего погружения поднятия к юго-западу. Южный склон структуры очень пологий, продолжающийся далее к югу в виде выступа субмеридиональной ориентировки. Северный и восточный склоны структуры относительно крутые и осложнены разрывами. Амплитуда северного разрыва достигает максимальных значений до 40 м в центральной части поднятия, амплитуда восточного разрыва порядка 20 м. По горизонту D_2vb размеры структуры по изогипсе минус 2000 м с ограничением по разрывам составляют 3,75 x 3,15 км при амплитуде 35–40 м. По горизонту $D_3tm-p\check{c}$ отмечается некоторое выполаживание структуры, и её размеры по изогипсе минус 1650 м с ограничениями по разломам равны 3,15 x 3,2 км при амплитуде до 30 м. Следует отметить некоторую схематичность в отображении строения восточной части структуры из-за увеличения расстояния между профилями. По совокупности полученных результатов Ларионовская структура может считаться подготовленной под поисковое бурение (см. рис. 2, 5, а).

На противоположном от Леонидовской и Ларионовской структур западном обрамлении рассматриваемого участка территории по отражающим горизонтам девона на фоне общего субмеридионального погружения крупного выступа формируется обширная повышенная структурная зона. В её общем контуре, ограниченном отметками минус 1950 м по отражающему горизонту D_2vb и минус 1640 м по отражающему горизонту $D_3tm-p\check{c}$, фиксируется ряд локальных куполовидных форм. Размеры по замыкающим изогипсам, соответственно минус 1940 м и минус 1620 м, примерно одинаковы: 1,8 x 1,0 км, своды в плане не смещены, амплитуда до 20 м (см. рис. 2). На западном её склоне пробурена скважина 71 Клещевская с отрицательными геологическими результатами, вскрывшая кровлю отложений воробьевского горизонта на отметке минус 1944 м. К югу от объекта отображается небольшой локальный купол амплитудой 15–20 м, в контуре которого пробурена скважина 1 Харламовская. По комплексу ГИС разрез скважины охарактеризован как водонасыщенный или не содержащий коллекторов в интервале воробьевских, ардаатовских, тимано-пашийских и черемшано-прикамских отложений. И лишь при испытании толщи осадков бобриковского горизонта в интервале глубин 840,6–834,2 м получен приток свободного газа дебитом 146,8 тыс. м³/сут.

Кроме описанных в пределах структурной зоны выделяется ещё два малоразмерных купола по отражающим горизонтам D_2vb и $D_3tm-p\check{c}$. Южнее Харламовской структурной зоны через глубокий и достаточно широкий прогиб закартирована Расловская положительная структура (см. рис. 2, 5, б). Расловская структура по отражающему горизонту D_2vb представлена поднятием изометрической формы, осложнённым по восточному склону разрывом до 10 м, отсекающим

полого погружающуюся к востоку его часть. По изогипсе промежуточного сечения минус 2030 м, ограниченной разрывом, размеры поднятия 2,35 x 1,65 км при амплитуде до 45 м. По горизонту $D_3tm-p\check{c}$ структура куполовидная, немного вытянутая в юго-восточном направлении, с размерами по замкнутой изогипсе минус 1690 м 2,65 x 1,55 км. Свод относительно горизонта D_2vb смещён к югу на 300 м, оконтурен изогипсой минус 1650 м, амплитуда структуры 40–45 м. В погруженной части юго-западного склона структуры пробурена скважина 1 Расловская, которая вскрывала воробьевские отложения на отметке минус 2042 м, тимано-пашийские на отметке минус 1694 м. Таким образом, перепад отметок по скважине относительно гипсометрии свода по отчётным работам составляет 57 м по горизонту D_2vb и 49 м по горизонту $D_3tm-p\check{c}$. По материалам ГИС в скважине в интервале отложений от воробьевских до черемшано-прикамских выделено несколько водонасыщенных и непроницаемых пластов. Скважина ликвидирована, так как имела отрицательные геологические результаты. Это обстоятельство позволяет рекомендовать заложение поисковой скважины на девонские отложения севернее от ранее пробуренной скважины 1 Расловской в своде структуры.

К юго-востоку от Расловской структуры, в центральной части участка, на общем фоне пониженных отметок, по горизонтам девона обособляется брахиморфное поднятие I, которое осложнено куполовидными поднятиями субмеридиональной ориентации (см. рис. 2, 5, в). По горизонту D_2vb западный склон поднятия осложнён малоамплитудным разрывом, размеры поднятия по изогипсе минус 2040 м составляют 2,8 x 1,5 км, амплитуда 35 м; по горизонту $D_3tm-p\check{c}$ параметры поднятия скромнее и составляют 1,35 x 0,8 км и 20 м соответственно. Это поднятие, по всей вероятности, отвечает девонскому облеканию выступа фундамента и прослеживается по всем горизонтам терригенного девона. На структурных планах по горизонтам карбона поднятие не отображается.

Обнаружение и прогнозирование зон развития ловушек УВ возможно методом применения совокупности геологических признаков поискового объекта. Метод осуществляется путем построения комплекса специализированных карт численных значений поисковых признаков, к которым относятся мощности продуктивных отложений, их литолого-фациальные особенности, емкостные и фильтрационные характеристики, эффективные толщины пластов, структурные планы и другие показатели (Бурова И. А. АО «ВНИГРИ» 2015 г.).

На основании построенных структурных карт по отражающим горизонтам и карт эффективных толщин проведено их совмещение. В результате на структурной карте по отражающему горизонту $D_3tm-p\check{c}$ в терригенных пластах D_3-II , D_3-I , D_3-Ia тимано-пашийского горизонта прослеживается

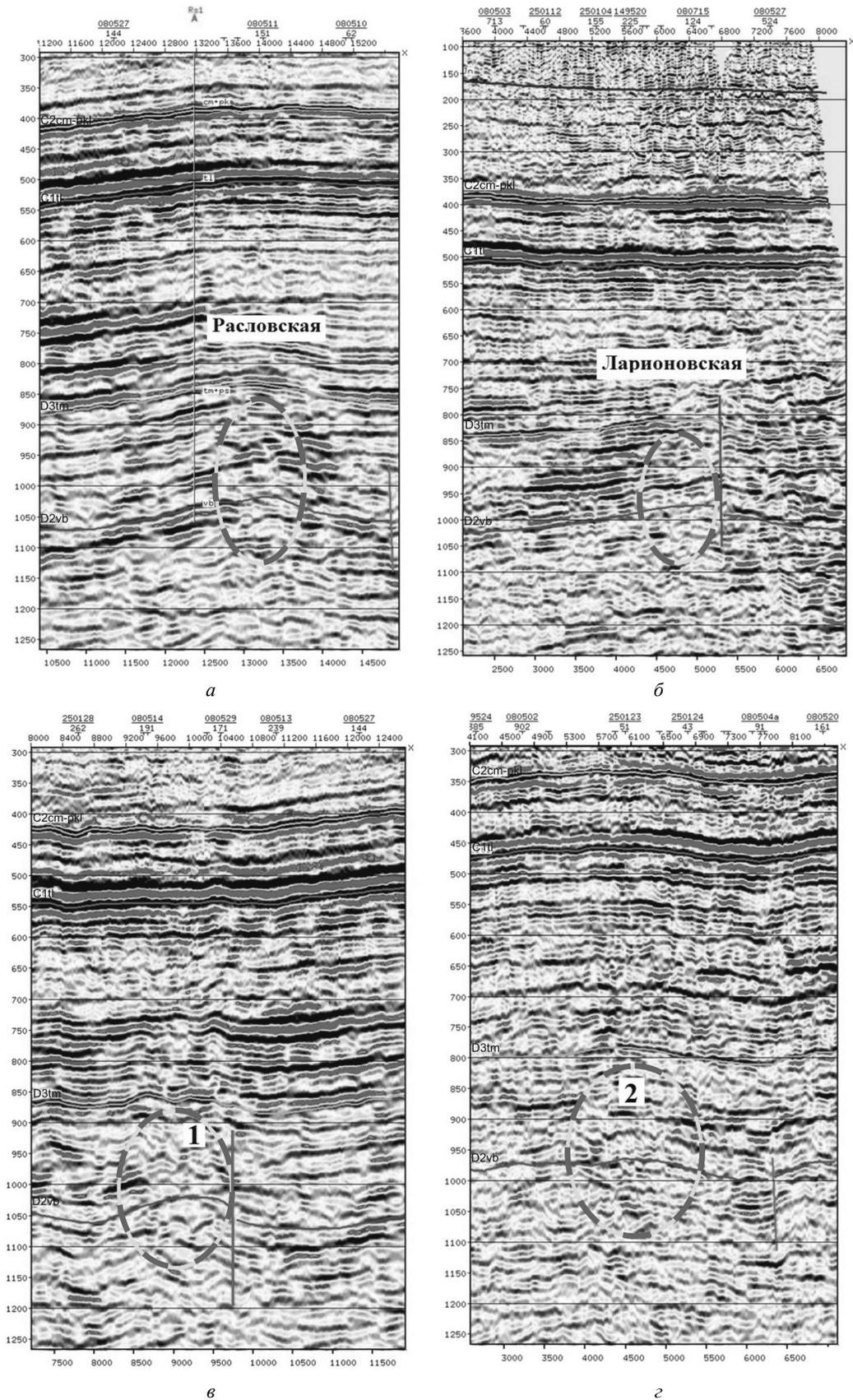


Рис. 5. Фрагменты временных разрезов по профилям: *а* – 080502 (ПК 80⁰⁰–128⁰⁰), *б* – 080526 (ПК 41⁰⁰–85⁰⁰), *в* – 080526 (ПК 36⁰⁰–84⁰⁰), *з* – 080502 (ПК 112⁰⁰–156⁰⁰).



две зоны со значениями эффективных толщин 120 м (см. рис. 3). Первая зона выделяется в центре и занимает площадь между Расловской и Касимовской структурами, вторая – между скважинами Клещевской 71 и Леонидовской 1. В этих двух зонах повышенных значений эффективных толщин возможно увеличение песчаности продуктивных горизонтов, что указывает на улучшение емкостных свойств терригенного резервуара. Выделенные прогнозные зоны в песчаных пластах D_3-II , D_3-I , D_3-Ia находятся на территории Елшано-Сергиевского инверсионного вала, где открыты месторождения Атамановское ГН, Елшанское НГ, Грузиновское НГ и др.

В результате в пределах восточной части Свинцовой впадины и ее обрамления подготовлены к поисково-оценочному бурению Тарханская, Ларионовская, Расловская и другие структуры. Возможные залежи здесь прогнозируются в саргаевско-семилукском горизонте D_3sm , тимано-пашийском горизонте (пласты D_3-Ia , D_3-I), воробьевском горизонте (D_2-V), ардатовском горизонте (D_2-IVa , D_2-IVb). По типу природного резервуара залежи прогнозируются пластовые, сводовые и тектонически экранированные [2].

Нефтегазоносные комплексы девонских отложений (D_2-D_3). Согласно схеме нефтегазогеологического районирования Свинцовой впадины входит в единую Волго-Уральскую нефтегазоносную провинцию и приурочена к Приволжскому нефтегазоносному району Нижне-Волжской нефтегазоносной области [3]. Промышленная нефтегазоносность распространена по разрезу от среднего девона (морсовские слои) до среднего карбона (каширский горизонт). Многие месторождения многопластовые. Предметом наших исследований являются отложения девонского нефтегазоносного комплекса.

Воробьевский комплекс (D_2vb). Стратиграфически относится к живетскому ярусу девона. Представлен преимущественно неравномерно зернистыми кварцевыми песчаниками (пласт D_2-V) с прослоями алевролитов и аргиллитов. Пористость песчаных пластов колеблется в пределах 12–25%. Продуктивность пласта D_2-V установлена на Соколовгорском и Гуселском месторождениях. Разная степень нефтенасыщенности этого пласта была отмечена также в скважинах: 8, 24 и 34 Гуселская, 39 (6) Пристанская (минус 2181–2185 м), 2 Трофимовская (минус 1995–1997 м), 7 Трофимовская (минус 1994–1995 м), 1 Долгий Буерак (минус 1988–1992 м). В скважинах: 20 Бажановской, 1, 5, 6, 15 Гуселские, 1 (ниже 1992 м), 2, 3 Долгий Буерак, 4, 5, 18, 38, 39 (ниже 2189 м), 51, 52 Пристанских, 2 (ниже 1997 м), 4, 9 Трофимовских отложения воробьевского горизонта водонасыщены.

В кровле воробьевского комплекса залегает пласт известняка, характеризующийся региональным постоянством развития и являющийся маркирующим горизонтом. На ряде площадей

Саратовской области отмечено его нефтенасыщение [4, 5].

Ардатовский комплекс (D_2ar). Стратиграфически относится к живетскому ярусу девона. Нефтенасыщение установлено в трех пластах комплекса: D_2-IVb , D_2-IVa , D_2-IV . Покрышкой являются глины мулинского горизонта. Пласт D_2-IVb выделяется в подошвенной части терригенного разреза ардатовского горизонта. Представлен кварцевыми, мелкозернистыми, часто глинистыми песчаниками и алевролитами. Характерно непостоянство литологического состава и толщины. Пористость пласта изменяется от 6 (Гуселское месторождение) до 24% (Харламовская площадь). Пласт нефтенасыщен в скважинах 2, 7, 204 на Трофимовской площади, а также на Соколовгорском месторождении (-1870 м, открытая пористость 18%, начальный дебит 20 т/сут). Пласт D_2-IVa в основном представлен более отсортированными кварцевыми песчаниками пористостью до 12%. Характеризуется непостоянством литологического состава. Нефтяные залежи установлены на Трофимовском (скв. 2, 15 Трофимовские) и Соколовгорском месторождениях; пластовая, сводовая литологически-экранированная – на Гуселском месторождении. Дебит нефти на Трофимовском месторождении составил 11 т/сут, глубина залежи равна 2023 м. В скважинах 4 Трофимовская, 20 Бажановская, 2 Д. – Буеракская, 51, 52 Пристанские этот пласт обводнен. Пласт D_2-IV представлен пелитоморфными известняками, иногда органогенно-обломочными, кавернозными, со следами выщелачивания и размывов. Нефтеносность пласта установлена на ряде сопредельных площадей: Багаевской, Александровской, Соколовгорской (пористость известняков 11–12%, начальный дебит 7,5 т/сут). Толщина пласта в пределах месторождений составляет порядка 90 м при средней их толщине на площадях Правобережья 20–21 м. В скважине 18 Пристанской толщина пласта составляет 64 м, что указывает на возможность развития рифовых тел. Пачка известняков IV пласта характеризуется в основном как низкопористая, глинистая, с мало изменяющейся толщиной в 10–15 м.

Тимано-пашийский комплекс ($D_3tm-pš$). В пределах Саратовского Правобережья содержит три продуктивных пласта: D_3-II , D_3-I , D_3-Ia . Пласты представлены разнозернистыми кварцевыми песчаниками, не выдержанными по литологическому составу и толщине, переслаивающимися с аргиллитами и алевролитами. Пористость коллекторских разностей варьирует в пределах 13–22%. Установлена продуктивность песчаных пачек D_3-Ia , D_3-I и D_3-II на Гуселском месторождении, D_3-I и D_3-II на Соколовгорском, Елшанском и Атамановском месторождениях. По данным ГИС, скв. 1 Харламовской тимано-пашийские отложения в интервале 1693,2–1727,2 м в основном сложены глинистым водонасыщенным песчаником. Однако в самой кровле песчаного пласта отмечаются



повышенные значения $K_{\text{п}}$ (16–22,9%) и $K_{\text{нт}}$ (50% и более), свидетельствующие о возможном их нефтегазонасыщении вблизи данной скважины. Нефть девонских отложений изменяет свои физико-химические свойства как по геологическому разрезу, так и по территории области. Плотность её изменяется от 0,782 до 0,860 г/см³, чаще всего встречается нефть с плотностью 0,820–0,844 г/см³. Вязкость нефти 0,3–1,7 мПа × 1с, иногда достигает 10,79 мПа × 1с. Коэффициент нефтеотдачи равен 0,1–0,7, чаще 0,3–0,5. Содержание серы варьирует в пределах 0,1–1,23%. Встречается нафтеново-метановая нефть с жирными растворенными газами и повышенным содержанием азота. Газоконденсат девонских отложений имеет плотность 0,682–0,782 г/см³, коэффициент его извлечения составляет 0,38–0,98, чаще 0,5–0,8. Содержание стабильного конденсата 56–283 г/м³, иногда до 460 г/м³. Газоконденсат встречается чаще всего в свободном виде, реже в «газовых шапках».

Наряду с уже подтвержденной нефтегазонасыщенностью терригенного девона весьма перспективными на предмет поисков залежей и месторождений углеводородов являются карбонатные породы **верхнего девона (D_3f_2)** [4].

Наличие локальных поднятий, широкое распространение пород-коллекторов в органогенных известняках позволяют считать возможность открытия новых залежей нефти и газа в карбонатном девоне в пределах Свинцовской впадины и сопредельной территории весьма большой. Предпосылки к их обнаружению имеются и на ряде площадей, где проводятся геолого-поисковые работы, а также на месторождениях, где карбонатная толща девона осталась недоизученной.

Оценка перспектив нефтегазонасыщенности верхнего девона (D_3f_2) рассматриваемой территории, как и северной части Степновской группы валов, Саратовских дислокаций и Карамышской депрессии, основывается на совокупности структурных, литологических, гидрогеологических и геохимических факторов. Залежи нефти установлены в саргаевском и семилукском горизонтах на Соколовогорском и Гуселском месторождениях, в евлано-ливенских отложениях на Песковатском месторождении Карамышской депрессии, в данково-лебедянском горизонте на Ириновском месторождении в зоне Саратовских дислокаций [6].

Саргаевско-семилукский комплекс (D_3f_2). Коллекторами служат мелкокристаллические известняки, промышленная нефтегазонасыщенность которых установлена на Соколовогорском и Гуселском месторождениях. Залежи пластовые, сводовые, возможно, литологически экранированные. На Соколовогорском месторождении выявлено две залежи нефти – в саргаевском и семилукском горизонтах, на Гуселском – в известняках семилукского горизонта. На Гуселской площади отложения семилукского горизонта сложены высокоёмкими органогенно-обломочными

известняками, толщиной до 20 м и более, на других площадях отмечены участки интенсивной перекристаллизации и, как следствие, отсутствие коллектора. В скважине 2 Трофимовской, по данным ИННК, как нефтенасыщенный выделен интервал 1645–1648 м (–1560–1563 м). Известняк этого интервала имеет пористость 13% (общую), удельное сопротивление 175 ом. Рассчитанное значение $K_{\text{нт}}=69\%$. Несколько худшими коллекторскими свойствами характеризуется интервал 1636–1639 м (–1551–1554 м), $K_{\text{п}}=6\%$. Этот прослой, по данным ИННК, тоже нефтенасыщен. Испытание объекта не проводилось. В скважине 4 Трофимовской, по данным ИННК, семилукско-саргаевский пласт водонасыщен в интервалах 1654–1659 м и 1661–1675 м, получен приток пластовой воды. Результаты ГИС дают основание предполагать в семилукско-саргаевских отложениях наличие нефтяной залежи на Трофимовском поднятии с ВНК на глубине ≈ -1563 м. По типу природного резервуара залежи прогнозируются пластовые, сводовые и тектонически экранированные.

В результате геолого-геофизических работ, проведенных в 2005–2008 годах в пределах Свинцовской впадины, выявлены девять положительных структур, перспективных для поисков залежей нефти и газа. По оценке автора, в них сосредоточено около 19,0 млн т извлекаемых ресурсов нефти и растворенного газа категории D_0 и D (лок). Прогнозная оценка ресурсного потенциала девона основана на установленной промышленной нефтегазонасыщенности девонских терригенных (пласты D_2-V , D_2-IV а, D_3-Ia , D_3-I , D_3-II) и карбонатных отложений семилукского горизонта D_3sm . Так на Гуселском нефтяном месторождении установлена продуктивность семилукского горизонта D_3sm , тимано-пашийского горизонта D_3tm-ps (пласты I а, I, II), ардатовского горизонта D_2ag (пласты IVа, IVб), воробьевского горизонта D_2vb . Нефтяные залежи пластовые и сводовые. На Трофимовском нефтяном месторождении продуктивный ардатовский горизонт D_2ag (пласты IVа, IVб), залежи пластовые, сводовые, тектонически экранированные.

Согласно экономической оценке освоения ресурсной базы, выполненной автором совместно со специалистами АО «ВНИГРИ», три структуры с объемом извлекаемых ресурсов 11,5 млн т являются рентабельными для освоения. Капитальные затраты, связанные с обустройством и промышленным освоением этих ресурсов, составят около 14,6 млрд руб., при этом накопленный дисконтированный доход государства – 68,6 млрд руб.

Исходя из анализа ресурсного потенциала направления поисков предшествующих лет были сосредоточены на антиклинальных ловушках, формирующихся в песчаных пластах D_2-V , D_2-IVa , $D_2-IVб$, D_3-II , D_3-I , D_3-Ia . На наш взгляд, необходимо обратить внимание на поиск и воз-



возможность открытия залежей не только структур антиклинального типа, но и не антиклинального типа. К таковым относятся литологически ограниченные (погребенные рифогенные постройки, песчаные бары, русловые пески), литологически и стратиграфически экранированные, тектонически экранированные и другие типы ловушек [2].

Библиографический список

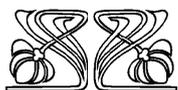
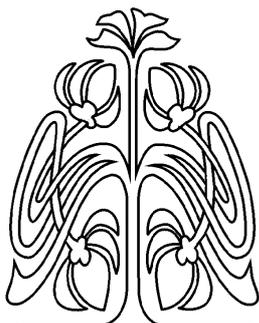
1. Геология и нефтегазоносность Саратовского Поволжья. Саратов, 1967. 85 с.
2. Клещев К. А., Шейн В. С. Нефтяные и газовые месторождения России : справочник : в 2 кн. Кн. первая : Европейская часть России. М., 2010. 832 с.
3. Габриэлян Г. А. Геология нефтяных и газовых месторождений. М., 1979. 326 с.
4. Скловский А. М., Волох А. Г., Карнов П. А., Кондратьева М. Г., Ляшенко А. И., Федорова Т. И., Шевченко В. И. Девонские отложения западной части Северокаспийского нефтегазоносного бассейна. Л., 1963. 354 с.
5. Эздрин М. Б. К оценке перспектив газонефтеносности палеозоя Саратовско-Волгоградского Поволжья. Л., 1963. 354 с.
6. Геохимические, нефтегазопоисковые исследования в Европейской части СССР. М., 1975. 267 с.

Образец для цитирования:

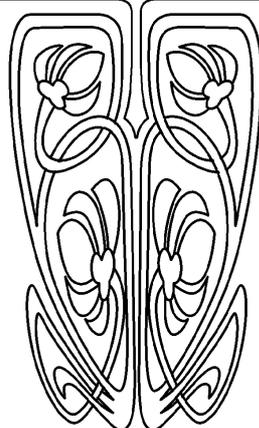
Пятаев А. А. Геологическое строение и перспективы нефтегазоносности девонских отложений свинцовой впадины Саратовской области // Изв. Саратов. ун-та. Нов. сер. Сер. Науки о Земле. 2018. Т. 18, вып. 2. С. 135–145. DOI: 10.18500/1819-7663-2018-18-2-135-145.

Cite this article as:

Piataev A. A. Geological Structure and Petroleum Potential of the Svintsovskaya Depression Devonian Deposits in the Saratov Region. *Izv. Saratov Univ. (N. S.), Ser. Earth Sciences*, 2018, vol. 18, iss. 2, pp. 135–145 (in Russian). DOI: 10.18500/1819-7663-2018-18-2-135-145.



ПОДПИСКА



Подписка на II полугодие 2018 года

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

Цена свободная

Оформить подписку онлайн можно в Интернет-каталоге «Пресса по подписке» (www.akc.ru)

Адрес редакции:

410012, Саратов, Астраханская, 83

Тел.: +7(845-2) 51-45-49, 52-26-89

Факс: +7(845-2) 27-85-29

E-mail: izvestiya@sgu.ru

Адрес редколлегии серии:

410012, Саратов, Астраханская, 83,

СГУ имени Н. Г. Чернышевского,

Географический факультет

Тел.: +7(845-2) 21-07-95

Факс: +7(845-2) 51-54-49

E-mail: farik26@yandex.ru

Website: <http://geo.sgu.ru/>