



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 3

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



Научный журнал
2019 Том 19

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

Издается с 2006 года

СОДЕРЖАНИЕ

Научный отдел

География

Кузнецова Н. Ф. Засухи в лесостепной зоне
Центрально-Черноземного региона и критерии оценки их интенсивности 142

Петрищев В. П., Косых П. А. Подходы к анализу схем
территориального планирования на примере степных регионов
Европейской России 149

Родионова К. В., Филобок А. А. Развитие сельского хозяйства
в курортной зоне Краснодарского края в новых экономических условиях 156

Данилов В. А., Федоров А. В., Морозова В. А.
Комплексное применение технологии ГИС и наземного
лазерного сканирования для исследования оползневых тел
(на примере оползня в Октябрьском ущелье города Саратова) 160

Короткова Н. В., Семенова Н. В. Влияние метеорологических условий
на загрязнение атмосферного воздуха в Саратове 168

Морозова С. В., Короткова Н. В., Лапина С. Н., Алимпиева М. А.
К вопросу оправдываемости «нестандартных» долгосрочных прогнозов 174

Геология

Ивин В. В., Медведев Е. И., Фатьянов И. И.
Геолого-геохимические особенности вулканических комплексов
Нижне-Таежного рудного узла (Северное Приморье) 182

Колотухин А. Т., Логинова М. П. Гидрогеодинамический режим
артезианских бассейнов и связь с нефтеносностью отложений 191

Рихтер Я. А. Глубинный флюид и процессы деструкции
и флюидизации среды в литосферной мантии 196

Суринский А. М., Гужиков А. Ю. Циклостратиграфический анализ
петромагнитных данных по маастрихту долины р. Бодрак
(Юго-Западный Крым) 206

Журнал включен в Перечень рецензи-
руемых научных изданий, в которых
должны быть опубликованы основные
научные результаты диссертаций
на соискание ученой степени кан-
дидата наук, на соискание ученой
степени доктора наук (специальности:
25.00.01; 25.00.02; 25.00.10; 25.00.23;
25.00.24; 25.00.30; 25.00.35; 25.00.36)

Зарегистрировано в Федеральной
службе по надзору в сфере связи,
информационных технологий и массо-
вых коммуникаций.
Свидетельство о регистрации СМИ ПИ
№ ФС77-56167 от 15 ноября 2013 года

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

Директор издательства
Бучко Ирина Юрьевна

Редактор
Малютина Елена Анатольевна

Художник
Соколов Дмитрий Валерьевич

Редактор-стилист
Кочкаева Инна Анатольевна

Верстка
Степанова Наталия Ивановна

Технический редактор
Каргин Игорь Анатольевич

Корректор
Певная Татьяна Константиновна

**Адрес учредителя, издателя
и издательства (редакции):**
410012, Саратов, ул. Астраханская, 83
Тел.: (845-2) 51-45-49, 52-26-89
E-mail: izvestiya@info.sgu.ru

Подписано в печать 20.08.19.
Подписано в свет 31.08.19.
Формат 60x84 1/8.
Усл. печ. л. 8,37 (9,0).
Тираж 500 экз. Заказ 101-Т.
Цена свободная

Отпечатано в типографии
Саратовского университета.
Адрес типографии:
410012, Саратов, Б. Казачья, 112А

© Саратовский университет, 2019



ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ

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

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

Статья должна быть аккуратно оформлена и тщательно отредактирована.

Последовательность предоставления материала:

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

– на английском языке: название статьи, инициалы и фамилии авторов, ORCID, 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

Kuznetsova N. F. Droughts in the Forest-Steppe Zone of Central Chernozemic Region and Criteria for Evaluation of their Intensity 142

Petrishchev V. P., Kosykh P. A. Approaches to the Analysis of Territorial Planning Schemes on the Example of Steppe Regions of European Russia 149

Rodionova K. V., Filobok A. A. Development of Agriculture in the Resort Zone of Krasnodar Territory in New Economic Conditions 156

Danilov V. A., Fedorov A. V., Morozova V. A. Integrated Application of GIS Technology and Terrestrial Laser Scanning for the Investigation of Landslide Bodies (on the Example of a Landslide in the Oktyabrsky Gorge of the City of Saratov) 160

Korotkova N. V., Semenova N. V. The Influence of Meteorological Conditions on Air Pollution in Saratov 168

Morozova S. V., Korotkova N. V., Lapina S. N., Alimpieva M. A. To the Question of the Accuracy of «Non-standard» Long-term Forecasts 174

Geology

Ivin V. V., Medvedev E. I., Fat'yanov I. I. Geological and Geochemical Features of the Volcanic Complexes of the Lower-Taiga Area (Northern Primorye) 182

Kolotukhin A. T., Loginova M. P. Hydrogeodynamic Mode of Artesian Pools and Connection with Oil Content in Sediments 191

Richter Ya. A. Deep Fluid and Processes of Destruction and Fluidization in the Lithospheric Mantle 196

Surinskiy A. M., Guzhikov A. Yu. Cyclostratigraphic Analysis of the Rock Magnetic Data on Maastrichtian of the Bodrak River (SW Crimea) 206



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

Главный редактор

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

Заместитель главного редактора

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

Ответственный секретарь

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

Члены редакционной коллегии:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Members of the Editorial Board:

Ireneusz P. Walaszczyk (Warsaw, Poland)

Andrey Yu. Guzhikov (Saratov, Russia)

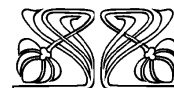
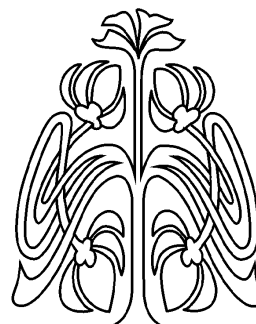
Aleksey N. Didenko (Khabarovsk, Russia)

Aleksandr D. Korobov (Saratov, Russia)

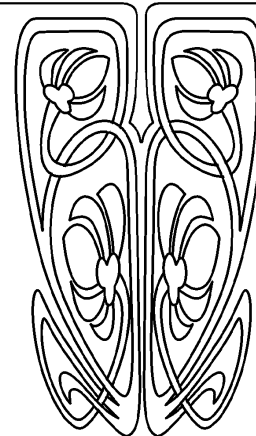
Yuriy M. Semenov (Irkutsk, Russia)

Ashot V. Khoetsyan (Erevan, Armenia)

Boris N. Shurygin (Novosibirsk, Russia)



**РЕДАКЦИОННАЯ
КОЛЛЕГИЯ**





ГЕОГРАФИЯ

УДК 630*1:551.58

Засухи в лесостепной зоне Центрально-Черноземного региона и критерии оценки их интенсивности

Н. Ф. Кузнецова

Кузнецова Нина Федоровна, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник, заведующий лабораторией экологической генетики, Всероссийский научно-исследовательский институт лесной генетики, селекции и биотехнологии, Воронеж, ekogenlab@gmail.com

Обсуждается классификация весенне-летних засух на категории «слабая», «умеренная», «сильная» и уровня «экологической катастрофы», составленная на основе региональных метеорологических характеристик и шкалы чувствительности сосны обыкновенной к засухам. Предложено оценивать засуху как автономный природный феномен в пределах определенной территории и своего (засушливого) вегетационного сезона. Категорию «засуха» отражают такие показатели, как ее тип, продолжительность, отклонение среднесуточной температуры от региональной нормы (не менее 2°С в пересчете на один день засухи), гидротермический коэффициент и степень редукции показателями семенной продуктивности сосны обыкновенной как вида-индикатора. В оптимальные годы для характеристики вегетационного сезона используются общепринятые критерии и параметры.

Ключевые слова: засуха, лесостепная зона, гидротермический коэффициент, сосна обыкновенная, признаки семенной продуктивности.

Droughts in the Forest-Steppe Zone of Central Chernozemic Region and Criteria for Evaluation of their Intensity

N. F. Kuznetsova

Nina F. Kuznetsova, <http://orcid.org/0000-0001-9947-6698>, All-Russian Research Institute of Forest Genetics, Breeding and Biotechnology, 105 Lomonosov St., Voronezh 394087, Russia, ekogenlab@gmail.com

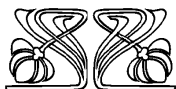
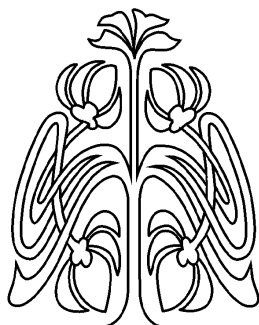
The classification of spring-summer droughts into the categories of «weak», «moderate», «strong», «ecological catastrophe» derived from regional meteorological characteristics and the sensitivity scale of Scots pine to drought is discussed. It is proposed to evaluate the drought as an autonomous natural phenomenon, within a certain territory and its (dry) vegetative season. The drought categories reflect such indicators as the drought type, its duration, deviation of the average daily temperature from the regional norm (no less 2°C per one day of drought), hydrothermal coefficient and reduction degree of the seed productivity data of pine as an indicator species. In the optimal years, the general criteria and parameters are used for the climatic characteristics of vegetative seasons.

Key words: drought, forest-steppe zone, hydrothermal coefficient, Scots pine, seed productivity traits.

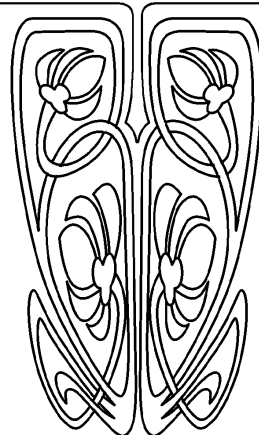
DOI: <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2019-19-3-142-148>

Введение

В России проблема опустынивания и деградации земель затрагивает 34 субъекта, на которые приходится более половины сельскохозяйственных земель, и становится как никогда актуальной в связи с глобальным изменением климата [1–3]. На европейской части России остепнению и иссушению подвергается уникальный ландшафт Центрально-Черноземного региона (ЦЧР) – экономически важного сельскохозяйственного района, характеризующегося мощными черноземами [2–5]. Засуха в



НАУЧНЫЙ
ОТДЕЛ





ЦЧР – явление периодическое и нередкое. На севере и в центральной части засушливые годы бывают каждые 4–5 лет, на юге – через 3–4 года. Согласно историческим источникам, наиболее сильным засухам нередко сопутствовали голод, высокая смертность населения, бунты. В последнее столетие засухи такого уровня были отмечены в 1891, 1921, 1938, 1946, 1972 и 2010 г. Более слабые засухи проходили чаще и незаметно. В такие годы нарушался водный баланс, усиливалась аридизация земель, реализовывался негативный тренд конкуренции между лесом и степью в пользу последней.

До середины прошлого столетия лесостепь характеризовалась постоянством (гомеостазом) природной среды. В последние десятилетия он был нарушен в результате глобального изменения климата, уничтожения лесов на значительной территории, распахивания луговых степей, техногенного загрязнения. В ЦЧР усилилась континентальность климата, резко понизился уровень грунтовых вод (с 2 до 4–5 м), повысился индекс сухости, вдвое увеличилось число засух в десятилетие [3, 6, 7]. Данный процесс продолжает нарастать: если скорость потепления за период 1948–2005 гг. составляла $0,11^{\circ}\text{C}/10$ лет, то за 1976–2005 гг. она стала вдвое выше – $0,24^{\circ}\text{C}/10$ лет [6]. Уменьшился весенний и годовой сток рек [8]. Последние десятилетия стали самыми теплыми за всю историю метеонаблюдений. По нашим данным, пыление сосны сместилось на 7 дней: с 20–21 мая (1981–1990 гг.) на 13–14 мая (2009–2018 гг.). Во время тепловой волны 2007–2014 гг. в регионе произошла череда засух (2007, 2010, 2012 и 2014 г.), из которых официально зафиксирована только одна – 2010 г.

В России изучение засух началось с середины XIX в. в связи с необходимостью определения последствий их влияния на урожай сельскохозяйственных культур. В настоящее время существует множество критериев и параметров оценки их интенсивности [1, 2, 9–12]. Предвестником сильной засухи является ряд факторов, препятствующих накоплению влаги в почве: осенью – недостаток дождей; зимой – малое количество снега; весной – неблагоприятные условия для впитывания талых вод [13]. Основной причиной засухи является установление блокирующего антициклона. Антициклоны длительностью 5–7 суток регулярно возникают в атмосфере. Большинство из них распадается, и лишь 1% антициклонов продолжается более 15 суток.

Целью настоящего исследования является классификация засух в лесостепной зоне ЦЧР на категории «слабая», «умеренная», «сильная» и уровня «экологической катастрофы» исходя из сдвига климатических характеристик и шкалы чувствительности сосны обыкновенной к засухам.

Материалы и методы

Мониторинг систем семенного размножения проводился на 30 модельных деревьях сосны

обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) Ступинского тест-объекта (Воронежская обл., Рамонский р-н, граничит с Воронежским биосферным заповедником, местная популяция II класса бонитета, случайная выборка). Это постоянный объект, на базе которого с 1987 г. проводятся мониторинговые исследования систем семенного размножения сосны. Деревья по фенотипу соответствуют региональной норме, имеют стабильное по годам мужское и женское цветение.

Чувствительность генеративной сферы сосны к засухе оценивалась по двум генетически обусловленным и экологически зависимым признакам семенной продуктивности – полнозернистости семян и общему числу семян в шишке (полные + пустые). Данные признаки отличаются порогом чувствительности к засухе, отражают разные этапы формирования семян у сосны. Полнозернистость семян вычисляли как соотношение числа полных семян к общему их числу при свободном опылении.

Классификацию засух на категории «слабая», «умеренная» и «сильная» проводили по степени отклонения климатических характеристик от региональной нормы и интенсивности стресс-реакции сосны. В раннюю засуху между откликом генеративной сферы и силой погодного стресса существует прямая связь. За годы мониторинга в регионе было 7 засух: засуха уровня экологической катастрофы – 2010 г., сильная – 1991, 2007 и 2012 гг., умеренная – 1995 г., слабая – 2001 г. Засушливый период 2014 г. включал слабую раннюю и сильную продолжительную осеннюю засуху. Контрольными были два вегетационных сезона 1992 и 1993 гг. как наиболее отвечающие региональной норме по уровню грунтовых вод (2 м) и погодным условиям.

Результаты и их обсуждение

Засуху принято классифицировать по продолжительности, количеству выпавших осадков, степени снижения урожайности по сравнению с пятью предыдущими годами [12–14]. Засушливый период с позиции климатической составляющей, в свою очередь, подразделяется на метеорологические, сельскохозяйственные, гидрологические засухи и имеющие социально-экономические последствия [1]. Для определения интенсивности используются показатели гидротермического коэффициента Селянинова (ГТК), стандартизированный индекс осадков (SPI) и испаряемости (SPEI) [12, 13, 15, 16]. По данным Е. К. Зоидзе [11], атмосферные засухи в зависимости от величины ГТК за май–июль классифицируются на пять категорий: очень сильная (ГТК – 0.19); сильная (ГТК – 0.20–0.39); слабая (ГТК – 0.61–0.75); отсутствие засухи (ГТК – 0.75). Градация засух по этим индексам часто не совпадает с реальным их числом. Об этом свидетельствует анализ засух в Саратовской области за период 1981–2001 гг.,



проведенный по трем параметрам: ГТК Селянинова [14], коэффициент увлажнения Шарко [9, 11] и коэффициент Кабанова (число влажных и сухих дней за апрель–сентябрь) [17]. Данные критерии не отражают очень сильную засуху, несмотря на то что по урожайности сельскохозяйственных культур подобная интенсивность имеет место (1998 г.) [18]. При этом самые большие погрешности были отмечены при определении засух слабой и средней интенсивности.

Аналогичные результаты получены и в наших исследованиях. Гидротермические условия сезона оценивались по ГТК Селянинова, который в оптимальные годы – с севера на юг ЦЧР – уменьшается от 1.2 до 0.9. Установлено, что по сравнению с оптимальным 2011 г. помесечный и суммарный ГТК за май–июль в 2010 г. не отразил погодные условия самой сильной и продолжительной за всю историю метеонаблюдений засухи (уровня экологической катастрофы) (табл. 1).

Таблица 1

Гидротермический коэффициент Селянинова за май–июль 2010 г. и 2011 г. в Воронежской области

Год	ГТК			
	Май–июль	Май	Июнь	Июль
2010	0.62	0.82	0.55	0.45
2011	0.75	0.49	1.10	0.65

По классификации Е. К. Зоидзе [11] она отвечала уровню только слабой засухи, что не соответствует действительности. Это обусловлено тем, что срок зарождения и затухания антициклона не привязан к границам месяца или группы месяцев. Возникновение засухи, развитие ее очага и площадь его распространения обусловлены рядом независимых причин (аномалии динамики атмосферы, отклонения в влагозапасе почвы и др.), совпадение которых ведет к экстремально высоким температурам и установлению над определенной территорией блокирующего антициклона [19].

Засуха 2010 г. продолжалась с 3-й декады июня по 27 августа. В последний месяц гидротермический стресс был наиболее жестким. В Воронежской области в течение первых 27 дней августа дождей практически не было (4.6 мм). Установлен новый температурный рекорд (40.5° С). Превышение температуры над среднесуточной нормой составило 212.4° С. Уровень грунтовых вод в «докучаевском колодце» снизился с 3 до 8.7 м. Между грунтовыми и поверхностными водами впервые произошел разрыв [7]. В последнюю неделю августа температурный режим начал приходить в норму. 28 и 29 августа прошли обильные дожди на всей территории ЦЧР. В зависимости от количества выпавших осадков ГТК отличался в разных областях в 2 раза и более. Только в Курской области он соответствовал уровню сильной засухи (0.29), по Е. К. Зоидзе [11].

Мы пришли к заключению, что засуха должна оцениваться как самостоятельный природный феномен в пределах вегетационного сезона и определенной территории с учетом ее природной зональности. В этом случае ГТК вычисляется за период с начала установления и до разрушения антициклона. Это позволяет более точно оценить саму засуху и ее напряженность. Основными характеристиками засухи являются сезон года, продолжительность засушливого периода (не менее месяца), категория (почвенная, атмосферная) и напряженность. Напряженность определяется

по степени отклонения среднесуточной температуры от региональной нормы (не менее 2° С в пересчете на один день засухи) и величине сдвига ГТК от региональной нормы. В оптимальные годы для характеристики вегетационного сезона используются общепринятые метеорологические показатели [20]. Недостатком данного подхода является неточность дат, связанных с началом и окончанием засухи. Однако вероятность ошибки при оценке интенсивности существенно ниже, чем при привязке к границам месяцев. Во время тепловой волны 2007–2014 гг. в ЦЧР произошли четыре засухи. По величине ГТК все они соответствуют категории «сильная» (табл. 2).

При изучении засух наряду с метеорологическими часто используются вегетационные показатели, отражающие реакцию растений на изменение внешней среды. Обобщенным критерием оценки интенсивности принято считать уровень снижения урожайности сельскохозяйственных культур [11, 18]. В слабую засуху урожайность культур снизится на 10–15%, в умеренную – на 25%, в сильную – на 50%, в очень сильную – 50% и более. В наших исследованиях для определения интенсивности засух на территории ЦЧР использовался показатель степени отклонения от региональной нормы двух признаков (процент и число семян на шишку) семенной продуктивности сосны обыкновенной как вида-биоиндикатора.

ЦЧР – это зона высокопродуктивных сосновых лесов и V, самая высокая зона по заготовке семян. Поэтому 3/4 вегетационных сезонов характеризуются стабильно высокой урожайностью – 80% и более. 4/5 деревьев относятся к IV, самому высокому классу продуктивности. Учет и оценка засух нами проводились на одной и той же выборке деревьев Ступинского тест-объекта. Преимуществом данного метода является то, что в биотестировании задействованы одни и те же генотипы. Это позволяет сравнивать их отклик на погодный стресс разной силы в длительной динамике. Географическое положение тест-объекта – центр лесостепной



зоны, южная часть видового оптимума сосны, где репродуктивный потенциал сосны в оптимальные годы реализуется максимально, но на пределе адаптивных возможностей вида.

Засуха является основным типом погодного стресса, на который сосна чутко реагирует в системе «вид – среда» – «генотип – среда». Это позволило построить шкалу чувствительности (норм реагирования) вида к засухе в стрессовом градиенте засушливых лет [21]. При этом важно подчеркнуть, что именно весенне-летние засухи ведут к наибольшим потерям урожая зерновых культур и сахарной свеклы [22]. Установлено, что наибольшую индикационную ценность имеют такие признаки, как полнозернистость, число семян на шишку и набор норм их реагирования на раннюю засуху разной интенсивности.

Отличительная особенность сосны состоит в том, что все ее наиболее чувствительные (критические) к стрессу стадии репродуктивного цикла приходится на весенне-летний период. Это мейоз (вторая половина апреля – начало мая), периоды формирования семян и мужского гаметофита в шишках 1- и 2-го года развития, оплодотворения (конец мая – начало июня), раннего эмбриогенеза

(июнь – начало июля). Поэтому генеративная сфера реагирует на весенне-летнюю засуху пропорционально силе погодного стресса [21, 23]. В летне-осеннюю засуху ее стресс-реакция менее выражена, так как заложение генеративных органов (август) и поздний эмбриогенез (июль–август) являются стадиями, достаточно устойчивыми к погодному стрессу.

Теперь вновь обратимся к данным табл. 2 и проанализируем воздействие тепловой волны каждой засухи на состояние вегетативной и генеративной сфер сосны ступинской популяции. Как известно, сосна обыкновенная – достаточно засухоустойчивый вид. Запасы воды в стволе, корнях и ветвях способствуют выживанию деревьев во время засушливого периода. В 2010 г. от почвенной засухи погибла лишь незначительная часть молодых и ослабленных деревьев, а от сопутствующих пожаров, наоборот, пострадали в основном сосновые леса (площадь пожаров увеличилась в 35 раз). Наиболее тяжелым последствием засухи явилось то, что после 2010 г. уровень грунтовых вод в «докучаевском колодце» так и не вернулся на исходные позиции (3 м) и теперь колеблется в пределах 4–5 м.

Таблица 2

Климатические характеристики засух 2007, 2010, 2012 и 2014 гг. в Воронежской области

Год	Категория засухи	Начало – окончание	Продолжительность, количество недель	ГТК	Отклонение температуры от нормы, °С
2007	Весенне-летняя сильная атмосферная	15.05 – 17.06	4–5	0.22	4.8
2010	Летняя уровня экологической катастрофы почвенная атмосферная	20.05 – 27.08	10	0.24	7.9
2012	Весенняя сильная атмосферная	14.04 – 24.05	6	0.30	5.4
2014	Поздняя сильная почвенная	01.09 – 30.11	3 мес.	0.31	–

В засуху 2007 г. гидротермический коэффициент был самым низким (см. табл. 2). Перед ее началом в почве содержалось достаточное количество влаги (зима была снежной, в первой половине мая выпало 75% нормы месячных осадков). Засуха пришлась на период роста пыльцевых трубок, оплодотворения и раннего эмбриогенеза. Это негативно отразилось на урожайности сосны: полнозернистость снизилась втрое, а количество семян – в 1.5 раза. Засуха 2010 г. пришлась на поздний эмбриогенез – наиболее устойчивую к погодному стрессу репродуктивную стадию. Поэтому урожайность сосновых лесов в ЦЧР снизилась несущественно по обоим показателям. На юге лесостепной зоны (Воронежская и Белгородская области) потеря урожая была достоверно ниже, чем на севере (Тамбовская и Курская области)

[7]. Семенное потомство урожая 2010 г. оказалось нежизнеспособным. Выжившие растения составляли менее 2% от числа высеванных семян. 2/3 из них характеризовались низкорослостью и морфологическими изменениями (форма стволика и направление его роста, окраска и длина хвои, число хвоинок в пучке, число верхушечных и пазушных почек, их расположение на растении (рисунок). После пересадки на лесокультурную площадь многие из растений погибли.

По интенсивности засуха 2012 г. уступала предыдущей [24]. Она пришлась на выход семян и пыльцевых трубок из состояния покоя. На всей территории ЦЧР это был неурожайный год для сосны, так как полностью опали шишки 2-го года развития. Во время вегетационного сезона 2014 г. было два засушливых периода – весенняя



а



б



в



г

Два основных типа морфоза (а, б) и морфологически измененные растения (в, г) сосны обыкновенной, выращенные из семян урожая 2010 г.

слабая и поздняя сильная продолжительная почвенная засуха. За три осенних месяца выпало менее 20% нормы месячных осадков. В конце сентября начали открываться шишки, произошло массовое пожелтение хвои. Морозы во второй половине ноября выдавили из почвы остатки влаги. Деревья ушли в зиму ослабленными. В 2015 г. произошла дестабилизация сосны.

Основной задачей биотестирования является поиск надежных методов оценки клима-

тических изменений в регионе. В их основу должны быть положены критерии и параметры норм реагирования видов-индикаторов на изменение состояния природной среды [25, 26]. Рассмотрим шкалу чувствительности сосны к засухе, полученную в ходе 35-летнего мониторинга систем семенного размножения, в оптимальные годы и в стрессовом градиенте засушливых лет (слабая, умеренная, сильная ранняя засуха) (табл. 3).

Таблица 3

Характеристика засух на основе метеорологических данных и шкалы чувствительности сосны обыкновенной к засухе

Категория засухи (года)	ГТК	Отклонение температуры, °С	Полнозернистость шишек, %
Оптимальный (урожайный год)	0.9–1.2 (за вегетационный сезон)	1–2	76 и выше (диапазон изменчивости 50–90%)
Слабая засуха (среднеурожайный год)	0.5–0.9 (за период засухи)	2–3	60–75 (диапазон изменчивости 20–90%)
Умеренная засуха (слабоурожайный год)	0.3–0.6 (за период засухи)	3–4	60–40 (диапазон изменчивости 0–90%)
Сильная засуха (неурожайный год)	0.2–0.4	3.5–6	40–20 (диапазон изменчивости 0–70%; количество семян в шишках 50–75% от нормы)
Засуха уровня экологической катастрофы	0.3 и ниже	6 и выше	20 и ниже (диапазон изменчивости 0–50%; количество семян в шишках 0–50% от нормы)



Оптимальные (урожайные) годы. Сосна способна поддерживать гомеостаз внутренней среды и сохранять репродуктивный потенциал на уровне региональной нормы в определенном диапазоне изменчивости гидротермического режима. В ЦЧР 7–8 лет из 10 соответствуют категории «оптимальные», несмотря на флуктуацию погодных условий в течение вегетационного сезона. Показатели урожайности вида в такие годы не выходят за пределы региональной нормы ($\approx 80\%$). Среднее число семян в шишке составляет 19.6–26.1. Доля инбредного потомства не превышает 6–8%. Вклад засухоустойчивых форм в семенной продукции года находится на уровне 10–12%.

Слабая засуха (средний по урожайности год). В слабую засуху (2001 и 2014 гг.) включается генетически детерминированный защитный механизм – неспецифическая и специфическая реакция, повышающая адаптацию выживших семян к гидротермической нагрузке [21]. Наиболее характерные признаки слабой засухи: полнозернистость шишек в пределах 60–75% (редукция на 20–40%) за счет увеличения в выборке доли деревьев низкопродуктивных классов; дифференциация на чувствительные, средние и устойчивые к засухе формы. Число семян на шишку остается на уровне оптимальных лет. Доля инбредного потомства повышается вдвое, так как самофертильность является очень чувствительным к погодному стрессу признаком [26]. Представительство потомств от засухоустойчивых форм повышается на 20–30%.

Умеренная засуха (слабоурожайный год). В умеренную засуху (1995 г.) урожайность сосны уменьшается вдвое, размах изменчивости деревьев по полнозернистости достигает максимума (0–85%). Выборка представлена тремя классами генотипов: устойчивые, средние и чувствительные формы. Урожайность первых остается на уровне оптимальных лет, вторая группа с модальным значением признака – в области 40–60%, последняя – слабоурожайные и пустошесемьянные деревья. Число семян на шишку не меняется. Повышение доли инбредных семян трехкратное. Вклад засухоустойчивых форм в семенную продукцию года увеличивается на 70–100%.

Сильная засуха (неурожайный год). В сильную засуху изменчивость деревьев по полнозернистости сужается, мода признака переходит в область низкопродуктивных классов. Редукция урожая составляет трех- (2007 г.), пятикратное (1991 г.) и 100%-ное уменьшение (неурожайный 2012 г.) [21]. Биопродуктивность шишек падает по обоим признакам: полнозернистость – от 40 до 0%; число семян – от 50% и более. Генотипический состав выживших семян сильно изменен. В засуху 1991 г. доля инбредных генотипов, аутбредных потомств и потомств от засухоустойчивых форм была приблизительно одинаковая (по 1/3 от числа выживших семян) [27, 28]. В сильную засуху начинает страдать вегетативная сфера. Ее

признаками являются массовое пожелтение хвои, отмирание нижних ветвей, суховершинность.

Заключение

В ходе 30-летнего мониторинга выявлено, что отклик генеративной сферы сосны обыкновенной на раннюю засуху пропорционален силе погодного стресса. Получена шкала чувствительности сосны к засухе в стрессовом градиенте засушливых лет – от слабой к сильной.

Одной из актуальных задач агрометеорологии, экологии и лесной генетики является учет всех засух разной напряженности. Показано, что критериями оценки их интенсивности в ЦЧР являются комплекс региональных метеорологических параметров и шкала чувствительности сосны обыкновенной к засухе. Засушливый период является более точно тогда, когда он регистрируется и характеризуется как автономная природная аномалия, связанная с определенной территорией и годом. Интенсивность засухи отражают такие метеорологические показатели, как тип засухи (почвенная, атмосферная), ее продолжительность, степень отклонения среднесуточной температуры от региональной нормы, величина ГТК, а также показатели степени редукции урожайности сосны по полнозернистости шишек. В оптимальные годы для характеристики вегетационного сезона используются общепринятые критерии и параметры.

Библиографический список

1. Хлебникова Е. И., Павлова Т. В., Сперанская Н. А. Засухи // Методы оценки последствий изменения климата для физических и биологических систем / под ред. С. М. Семенова. М.: Росгидромет, 2012. С. 126–164.
2. Засухи Восточно-европейской равнины по гидрометеорологическим и дендрохронологическим данным / Соломина О. Н., Бушуева И. С., Долгова Е. А. [и др.]. М.; СПб.: Нестор-История, 2017. 360 с.
3. Сазонов Б. И. Суровые зимы и засухи. Л.: Гидрометеоиздат, 1991. 240 с.
4. Докучаев В. В. Наши степи прежде и теперь. М.: Сельхозгиз, 1953. 152 с.
5. Керженцев А. С. Функциональная экология. М.: Наука, 2006. 259 с.
6. Переведенцев Ю. П., Гоголь Э. П., Наумов К. М., Шаталинский К. М. Глобальные и региональные изменения климата на рубеже XX и XXI столетий // Вестник ВГУ. География. Геоэкология. 2007. № 2. С. 5–11.
7. Пардаева Е. Ю., Машкина О. С., Кузнецова Н. Ф. Состояние генеративной сферы сосны обыкновенной как биоиндикатора устойчивости лесов на территории Центрально-Черноземного района в связи с глобальным изменением климата // Труды / СПбНИИЛХ. 2013. № 2. С. 16–21.
8. Дмитриева В. А. Гидрологическая роль озер и болот Воронежской области // Вестник ВГУ. География. Геоэкология. 2010. № 1. С. 98–102.



9. Шульгин А. М. Агрометеорология и агроклиматология. Л. : Гидрометеоиздат, 1978. 200 с.
10. Генкель П. А. Физиология жаро- и засухоустойчивости. М. : Наука, 1982. 280 с.
11. Зондзе Е. К. Об одном подходе к исследованию неблагоприятных агроклиматических явлений в условиях изменения климата в Российской Федерации // Метеорология и гидрология. 2004. № 1. С. 96–104.
12. Begueria S., Vicente-Serrano S. M., Reig F., Latorre B. Standardized precipitation evapotranspiration index (SPEI) revisited : parameter fitting, evapotranspiration models, tools, datasets and drought monitoring // Intern. J. Climatology. 2014. Vol. 34. P. 3001–3023.
13. Селянинов Г. Т. Происхождение и динамика засух // Засухи в СССР, их происхождение, повторяемость и влияние на урожай. М. ; Л. : Издательство АН СССР, 1958. С. 5–30.
14. Головоченко А. П. Засухи и селекция засухоустойчивых сортов яровой пшеницы в Среднем Поволжье // Проблемы повышения продуктивности полевых культур : сб. науч. тр. Самара : СГСХА, 1998. С. 132–140.
15. Guttman N. V. Comparing the palmer drought index and the standardized precipitation index // J. American Water Resources Association. 1998. Vol. 34, № 1. P. 113–121.
16. Черенкова Е. А., Золотокрылин А. Н. О сравнимости некоторых количественных показателей засухи // Фундаментальная и прикладная климатология. 2016. Т. 2. С. 74–94.
17. Кабанов П. Г., Костров В. Г. Погода и засухи в Поволжье // Научные труды // НИИСХ Юго-Востока. 1972. Вып. 31. 75 с.
18. Пряхина С. И., Гужова Е. И., Злобин Р. И., Кузнецова С. А., Смирнова М. М. Засухи и критерии их оценки // Изв. Саратов. ун-та. Нов. сер. Сер. Науки о Земле. 2013. Т. 13, вып. 2. С. 21–27.
19. Мохов И. И. Особенности формирования летней жары 2010 г. на Европейской территории России в контексте общих изменений климата и его аномалий // Известия РАН. Физика атмосферы и океана. 2011. Т. 47, № 6. С. 709–716.
20. Погода и Климат [Электронный ресурс]. URL : <http://www.pogodaklimat.ru> (дата обращения: 15.03.2019).
21. Кузнецова Н. Ф. Развитие неспецифической и специфической реакций у *Pinus sylvestris* L. на популяционном уровне в стрессовом градиенте засушливых лет // Экология. 2015. № 5. С. 1–7.
22. Дмитриенко В. П. Методические указания по комплексной оценке влияния засушливых явлений на урожайность зерновых культур и сахарной свеклы. М. : Гидрометеоиздат, 1992. 84 с.
23. Свинцова В. С., Кузнецова Н. Ф., Пардаева Е. Ю. Влияние засухи на генеративную сферу и жизнеспособность пыльцы сосны обыкновенной // Лесоведение. 2014. № 3. С. 49–57.
24. Золотокрылин А. Н., Титкова Т. Б., Черенкова Е. А., Виноградова В. В. Сравнительные исследования засух 2010 и 2012 гг. на Европейской территории России по метеорологическим и MODIS данным // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2013. Т. 10, № 1. С. 246–253.
25. Алексеев В. А. Лесные экосистемы и атмосферное загрязнение. Л. : Наука. Ленингр. отд-ние, 1990. 197 с.
26. Биологический контроль окружающей среды : биоиндексация и биотестирование / под ред. О. П. Мелиховой, Е. И. Егоровой. М. : Академия, 2007. 288 с.
27. Кузнецова Н. Ф. Генетическая система несовместимости и ее проявление у сосны обыкновенной // Лесоведение. 1996. № 5. С. 27–33.
28. Kuznetsova N. F. Self-fertility in Scots pine as a system for regulation close relationships and species survival in an adverse environment // Advances in Genetic Research. 2012. Vol. 9. P. 83–106.

Образец для цитирования:

Кузнецова Н. Ф. Засухи в лесостепной зоне Центрально-Черноземного региона и критерии оценки их интенсивности // Изв. Саратов. ун-та. Нов. сер. Сер. Науки о Земле. 2019. Т. 19, вып. 3. С. 142–148. DOI: <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2019-19-3-142-148>

Cite this article as:

Kuznetsova N. F. Droughts in the Forest-Steppe Zone of Central Chernozemic Region and Criteria for Evaluation of their Intensity. *Izv. Saratov Univ. (N. S.), Ser. Earth Sciences*, 2019, vol. 19, iss. 3, pp. 142–148 (in Russian). DOI: <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2019-19-3-142-148>



УДК 332.145

Подходы к анализу схем территориального планирования на примере степных регионов Европейской России

В. П. Петрищев, П. А. Косых

Петрищев Вадим Павлович, доктор географических наук, ведущий научный сотрудник, Институт степи УрО РАН, Оренбург, wadpetr@mail.ru

Косых Полина Александровна, младший научный сотрудник, Институт степи УрО РАН, Оренбург, koloss58@mail.ru

Статья посвящена некоторым аспектам оценки качества документов территориального планирования регионов и муниципальных районов степной зоны Европейской России. Основная цель – балльно-рейтинговая оценка количественных и качественных показателей, когнитивного терминологического анализа, отражающего различие региональных схем территориального планирования (СТП). Результаты исследования показывают, что качество СТП на уровне субъектов РФ значительно выше качества СТП муниципалитетов. Кроме того, качество СТП зависит как от профессионального уровня компаний-разработчиков, так и от готовности руководства муниципалитетов воспринимать концептуальные основы устойчивого развития территории. Главная же проблема, выявленная в ходе исследования и нуждающаяся в первоочередном решении, заключается в отсутствии единых государственных стандартов в сфере территориального планирования.

Ключевые слова: схема территориального планирования, степная зона Европейской России, балльно-рейтинговая оценка, когнитивный терминологический анализ.

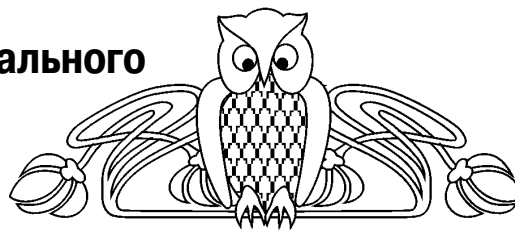
Approaches to the Analysis of Territorial Planning Schemes on the Example of Steppe Regions of European Russia

V. P. Petrishchev, P. A. Kosykh

Vadim P. Petrishchev, <https://orcid.org/0000-0002-7711-8141>, Institute of Steppe of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, 11 Pionerskaya St., Orenburg 460000, Russia, wadpetr@mail.ru

Polina A. Kosykh, <https://orcid.org/0000-0002-1884-0396>, Institute of Steppe of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, 11 Pionerskaya St., Orenburg 460000, Russia, koloss58@mail.ru

The article is devoted to some aspects of assessing the quality of the documents of territorial planning of regions and municipal areas of the steppe zone of European Russia. The main aim is a score-rating evaluation of quantitative and qualitative indicators, cognitive terminology analysis reflecting differences in regional schemes of territorial planning (STP). The results of the research show that the quality of the STP at the level of the regions of the Russian Federation is much higher than the quality of the STP of municipalities. In addition, the quality of the STP depends both on the professional level of the development companies and on the readiness of the municipal authorities to understand the conceptual foundations for the sustainable development of the territory. The main problem identified in the course of



the study and in need of a priority solution is the absence of unified state standards in the sphere of territorial planning.

Key words: the scheme of territorial planning, the steppe zone of European Russia, the ball-rating assessment, the cognitive terminological analysis.

DOI: <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2019-19-3-149-155>

Введение

Система подготовки СТП и генеральных планов соединяет фундаментальную географию (в первую очередь экономическую) с прикладной проектной деятельностью, которая напрямую связана с управленческими решениями и возможностями эффективного управления муниципалитетами.

Концептуальной и информационной базой при решении проблем устойчивого развития территорий являются схемы территориального планирования (СТП) субъектов Федерации и муниципальных районов, а также генеральные планы (ГП) городских и сельских поселений.

Градостроительный кодекс РФ предписывает разработку и утверждение документов территориального планирования для административно-территориальных единиц всех уровней – от страны в целом до отдельных муниципальных образований.

Цель данной статьи заключается в анализе документов территориального планирования субъектов Российской Федерации и муниципальных районов, входящих в состав степной зоны Европейской России, в связи со спецификой социально-экономического развития данного макрорегиона в составе Российской Федерации.

Анализируя схемы территориального планирования 10 степных регионов Европейской России, следует отметить, что составление и утверждение большинства из них происходило более 10 лет назад в период с 2005 по 2008 г., т. е. на определенном этапе экономического развития страны. С 2010 г. некоторые схемы актуализировались и корректировались. Первоначальные варианты схем муниципалитетам и субъектам РФ предоставляли не только местные градостроительные, но и крупные столичные организации – московский «ГИПРОГОР» [1] и Санкт-Петербургский РосНИПИУрбанистики [2]. Изменения в них вносили преимущественно местные региональные профильные организации. Разработкой СТП муниципальных районов занимались как ведущие столичные, так и региональ-



ные проектные организации, причем последних подавляющее большинство.

10 регионов степной зоны, рассматриваемых нами в статье, очень неоднородны по социально-экономическому развитию, системе расселения – от Краснодарского края с его высокодиверсифицированной экономикой, крупными сельскими поселениями (селами и станицами), выгодным транспортно-географическим положением и ведущими российскими курортами до Республики Калмыкия – одного из самых слаборазвитых аграрных регионов России. Однако, согласно Конституции РФ, все субъекты РФ являются равноправными (ст. 5 п. 1) и каждый гражданин Российской Федерации обладает на ее территории всеми правами и свободами и несет равные обязанности, предусмотренные Конституцией РФ (ст. 6 п. 2) [3]. Поэтому мы считаем, что и схемы территориального планирования должны оцениваться по равным критериям.

Материалы и методы

Следует сказать о сложности поиска материалов, доступ к которым, согласно Градостроительному кодексу РФ (ст. 9 п. 9), обеспечивается с помощью официального сайта [4]. Реальность такова, что на сайте Федеральной государственной информационной системы территориального планирования (ФГИС ТП) Министерства экономического развития РФ документы территориального планирования представлены не в полном объеме. В качестве примера нужно указать, что для подготовки данной статьи использованы материалы по обоснованию СТП, которые были представлены не для всех рассматриваемых регионов. Не выложены в общий доступ эти материалы для Самарской и Оренбургской областей. В отношении муниципальных районов ситуация еще хуже – мы смогли проанализировать немногим больше половины имеющихся материалов. Данный факт помешал нам увидеть объективную картину. Тем не менее определенные закономерности выявить все же удалось, опираясь на собственный опыт и используя материалы коллег [5].

Чтобы оценить качество схем территориального планирования регионов и муниципальных районов, мы составили перечень необходимых требований, которым они должны отвечать. Этот перечень включает в себя количественные показатели, такие как объем материалов по обоснованию, наличие карт-приложений, различных схем, таблиц и рисунков, встречающихся в тексте.

Среди качественных показателей нами были оценены состав авторского коллектива, качество текста с точки зрения орфографии и стиля, наличия ссылок на научные публикации, сравнительных таблиц, графиков и фотоматериалов. Важны актуальность статистических материалов, нестандартные методы оценки территории и другие научные методы.

Отдельное внимание мы уделили когнитивному терминологическому анализу, в частности частоте встречаемости слов и словосочетаний: устойчивое развитие, концепция, степь (степная зона), география, сценарии развития, планировочный каркас (узлы, оси), оптимизация, стратегии, ландшафтно-экологический, ранжирование.

Качество СТП муниципальных районов мы определяли с помощью балльно-рейтинговой оценки всех вышеперечисленных показателей. Результат такой оценки представлен с помощью картограммы.

Кроме того, на той же карте в виде круговой диаграммы мы показали «публичность» СТП муниципальных районов, по которой можно судить, в частности, о качестве документов.

Анализ и обсуждение

Степные регионы Российской Федерации образуют крупный сельскохозяйственный макро-регион с сохраняющейся структурой сельского расселения. Данная специфика оказывает особое влияние на проектирование документов территориального планирования. Оценка качества схем территориального планирования учитывает, с одной стороны, качество проектирования через объем подготовленных материалов, их информативность, а с другой – степень соответствия современным научным воззрениям в области устойчивого развития и качества жизни.

Наиболее объемными оказались материалы по обоснованию СТП Краснодарского края (1047 стр.), изложенные в шести книгах (пять в общем доступе, шестая имеет гриф «Секретно»). Данные материалы были составлены в 2011 г. ОАО «Российский институт градостроительства и инвестиционного развития «ГИПРОГОР»». В 2015 г. этот же институт внес изменения в СТП, дополнив ее еще тремя книгами. Второе место по объему обосновывающих материалов занимает СТП Ростовской области (724 стр.), состоящая из двух частей и составленная в 2013 г. Региональным научно-исследовательским и проектным институтом градостроительства (г. Ростов-на-Дону). В среднем по всем степным регионам Европейской России объем СТП равен 558 стр. Наименее объемные материалы СТП Саратовской области (375 стр.). Первоначально они были разработаны институтом «ГИПРОГОР» в 2006 г., в настоящее время на сайте ФГИС ТП в общем доступе находится проект изменения действующей СТП, выполненный ростовской научно-проектной организацией «Южный градостроительный центр». Сравнительно небольшой объем обосновывающих материалов в СТП Белгородской области (400 стр.), разработанной НМЦ «Теринформ» ЦНИИП градостроительства РААСН.

В муниципальных районах средний объем материалов по обоснованию равен 192 стр. (максимум по муниципальным районам Белгородской



области – 279 стр., минимум по Волгоградской области – 114 стр.).

Оценивая содержание материалов по обоснованию, следует отметить, что все они содержат сравнительные таблицы, диаграммы, графики, рисунки и фотоматериалы. Графический материал в наименьшем объеме представлен в материалах по обоснованию для Саратовской области и Ставропольского края. Небольшое количество фотоматериалов характерно лишь для СТП Республики Калмыкия. На наш взгляд, наличие фотоматериалов позволяет оценить степень актуальности материалов территориального планирования, а также знакомства проектировщиков с территорией региона.

На муниципальном уровне лидерами по наличию иллюстративного материала являются Белгородский район (Белгородская область) (составитель – Центральный научно-исследовательский и проектный институт по градостроительству РААСН (г. Москва)) и Кантемировский район (Воронежская область) (составитель – общество с ограниченной ответственностью «Научно-проектная организация «Южный градостроительный центр»» (г. Ростов-на-Дону)). Однако нередко фотоматериалы включают в текст, чтобы выдержать объем материалов по обоснованию. Поэтому судить однозначно о высоком или низком качестве работы, основываясь лишь на анализе иллюстрационного материала, мы не беремся.

Отдельно оценивалась степень научной обоснованности проектных решений. Ссылки на научные публикации не отражены в СТП Белгородской и Саратовской областей, Краснодарского края и Республики Калмыкия. В СТП Ставропольского края использовались материалы таких ведущих географов, как Т. Г. Нефедова, специализирующаяся на исследовании процессов сельского расселения, Н. В. Зубаревич и др. В СТП муниципальных районов практически не представлены ссылки на публикации. Исключением являются СТП районов Саратовской области, составленные государственным унитарным проектным предприятием «Институт Саратовгражданпроект». В материалах, составленных этой организацией, обязательно присутствует обширный перечень использованных источников, в котором, помимо законодательных и нормативных документов, представлены ссылки на научные публикации.

В состав авторских коллективов примерно половины изученных СТП субъектов РФ входят специалисты, имеющие ученую степень, – доктора и кандидаты географических, экономических, технических наук. Однако в авторских коллективах СТП Воронежской, Саратовской, Ростовской областей, Краснодарского края эта информация не отражена. На муниципальном уровне с положительной стороны можно охарактеризовать СТП Белгородского района, где представлена подробная информация об авторском коллективе, в состав которого входит д-р геогр.

наук, профессор Е. Ю. Колбовский, автор многочисленных работ по проблемам ландшафтного планирования, экологического проектирования, расселения населения, а также СТП большинства районов Саратовской области, разработчики которых работают в тесном сотрудничестве с учеными-географами Саратовского государственного университета им. Н. Г. Чернышевского (д-р геогр. наук, профессор А. Н. Чумаченко, д-р геогр. наук, профессор В. З. Макаров). Стоит заметить, что в Градостроительном кодексе и рекомендациях к разработке СТП нет требований по оформлению ссылок и профессиональному составу авторского коллектива, поэтому их качество не может напрямую зависеть от рассмотренных параметров.

Один из важных недостатков документов территориального планирования заключается в том, что регион рассматривается как «остров в океане», т. е. без учета его взаимодействия с соседними субъектами РФ и муниципалитетами. Небольшие сравнительные таблицы присутствуют в СТП Саратовской области и Ставропольского края. В остальных случаях приводится сравнение с регионами Федерального округа, к которому относится описываемый субъект, а также со страной в целом. В этом отношении положительным исключением является СТП Белгородской области. В ней те или иные показатели сравниваются не только с показателями регионов Центрального федерального округа, но и отдельно с показателями соседних, экономически тесно интегрированных регионов – Курской и Воронежской областей, а также соседних областей Украины.

При анализе содержания обосновывающей части СТП также выявлено наличие научных подходов к оценке территории. В частности, разработчики СТП Волгоградской области предлагают использовать концепцию полицентрического развития, схожую с концепцией полюсов роста, предлагаемой разработчиками СТП Саратовской области [6]. Кроме того, при анализе экологических ограничений размещения промышленных и сельскохозяйственных объектов разработчики пользовались научной концепцией стадийности урбанизации [7]. Многие разработчики СТП применяют в своей работе концепцию кластеров Портера [8] и теорию природно-экологического каркаса [9]. Достаточно редко используются возможности SWOT-анализа при территориальном планировании [10]. Только в дополнительных материалах территориального планирования по Краснодарскому краю приводится SWOT-анализ потенциальных возможностей и угроз. В СТП районного уровня практически не встречается оригинальных подходов к оценке территории, многие из них строятся по готовому сценарию развития территории (оптимистический, стабилизационный и др.). Конечно, помимо материалов территориального планирования, в регионе разрабатываются и другие стратегические документы (концепции, стратегии и планы), которые зачастую



включают в себя SWOT-анализ и креативные методы. Но мы считаем, что наиболее удачные идеи могут быть продублированы в схемах территориального планирования как обобщающем документе для всего региона.

В целях повышения объективности оценки научной информативности материалов территориального планирования проанализирована частота употребления некоторых важных для территориального и ландшафтного планирования терминов. Так как все рассматриваемые регионы относятся к степной зоне, выполнен анализ частоты употребления термина «степь», а также его производных (степной, степная и т. д.) в текстах (рис. 1). Чаще он встречается в СТП Воронежской области (110 раз) и Краснодарского края (87 раз), реже всего – в СТП Ростовской области (34 раза). При оценке частоты употребления термина «степь» следует выделить СТП Воронежской области и Республики Калмыкия – 0,2 и 0,15 сл./стр. соответственно.

В районных СТП слово «степь», включая производные от него, чаще всего встречаются в материалах по Егорлыкскому (Ростовская область), Кантемировскому и Калачеевскому (Воронежская область), Апанасенковскому и Предгорному (Ставропольский край) районам, что свидетельствует об учете проектировщиками зонально-географической идентичности территории.

Важность современных географических

концепций для всех аспектов территориального планирования обусловила оценку частоты употребления слова «география» (с производными) в текстах СТП. Чаще всего оно встречается в СТП Краснодарского края и Саратовской области, реже всего – в СТП Ростовской области, что свидетельствует о недостаточном внимании к современным разработкам в области географии. В муниципальных СТП слово «география» и его производные встречаются еще реже. Лишь в документах по Шпаковскому району Ставропольского края и Кантемировскому району Воронежской области оно встречается больше 15 раз.

В настоящее время качество подготовки документов территориального планирования отражает степень эффективности управленческих решений, направленных на развитие регионов. В связи с этим научные стратегии, концепции, сценарии и прогнозы устойчивого развития представляют собой теоретическую основу разработки СТП разного уровня. В связи с этим частота употребления словосочетания «устойчивое развитие» отражает степень понимания проектировщиками конечной цели территориального планирования. В СТП Ставропольского края и Белгородской области данное словосочетание встречается реже всего (менее 0,2 сл./стр.), в материалах по Саратовской области – чаще всего (более 0,3 сл./стр.).

Степень «географичности» материалов могут отражать не только слово «география» и производ-

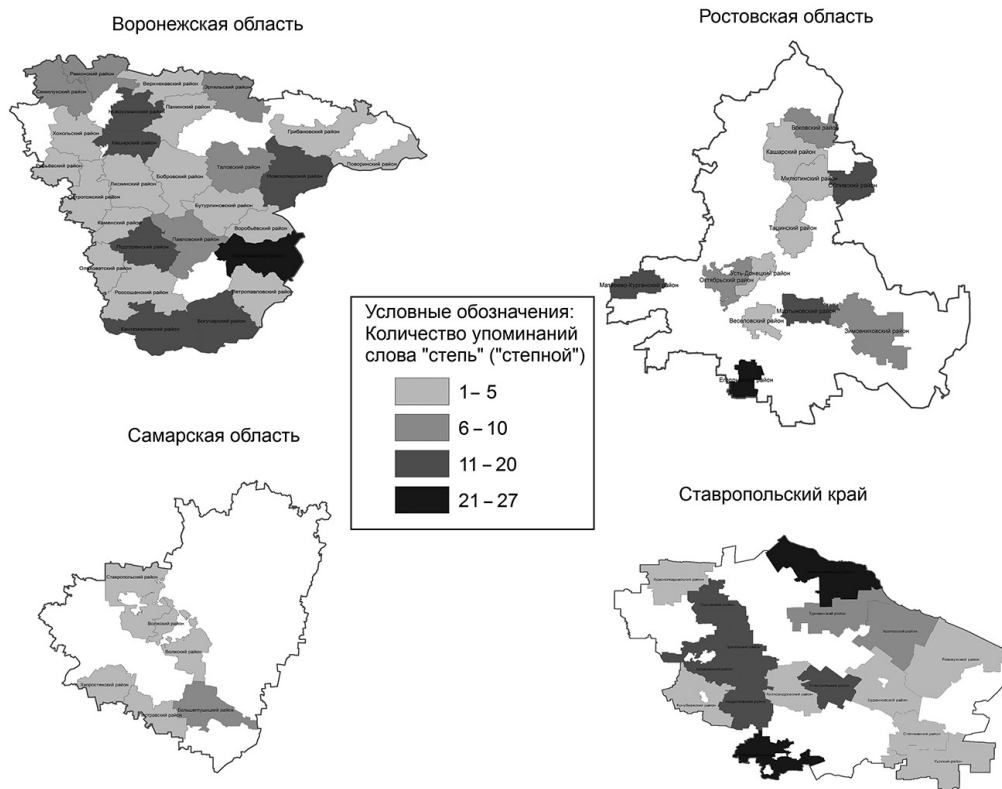


Рис. 1. Частота употребления слова «степь» и его производных в муниципальных районах степных регионов Российской Федерации



ные от него, но и такие слова и словосочетания, как «территориальные социально-экономические системы», «территориальные общественные системы», «территориальные производственные комплексы», «кластеры», «энерго-производственные циклы», «центр-периферия», «циклы и волны», «теории размещения производственных сил», «территориальное разделение труда», «диффузии инноваций», «полюса роста», «опорный каркас», «ось развития», «промышленный узел». При анализе частоты употребления перечисленных слов явно выделяются районы Саратовской области, в особенности Балашовский, где слова «кластер» и «устойчивое развитие» встречаются чаще всего. Этот район и по другим параметрам выделяется на фоне остальных [11]. Интересно, что словосочетание «центр-периферия» встречается 7 раз в СТП Волжского района Самарской области, а это именно тот район, который «окружает» областной центр – Самару.

О научности работы свидетельствуют такие термины, как «планировочный каркас» (узлы, центры, оси) и «ранжирование территории» (ранги). Наибольшая частота их употребления на одной странице характерна для Белгородской области и Краснодарского края, наименьшая – для Ставропольского края.

Во многих районных СТП данные слова и словосочетания не встречаются вовсе или встречаются крайне редко, что также позволяет судить о резком снижении качества подготовки материалов территориального планирования от федерального уровня к муниципальному.

Соотношение объема разделов схем территориального планирования может свидетельствовать о том, чему в них уделяется больше внимания или меньше. Для этой оценки проведено сравнение объемов разделов, посвященных природно-ресурсному потенциалу территории, характеристике экономической структуры региона, сельскохозяйственному производству, а также демографической ситуации. В идеале все разделы должны быть представлены равномерно. Но, например, в Ставропольском крае на характеристику природно-ресурсного потенциала приходится более 70% от общего объема текста СТП, в Белгородской области анализ демографических процессов занимает 65% СТП, а в Краснодарском крае отражение экономической структуры региона составляет почти 80% СТП. Наиболее равномерно и сбалансированно данные разделы представлены только в Саратовской области. Показатель соотношения объемов разделов СТП важен, но его необходимо рассматривать в совокупности с другими параметрами (встречаемость слов, состав авторского коллектива и др.).

В заключение следует отметить, что общая оценка качества материалов по обоснованию СТП дает лишь общую картину. Если внимательно читать текст, можно заметить большое количество ошибок. Например, в СТП Волгоградской области

несколько раз по тексту встречается словосочетание «полустепная зона», которой ни в каких географических территориальных классификациях не существует, т. е. это «лженаучный» термин, существенно снижающий качество СТП.

По совокупности всех показателей лучшими из рассмотренных документов территориального планирования субъектов РФ, расположенных в степной зоне Европейской России, являются СТП Краснодарского края и Белгородской области. Наименее качественно составлена СТП Ростовской области. На уровне муниципальных районов сложно выделить даже несколько лучших или худших. Можно лишь сказать, что выше качество СТП, разработкой которых занимались крупные московские проектные организации – ГИПРОГОР и ЦНИИП градостроительства РААСН, а также саратовский институт «Саратовгражданпроект».

Качество СТП муниципальных районов определялось с помощью балльно-рейтинговой оценки. Она была основана на сопоставлении данных по объему материалов обосновывающей части СТП, количеству таблиц, рисунков и источников литературы, составу авторского коллектива, наличию научных подходов и сравнительной аналитики, а также на анализе встречаемости наиболее важных «научекожих» терминов (рис.2). Для данной оценки все рассматриваемые параметры были разбиты на три группы: количественные показатели (объем материалов, наличие и объем таблиц и графической составляющей, ссылки на источники литературы), научная обоснованность данных (состав авторского коллектива, наличие сравнительных данных с другими регионами, научных концепций и подходов к оценке территории), частота встречаемости отдельных терминов. По каждому из параметров районы были разбиты на пять групп (5 баллов – лучший показатель, 1 балл – худший показатель; при отсутствии показателя району ставился 0), затем баллы по всем показателям были суммированы и выделены районы-лидеры и аутсайдеры.

В виде круговой диаграммы на рис. 2 отражена «публичность» СТП муниципальных районов, т. е. доля размещенных на сайте Федеральной государственной информационной системы территориального планирования (ФГИС ТП) [4] материалов территориального планирования муниципалитетов. Наиболее открытыми являются СТП муниципальных районов Воронежской области и Краснодарского края, которые размещены на официальном сайте ФГИС ТП.

Выводы

Анализ качества схем территориального планирования, проведенный на примере степного макрорегиона Российской Федерации, показывает, что отсутствие единых государственных стандартов в сфере территориального планирования неизбежно ведет к снижению их качества. При

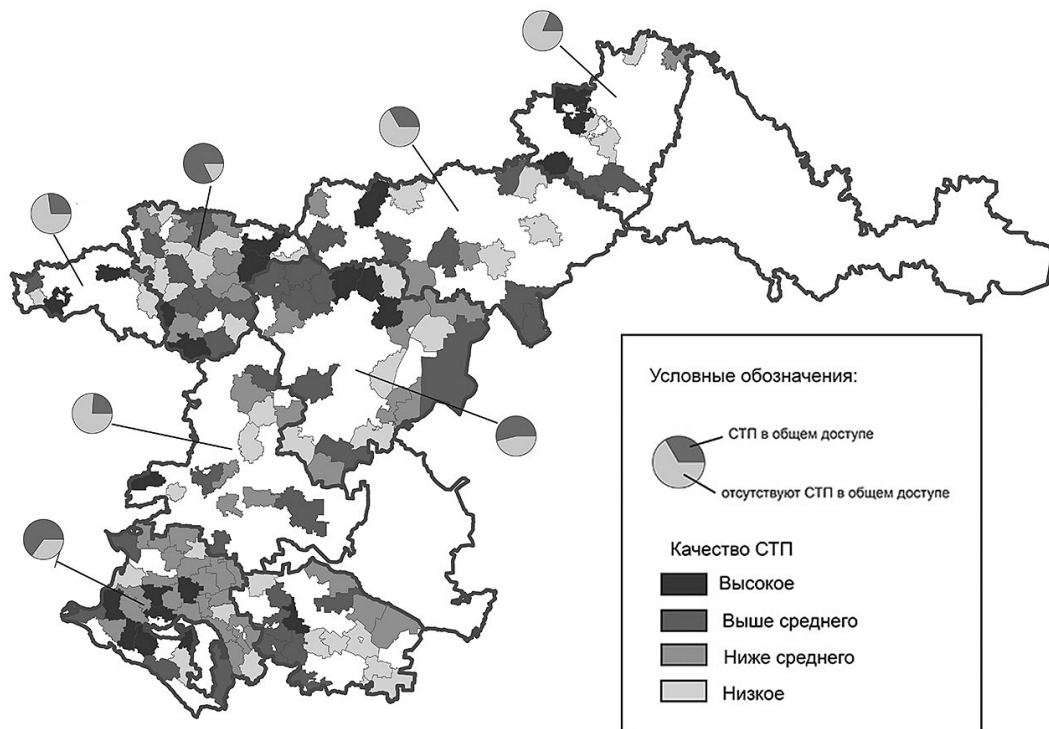


Рис. 2. Публичность и качество материалов по обоснованию схем территориального планирования муниципальных районов степной зоны Европейской России

этом речь идет о таких принципиально важных критериях, как научное обоснование стратегий и прогнозов развития субъектов РФ и муниципальных образований. Как правило, на уровне субъектов РФ материалы территориального планирования выполняются на достаточно высоком уровне, чего нельзя сказать о муниципалитетах. На уровне муниципальных районов отличие как в объеме, так и в проработанности схем территориального планирования наиболее значительно. При этом степень социально-экономического благополучия субъектов РФ и муниципальных образований далеко не всегда является залогом качества подготовки проектных материалов.

Работа выполнена по теме фундаментальных научных исследований, финансируемых из федерального бюджета РАН «Степи России: ландшафтно-экологические основы устойчивого развития, обоснование природоподобных технологий в условиях природных и антропогенных изменений окружающей среды» (ГР АААА-А17-117012610022-5).

Библиографический список

1. Российский институт градостроительства и инвестиционного развития «Гипрогор» [Электронный ресурс]. URL: <http://www.giprogor.ru/> (дата обращения: 16.07.2018).
2. Российский государственный научно-исследовательский и проектный институт урбанистики (РосНИИ Урба-

нистики) [Электронный ресурс]. URL: <https://urbanistika.ur.ru/> (дата обращения: 16.07.2018).

3. Конституция Российской Федерации (принята всенародным голосованием 12.12.1993) (с учетом поправок, внесенных Законами РФ о поправках к Конституции РФ от 30 декабря 2008 г. № 6-ФКЗ, от 30 декабря 2008 г. № 7-ФКЗ, от 5 февраля 2014 г. № 2-ФКЗ, от 21 июля 2014 г. № 11-ФКЗ) // Собрание законодательства РФ. 2014. № 31. Ст. 4398.
4. Федеральная государственная информационная система территориального планирования (ФГИС ТП) Министерства экономического развития РФ [Электронный ресурс]. URL: <https://fgistp.economy.gov.ru> (дата обращения: 2.07.2018).
5. Вильнер М. Я. О критериях качества схем территориального планирования регионов // Градостроительство. 2012. № 5 (21). С. 56–62.
6. Скатерщиков С. В., Чистобаев А. И. Принципы территориального планирования и их реализация в Европейском Союзе и Российской Федерации // Балтийский регион. 2014. № 1 (19). С. 137–148.
7. Пивоваров Ю. Л. Урбанизация России в XX веке : идеалы и реальность // География мирового развития. М. : Товарищество научных изданий КМК, 2010. С. 228–239.
8. Ланская И. А. Кластерный подход к управлению региональным развитием // Государственное и муниципальное управление в XXI веке : теория, методология, практика : сб. материалов XXIX Междунар. науч.-практ. конф. Новосибирск: Центр развития научного сотрудничества, 2017. С. 27–35.



9. Курбатова А. С., Кочуров Б. И., Гриднев Д. З. Природно-экологический каркас в территориальном планировании муниципальных образований // Проблемы региональной экологии. 2010. № 6. С. 186–194.

10. Гладнев В. В. К вопросу о применении моделирования в территориальном планировании муниципальных образований // Развитие агропродовольственного комплекса : экономика, моделирование и информационное

обеспечение. Воронеж : Воронежский государственный аграрный университет им. Императора Петра I, 2016. С. 227–230.

11. Чибилёв А. А., Петрищев В. П., Косых П. А., Левыкин С. В. Показатели социально-экономического развития муниципальных образований степных регионов Европейской России // Известия РГО. 2018. Т. 150, вып. 5. С. 1–14.

Образец для цитирования:

Петрищев В. П., Косых П. А. Подходы к анализу схем территориального планирования на примере степных регионов Европейской России // Изв. Саратов. ун-та. Нов. сер. Сер. Науки о Земле. 2019. Т. 19, вып. 3. С. 149–155. DOI: <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2019-19-3-149-155>

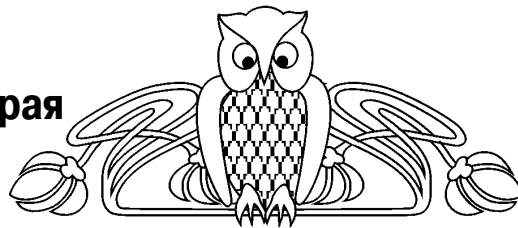
Cite this article as:

Petrishchev V. P., Kosykh P. A. Approaches to the Analysis of Territorial Planning Schemes on the Example of Steppe Regions of European Russia. *Izv. Saratov Univ. (N. S.), Ser. Earth Sciences*, 2019, vol. 19, iss. 3, pp. 149–155 (in Russian). DOI: <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2019-19-3-149-155>



УДК 911

Развитие сельского хозяйства в курортной зоне Краснодарского края в новых экономических условиях



К. В. Родионова, А. А. Филобок

Родионова Ксения Владимировна, аспирант, Кубанский государственный университет, Краснодар, piven_kseniya@mail.ru

Филобок Анатолий Анатольевич, кандидат географических наук, доцент, Кубанский государственный университет, Краснодар, econgeog@mail.ru

В настоящее время существуют проблемы, связанные с совершенствованием сельскохозяйственного производства Краснодарского края. Для развития сельского хозяйства в курортной зоне данного региона необходима разработка эффективных и конкурентоспособных направлений агропромышленного производства.

Ключевые слова: агропромышленный комплекс, сельскохозяйственное производство, город-курорт, виноделие, садоводство.

Development of Agriculture in the Resort Zone of Krasnodar Territory in New Economic Conditions

K. V. Rodionova, A. A. Filobok

Kseniya V. Rodionova, <https://orcid.org/0000-0003-4846-1714>, Kuban State University, 149 Stavropol'skaya St., Krasnodar 350040, Russia, piven_kseniya@mail.ru

Anatoliy A. Filobok, <https://orcid.org/0000-0002-7745-9472>, Kuban State University, 149 Stavropol'skaya St., Krasnodar 350040, Russia, econgeog@mail.ru

Nowadays there are problems in improving the agricultural production of the Krasnodar region. For the development of agriculture in the resort area of this region, it is necessary to establish certain efficient and competitive areas of agro-industrial production.

Key words: agro-industrial complex, agricultural production, resort city, winemaking, gardening.

DOI: <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2019-19-3-156-159>

Постановка проблемы

Главный конкурентный потенциал России – природные ресурсы. При этом вследствие своей технологической консервативности страна теряет лидирующие позиции в аграрном секторе. Регионы страны должны внести свой вклад в решение проблем агропромышленного производства с помощью своих природных, социально-экономических и других потенциальных преимуществ.

Краснодарский край является одним из ведущих регионов России, обеспечивающих ее продовольственными продуктами. Валовая зе-

мельная площадь Краснодарского края составляет 7,5 млн га, из них более половины – пашня. АПК Краснодарского края представляет собой главный элемент регионального хозяйства. Это один из самых многообразных комплексов, емкость производства которого растет каждый год, в частности с учетом спроса на внешнем рынке. Сегодня в АПК реализуется более 200 инвестиционных проектов, тем не менее все равно сохраняется необходимость внедрении инновационных методик. Краснодарский край экспортирует до 8 млн т зерна, растительное масло, мясомолочные и другие продукты, удерживает первенство по селекции и семеноводству озимой пшеницы, ячменя, риса, сои, что позволяет полностью обеспечить половину сельхозпроизводителей страны. Регион является лидером виноградарства и виноделия в России по всем трем основным критериям: самые большие площади виноградников, самая высокая урожайность, а также самый большой объем производства вина. Край производит 40% общероссийского объема фруктов, 45% винограда, 42% российского вина и 27% российского шампанского. Доля края в общероссийских площадях винограда составляет 30%.

Тем не менее недостаточная модернизация перерабатывающих отраслей АПК и промышленного производства безусловно приводит к многократной убыли продукции. Проблемы, связанные с функционированием агропромышленного комплекса, в значительной степени обусловлены его деформированной структурой. Дисбаланс АПК – это результат серьезных ошибок в современной инвестиционной политике. Большая доля материальных и трудовых ресурсов издавна была сосредоточена в отраслях, обеспечивающих производство сельского хозяйства, в области же хранения, переработки и торговли их задействовано намного меньше. Формирующаяся агропромышленная политика должна быть нацелена на урегулирование ряда проблем:

- устойчивое развитие всех элементов АПК;
- повышение конкурентоспособности российского сельскохозяйственного сектора на внешнем и внутреннем рынках;
- предоставление оптимальных условий труда и обеспечение достойного уровня жизни на селе;
- снабжение потребителей продовольствием в необходимом объеме, хорошего качества и по общедоступным ценам [1].



Методика исследования

При выполнении данного исследования были применены следующие методы: исторический, статистический, сравнительно-географический, системный, географический прогноз. Существенная роль отведена системному методу, который позволяет с высокой степенью точности достичь обоснованных и достоверных результатов.

Результаты

Потребность в снабжении города продуктами повседневного спроса является первопричиной концентрации сельскохозяйственного производства в регионе. Вторая причина заключается в наличии экономических предпосылок качественного совершенствования востребованных секторов. Третья причина состоит в том, что при продолжительной транспортировке снижаются потребительские свойства продукции и тем самым увеличиваются издержки на ее реализацию [2].

Сельское хозяйство города и иных территориальных агропромышленных комплексов в структуре производства сильно отличается (предрасположенность к улучшению качества производства). Город является главным ареалом сбыта сельскохозяйственной продукции, а также снабжает техникой и материалами. Поэтому совершенствование сельского хозяйства должно осуществляться при учете его соответствующей связи с городом, который практически воздействует на воспроизводственную структуру данной отрасли [3]. Одним из ведущих факторов продуктивного развития сельскохозяйственного производства является рационально образованная интеграция предприятий всех форм собственности [4]. Особый акцент должен делаться на мелких формах хозяйствования, т. е. фермах.

В Краснодарском крае особое место занимают города-курорты Азово-Черноморского побережья. Социально-экономический потенциал города-курорта является главным фактором устойчивости его функционирования и развития. Курорт выступает в качестве рынка сбыта продуктов питания. Социально-экономическая стабильность в обществе предполагает формирование достаточного объема продовольственных ресурсов. Важная роль в решении этой задачи принадлежит круглогодичному обеспечению населения высококачественной и разнообразной продукцией в соответствии с физиологически обоснованными нормами [5].

Новые экономические реалии создали благоприятную почву для развития экономики нашей страны:

- санкции активизировали внутренний потенциал региона, в результате АПК, промышленность и туристская отрасль показывают активный рост;
- непростые условия подстегнули производителей товаров и услуг – появилась возможность

заполнить собственной продукцией те ниши, которые высвободились от импорта, т. е. активизировалось импортозамещение;

– разрабатываются новая система сопровождения инвестиционных проектов, инвестиционные площадки для локализации бизнеса.

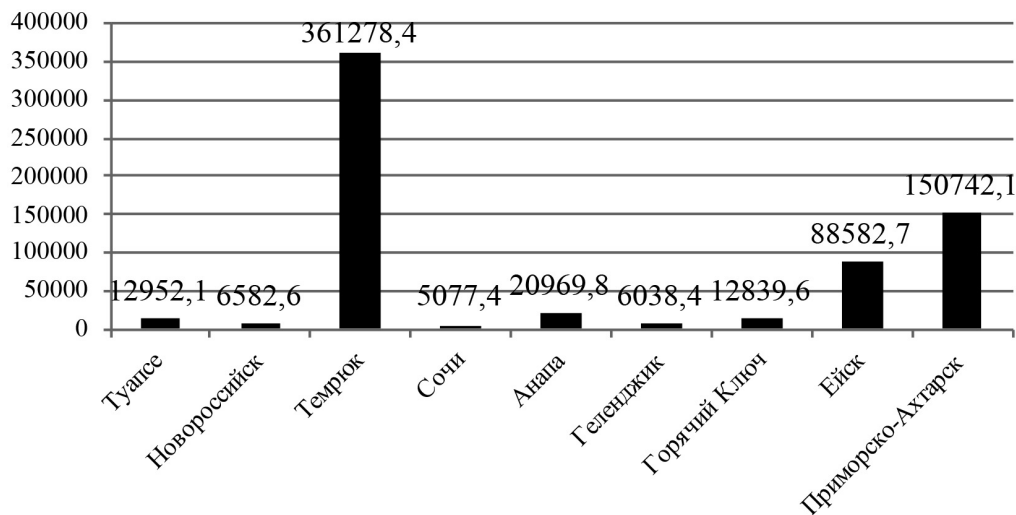
Главной функциональной целью города-курорта является качественное улучшение производства сельского хозяйства, сельскохозяйственной переработки и инфраструктуры рынка продукции для удовлетворения потребностей населения в продовольствии. Развитие сельского хозяйства на территории Краснодарского края имеет положительную динамику – количество произведенной продукции растет из года в год [6].

Согласно совокупной оценке городов Краснодарского края по базисным среднедушевым показателям социально-экономического состояния и перспективного развития, в 2015–2018 гг. наблюдается увеличение среднедушевого уровня сельскохозяйственного производства. С 2015 по 2017 г. итоговый показатель по всем курортным районам увеличился на 148 656 руб., т. е. на 29%, что благоприятно сказалось на социально-экономическом положении данной территории. Активное вовлечение финансовых средств в сельскохозяйственный комплекс края способствует не только улучшению и развитию социально-экономической структуры города-курорта в целом, но и привлечению туристов в эту зону, что усилит экономическую привлекательность курортов для российских и иностранных инвесторов [7].

Самый высокий уровень затрат на сельскохозяйственное производство отмечен в Темрюке, что видно из рисунка. В 2017 г. он составил 361 278,4 руб. Относительно высокие его показатели были отмечены в Приморско-Ахтарске и Ейске (соответственно 150 724,1 руб. и 88 582,7 руб.). Это связано с тем, что данные территории относительно недавно, по сравнению с другими курортами Краснодарского края (только с 2000-х гг.), стали широко развивать рекреационную сферу (летний туризм, агротуризм, культурно-оздоровительную сферу, частные и государственные базы отдыха, автокемпинги, пансионаты, детские оздоровительные учреждения и многое другое). Вся финансовая поддержка городов Азовского побережья Краснодарского края была направлена в основном на развитие именно сельскохозяйственного производства, ведь АПК является исторической базой экономики Краснодарского края.

Остальные города (Туапсе, Новороссийск, Сочи, Анапа, Геленджик, Горячий Ключ) начали свое существование как курорты еще в 1890-х гг., поэтому их основная экономическая структура уже четко сформирована. Финансовые вложения в сельскохозяйственное производство хоть и увеличиваются, но в незначительной степени.

Таким образом, можно сделать вывод, что на сегодня именно в городах Азовского побережья наблюдается высокая эффективность использова-



Уровень затрат на сельскохозяйственное производство в городах-курортах Краснодарского края, руб. (сост. по: [2])

ния экономических средств: чем больше финансов осваивается в рамках развития сельскохозяйственного производства, тем больше экономическая выгода от него. Аграрная сфера является своеобразным потенциалом этих территорий [8].

Существует ряд проблем, решение которых необходимо для устойчивого развития сельскохозяйственного производства в городах-курортах Азово-Черноморского побережья. В первую очередь сюда можно отнести:

- низкий уровень совершенствования технологий производства;
- недостаточную развитость инновационной инфраструктуры;
- низкую эффективность подготовки трудовых ресурсов;
- сезонность работы учреждений и организаций;
- нелегальное производство и продажу сельхозпродукции.

Все это приводит к ухудшению состояния АПК Краснодарского края по сравнению не только с зарубежными, но и региональными конкурентами. Поэтому для выхода на более высокий уровень качества производимой продукции и, как следствие, привлечения большего количества инвестиционных потоков необходим комплексный подход к решению вопроса о том, какие отрасли сельского хозяйства будут приоритетными по своим климато-географическим и региональным особенностям на данной территории, по значимости для населения и туристов, а также по прибыльности и социально-экономической выгоде. Таким образом, по этим параметрам можно определить следующие направления сельскохозяйственной деятельности – садоводство и виноградарство [9]. Регион заинтересован в максимальном развитии этих направлений, потому что:

- это благодатный регион для производства сельхозпродукции – благоприятный климат

Азово-Черноморского побережья способствует выращиванию плодовых культур и винограда с наименьшими финансовыми затратами (количество закладок новых молодых виноградников и садов за три года увеличено почти вдвое: АО АФ «Южная», ООО «Фанагория-Агро», ООО «Фанагория-Юг», ООО «Абрау-Дюрсо», ООО «Приазовский винный дом», ООО СК «Октябрь», ООО «Имение Сикоры»);

- продукция этих отраслей пользуется огромным спросом как среди местного населения, так и среди туристов, а также по всей России (несмотря на введение запрета на прямую рекламу алкоголя в стране в части виноделия);

- экономическая отдача от виноделия в десятки раз выше, чем от любого другого производства;
- сельхозпроизводители являются социальной опорой сохранения и развития сельских территорий Краснодарского края [10].

Стоит также отметить, что с августа 2014 г. указом президента РФ запрещен импорт некоторых сельскохозяйственных продуктов, сырья и продовольствия (включая овощи и фрукты) в РФ из стран, которые ввели антироссийские санкции (США, страны Европейского Союза, Канада, Австралия, Норвегия). На сегодня этот запрет на поставки сохраняется, и он оказал положительное влияние на развитие АПК Краснодарского края, простимулировав развитие целого ряда сельскохозяйственных направлений. У отечественных производителей появились возможность и стимул наращивать производство, модернизировать хозяйство и производственные мощности. Для всех сельхозпроизводителей продовольственное эмбарго стало своего рода шансом проявить собственную эффективность, поэтому процесс замещения произошел достаточно быстро: на место импортных товаров пришли местные. Продукция хорошо разошлась по стране, в некоторых категориях полностью заместив импорт.



Однако есть направления, которые край не может закрыть в силу географии расположения и климата, например производство цитрусовых – только в Сочи есть потенциал для их выращивания (киви, лимоны, мандарины), но не в промышленных масштабах.

Заключение

Для развития сельского хозяйства в курортной зоне Краснодарского края необходимо развитие эффективных и конкурентоспособных направлений агропромышленного производства – садоводства и виноградарства, способных целиком удовлетворять потребность как местного населения, так и туристов в качественной продукции, производимой краевыми сельскохозяйственными компаниями. Дальнейшее развитие данных направлений предусматривает формирование нового направления хозяйственной деятельности – рекреационно-аграрного комплекса. Это повлечет за собой плодотворное использование всех социально-экономических возможностей города-курорта для устойчивого развития региона.

Библиографический список

1. *Полычкина Е. Н., Гаспарян А. А.* Современное состояние и стратегия развития агропромышленного комплекса Краснодарского края // Научно-методический электронный журнал «Концепт». 2014. № 5. С. 51–55.
2. *Лексин В. Н., Реймер Л. А., Назарова О. М.* Пригородно-территориальный агропромышленный комплекс. М. : Колос, 1984. 159 с.
3. *Сохроков Х. Х., Иванова З. М., Халищова Л. З.* Интеграционные тенденции развития сельскохозяйственного производства пригородных территорий (на примере г. Нальчик) // Национальные интересы : приоритеты и безопасность. 2014. № 11. С. 16–17.
4. *Кузнецов В.* Проблемы кооперации и интеграции в аграрном секторе экономики // Экономика сельского хозяйства России. 2001. № 1. С. 6–11.
5. Об утверждении государственной программы Краснодарского края «Развитие сельского хозяйства и регулирование рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия» : постановление главы администрации (губернатора) Краснодарского края от 05.10.2015 № 944 [Электронный ресурс] // СПС «Гарант». URL: <http://internet.garant.ru/#/document/36996854/paragraph/11/highlight/> (дата обращения: 06.03.2018).
6. Результаты мониторинга Стратегии социально-экономического развития Краснодарского края до 2020 года за период 2008–2015 годов [Электронный ресурс] // Официальный сайт министерства экономики Краснодарского края. URL: http://economy.krasnodar.ru/strategic-planning/the-strategy-of-development-of-krasnodar-region/files/monitoring_2008-2015.pdf (дата обращения: 06.03.2018).
7. Комплексная оценка социально-экономического развития городских округов и муниципальных районов Краснодарского края [Электронный ресурс] // Официальный сайт министерства экономики Краснодарского края. URL: <http://economy.krasnodar.ru/macroeconomics/comprehensive-assessment-of-the-socio-economic-development-of-city-districts-and-municipal-areas-of/> (дата обращения: 06.03.2018).
8. *Волкова Т. А., Филобок А. А., Миненкова В. В.* Проблемы и перспективы развития туризма в пределах Азово-Черноморского побережья Краснодарского края // Актуальные проблемы развития туризма : материалы междунар. конф. молодых ученых, асп., студ. Казань : Издательский дом Центросоюза, 2016. С. 25–26.
9. *Чистяков В. И., Филобок А. А.* Города-курорты Росийского Причерноморья как специализированные комплексы // Курортно-рекреационный комплекс в системе регионального развития : материалы II регион. науч.-практ. конф. Краснодар: Издательство Кубанского государственного университета, 2005. С. 4–5.
10. О туристской деятельности в Краснодарском крае : закон Краснодарского края от 25.10.2005 № 938-КЗ [Электронный ресурс] // СПС «Гарант». URL: <http://internet.garant.ru/#/document/23940938/paragraph/5301/highlight/> (дата обращения: 06.03.2018).

Образец для цитирования:

Родионова К. В., Филобок А. А. Развитие сельского хозяйства в курортной зоне Краснодарского края в новых экономических условиях // Изв. Саратов. ун-та. Нов. сер. Сер. Науки о Земле. 2019. Т. 19, вып. 3. С. 156–159. DOI: <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2019-19-3-156-159>

Cite this article as:

Rodionova K. V., Filobok A. A. Development of Agriculture in the Resort Zone of Krasnodar Territory in New Economic Conditions. *Izv. Saratov Univ. (N. S.), Ser. Earth Sciences*, 2019, vol. 19, iss. 3, pp. 156–159 (in Russian). DOI: <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2019-19-3-156-159>



УДК 528.4:528.021.78

Комплексное применение технологии ГИС и наземного лазерного сканирования для исследования оползневых тел (на примере оползня в Октябрьском ущелье города Саратова)



В. А. Данилов, А. В. Федоров, В. А. Морозова

Данилов Владимир Анатольевич, кандидат географических наук, доцент, Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского, kohavi@yandex.ru

Федоров Алексей Васильевич, старший преподаватель, заведующий учебной лабораторией геоинформатики и тематического картографирования, Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского, alexeivf@gmail.com

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

В настоящее время метод лазерного сканирования все чаще применяется для фиксации последствий техногенных аварий и природных бедствий. В то же время мировая практика показала, что данные лазерного сканирования могут использоваться не только для инвентаризации и уточнения оценки состояния оползневых тел, но и для мониторинга и прогнозирования их развития. Авторы статьи предложили методику комплексного мониторинга оползневых тел, основанную на использовании технологий ГИС и наземного лазерного сканирования (НЛС), оценили достоинства и недостатки метода НЛС по разным критериям. Данная методика была апробирована на оползне левого борта Октябрьского ущелья города Саратова.

Ключевые слова: ГИС, лазерное сканирование, оползни, трехмерное моделирование, Саратов, Октябрьское ущелье.

Integrated Application of GIS Technology and Terrestrial Laser Scanning for the Investigation of Landslide Bodies (on the Example of a Landslide in the Oktyabrsky Gorge of the City of Saratov)

V. A. Danilov, A. V. Fedorov, V. A. Morozova

Vladimir A. Danilov, <https://orcid.org/0000-0002-6971-9860>, Saratov State University, 83 Astrakhanskaya St., Saratov 410012, Russia, kohavi@yandex.ru

Alexey V. Fedorov, <https://orcid.org/0000-0002-8999-6398>, Saratov State University, 83 Astrakhanskaya St., Saratov 410012, Russia, alexeivf@gmail.com

Valeriia A. Morozova, <https://orcid.org/0000-0002-0000-0000>, Saratov State University, 83 Astrakhanskaya St., Saratov 410012, Russia, riukarin@gmail.com

Currently the laser scanning method is increasingly used to record the effects of man-made accidents and natural disasters. At the same time, world practice and experience have shown that laser scan data

can be used not only to inventory and refine the state of landslide bodies, but also to monitor and predict their development. Using the example of a landslide of the left side of the Oktyabrsky gorge in the city of Saratov, the authors of the article proposed a method of integrated monitoring of landslide bodies using GIS technology and terrestrial laser scanning (TLS), assessed the advantages and disadvantages of the TLS method according to various criteria.

Key words: GIS, laser scanning, landslides, three-dimensional modeling, Saratov, Oktyabrsky gorge.

DOI: <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2019-19-3-160-167>

Введение

Предлагаемая методика комплексного применения технологий ГИС и наземного лазерного сканирования для исследования оползневых тел разработана с учетом работ, выполненных зарубежными и отечественными специалистами, а также на основе наших полевых исследований и опыта практического применения системы наземного лазерного сканирования.

Актуальность проблемы обуславливается в первую очередь тем, что последствия оползневых процессов могут представлять опасность как для человека, так и для объектов инфраструктуры города. Поэтому возникает необходимость оперативной разработки планов инженерной защиты объектов, а также проведения предварительных мероприятий, в том числе мониторинговых, для прогноза развития негативных оползневых процессов и их предотвращения или уменьшения последствий, что позволит снизить риски и уменьшить материальный ущерб.

Цель работы – оценить возможность комплексного использования методики наземного лазерного сканирования (НЛС) при изучении и мониторинге оползневых процессов с применением ГИС-технологий и построения разновременных поверхностей состояния рельефа.

Рельеф Саратовского Поволжья обусловлен главным образом его структурными особенностями и характером новейших тектонических движений земной коры. На территории города Саратова отмечаются в первую очередь такие геоморфологические процессы, как выветривание, смыв, размыв (эрозия), оползание, в меньшей степени проявлены дефляция, суффозионно-карстовые и другие геологические процессы [1, 2].

Оползневые процессы являются самыми распространенными и в то же время наиболее сложными, длительными и многофакторными. В



настоящее время в связи с интенсивным освоением городом склоновых территорий основным и наиболее опасным водно-гравитационным процессом становится именно оползание [3].

На территории города Саратова оползневые процессы в основном приурочены к береговой зоне уступами плато и склонами овражно-балочной сети (рис. 1).

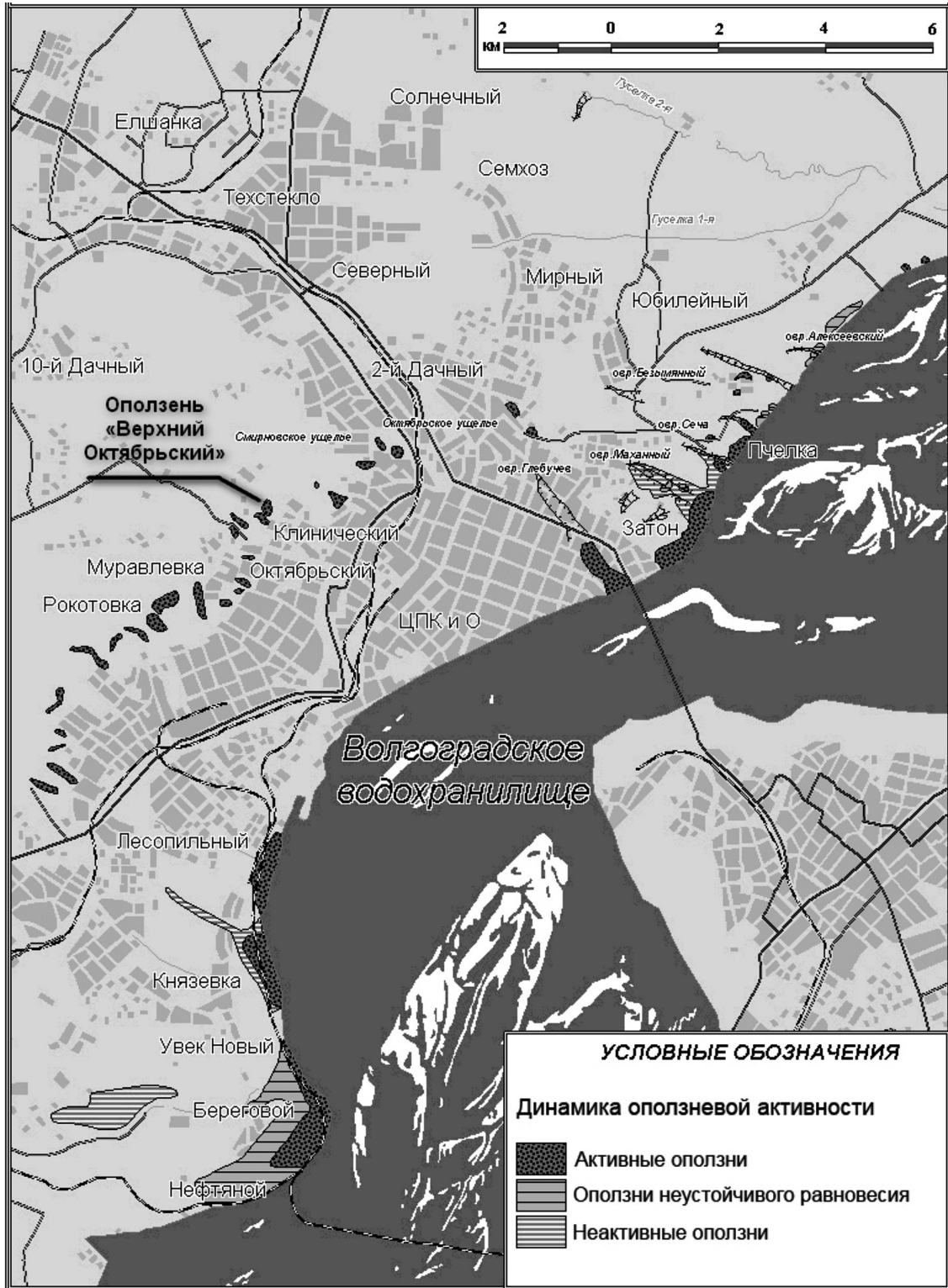


Рис. 1. Активность оползней на территории города Саратова (сост. авт. по: [4–5])



Таблица 2

Факторы, способствующие развитию оползневых процессов

Факторы	Описание	Пример на территории города Саратова
Геоморфологические	Неустойчивость склона, чередование водоупорного и водоносного горизонтов горных пород, воздействие эрозионных процессов, наличие трещиноватых пород, наличие в толще грунта размягченных глин и плавящихся песков	Оползни на склонах Соколовогорского и Лысогорского массивов. Оползень оврагов Алексеевский, Безьямный, оползень Октябрьского ущелья и Увекского массива
Гидрогеологические	Малая глубина залегания первого от поверхности водоносного горизонта, фильтрационные свойства пород и их водопроницаемость, характер движения грунтовых вод, выходы подземных вод на поверхность	Оползень на участке Зоналка, оползень оврага Алексеевский, Новопчелкинский оползень, оползень оврага Безьямный, оползень Октябрьского ущелья, оползни Увекского массива
Метеорологические	Обильные осадки и их распределение по сезонам, интенсивное снеготаяние (максимальное насыщение грунтов водой), перепад температур, глубина сезонного промерзания	Новопчелкинский оползень, оползень оврага Безьямный, оползни Увекского массива
Антропогенные	Хозяйственная деятельность человека (вырубка растительности на склонах, подрезка склонов, искусственное подтопление, освоение оползневых террас и прирочных участков коренного склона под дачно-коттеджное строительство, неумеренный полив)	Оползень оврага Алексеевский, оползень Маханного оврага, оползень Смирновского ущелья, оползень Октябрьского ущелья, оползни Увекского массива

Примечание. Сост. по: [6].

диционных геодезических работ (тахеометрическая съемка, нивелирование и др.), глобальной навигационной спутниковой системы съемки, воздушного и наземного лазерного сканирования (ВЛС и НЛС), а также фотограмметрических методов – аэро- и космосъемки, по данным с беспилотных летательных аппаратов (БПЛА). Выбор метода зависит от характеристик оползневого процесса – размера оползневого тела, скорости оползания, величины минимального смещения, которое необходимо зарегистрировать, а также от наличия и возможности использования того или иного оборудования.

Наблюдения за смещением земляных масс могут выполняться осевыми методами (смещение точек относительно оси), плановыми, вертикальными или пространственными для определения полного смещения точки в пространстве [7]. Пространственные методы позволяют объективнее оценить смещения на территории оползня и определить его характеристики.

Наиболее передовым пространственным методом является НЛС. В результате съемки получается плотное облако точек с трехмерными координатами, на основе которого в среде ГИС создается актуальная поверхность рельефа.

НЛС применяется для высокоточных наблюдений за небольшими оползнями и обладает следующими преимуществами:

- высокой производительностью, которая позволяет значительно сократить время полевых измерений, при этом автоматизация измерений облегчает работу оператора с прибором;
- высокой точностью измерений, которая позволяет определять детальность исследования;
- наглядной трехмерной визуализацией полученных результатов, которая является готовой цифровой моделью рельефа (ЦМР);

– возможностью создания фотографической панорамы местности и совмещения ее с результатами сканирования.

Первый мировой опыт применения технологии наземного лазерного сканирования для построения модели рельефа с целью исследования оползней относится к началу XXI в. Так, рядом авторов [8] уже отмечалось, что наземное лазерное сканирование позволяет построить подробную модель оползневой поверхности, а с помощью одновременного сканирования, когда получены две или более модели с привязкой, может быть вычислен объем смещенных пород.

Обработка данных одновременного сканирования является сложной задачей, поскольку для получения объективной картины необходимо учитывать многие факторы, влияющие на качество получаемого результата. Среди них можно выделить группы факторов, влияющих на точность моделей оползней, построенных по результатам наземного лазерного сканирования, и их достоверность. К ним относят:

- климатические, связанные с естественными природными ограничениями или состоянием атмосферы, земной поверхности в момент съемки;
- технологические, связанные со спецификой применяемого оборудования и точностью его измерения;
- методологические, связанные с обоснованием и выбором модели определения точек поверхности в едином «облаке» точек;
- математические, связанные с выбором способов интерполяции модели поверхности и их взаимным сравнением.

Отдельно следует остановиться на выявленных недостатках технологии наземного лазерного сканирования:



– сильной ограниченности съемки при наличии высокой и густой растительности или других объектов;

– трудоемкости ручной обработки массива данных;

– необходимости установки небольшого шага сканирования для соблюдения точностных параметров и предотвращения разрывов в «облаке» точек.

На современном этапе наземное лазерное сканирование все чаще начинают сравнивать с традиционными и современными технологиями исследования оползневых тел, фотограмметрией (наземной или воздушной), воздушной лазерной или радарной радиолокационной съемкой [9–12].

По производительности и пространственному охвату наземное лазерное сканирование значительно уступает воздушным методам, но, как правило, оно обеспечивает большую точность и детальность результатов за счет возможности выбора точки обзора и времени сканирования, а также адекватного представления форм рельефа со значительной вертикальной составляющей [9, 10].

Наземное лазерное сканирование целесообразно использовать в том случае, когда применение других геодезических приемов и приборов для получения геометрических характеристик оползней затруднено или невозможно.

При исследовании оползней требуется учитывать их природные и антропогенные особенности, а также технические возможности сканирующих систем, которые предполагают выбор разных видов наземной лазерной съемки.

Конкретные методы исследования оползневых тел зависят от их типа и характера расположения на склоне. Выделяются оползни с преимущественно горизонтальными, с вертикальными движениями, а также сочетающие или чередующие те или другие.

По характеру расположения на склоне выделяют оползни, занимающие весь склон, расположенные в подошвенной приводораздельной и в средней части склона.

Методика исследования оползневых тел с помощью технологии лазерного сканирования опирается на анализ геометрических параметров полученной поверхности рельефа, построение серии продольных и поперечных профилей, а также определение зон сноса и аккумуляции с их характеристиками, получаемыми на основе разности моделей поверхности на разные даты [13–14].

Другой метод исследования оползней заключается в изучении не самих оползневых поверхностей, а только геометрии отдельных «маркеров», например крупных камней, валунов или даже хозяйственных объектов, элементов жилых домов [8, 13]. С помощью данного метода анализируются геометрические и угловые характеристики полученных трехмерных моделей объектов за разное время, на основании чего делается вывод об их перемещении и изменении углов, а следовательно, и поверхности под ними.

Предлагаемая методика исследования оползневых тел городских территорий с применением технологий наземной лазерной съемки и обработки результатов опирается на мировой опыт [15], но имеет отличия, обусловленные спецификой территории, характером застройки, режимом использования и региональными особенностями.

Отличительные особенности заключаются :

– в плотной застройке территории, фактически уменьшающей видимость и скрывающей поверхность рельефа;

– ограниченности физического доступа, особенно на участках под частной индивидуальной застройкой или землепользованием, например дачах;

– ограниченности или полном запрете применения летательных средств воздушной разведки или съемки;

– отсутствию склонов, что особенно касается приволжских оползней, откуда возможно осуществить съемку.

Все это предполагает, что исследование подобных территорий может быть осуществлено следующими методами наземной лазерной съемки:

– сплошной съемкой – возможна только для оползней, расположенных в верхних частях склонов, где в качестве реперных точек могут использоваться искусственные объекты, находящиеся на водоразделе, например линии ЛЭП, радиомачты, капитальные строения. Лазерное сканирование на таких участках следует начинать снизу вверх с отвязкой от предыдущей станции и контролем привязки по серии ранее определенных или установленных реперов;

– профильной съемкой – возможна для оползневых тел со значительной линейной протяженностью и плотной застройкой, где профиль прокладывается по открытым общедоступным участкам (дорогам, землеотводам коммуникаций и пр.). Лазерное сканирование на таких участках требуется выполнять по замкнутым ходам с обязательной детальной съемкой окружающих капитальных строений и сооружений – последние могут выступать «маркерами», отражающими через геометрические параметры состояние поверхности;

– локальной съемкой – возможна для любых открытых участков оползневых тел, выполняется в местах наиболее активного проявления денудационных и аккумуляционных процессов.

Выбор определенного метода лазерной съемки в первую очередь обусловлен конечными целями исследования оползневого тела, во-вторую – объемом известных сведений о нем. Если территория ранее не исследовалась, а также отсутствуют гидрогеологические данные, целесообразно проводить сплошную наземную лазерную съемку.

Как правило, активные оползневые тела регулярно исследуются, что предполагает на-



личие разных данных о них, в том числе картографических. В этом случае профильная съемка оползня оказывается менее затратной по времени и ресурсам, более того, она будет обеспечивать получение необходимых данных для геодинамического мониторинга. Она также осуществляется при физической невозможности выполнения сплошной съемки, например в прибрежных зонах, которые не позволяют установить сканер в точках, обеспечивающих требуемый обзор.

Локальная съемка применяется в тех случаях, когда требуется детальное исследование отдельного участка или организация оперативного мониторинга характера активности оползневого тела.

Процесс обработки полученных данных состоит из четырех этапов.

1. Первичная обработка данных в программном комплексе Leica Cyclone 9.1.3 – была проведена их регистрация, сшивка результатов отдельных измерений, итогом которых стало «облако точек» – модель оползня, представленная в виде набора точек, описанных в трехмерном пространстве, содержащая значение величины отражения.

2. Фильтрация и очистка «облака точек». В «облаке точек» представлены все объекты реальной местности, поэтому на данном шаге отфильтровываются точки с ошибочными или незначительными показателями отражательной способности, осуществляется «очистка» модели от объектов, не характеризующих рельеф. К таким объектам относятся растительность, сооружения, постройки и прочие «артефакты».

3. Восстановление поверхности рельефа. На данном этапе очищенное «облако точек» импортируется в программный комплекс, позволяющий его загружать, обрабатывать и на его основе строить модель поверхности, типа AutoCad Map 3d с установленным модулем CloudWorx. С помощью вручную определяемых параметров «скользящего окна» по алгоритму ICP из исходного «облака точек» выделяются только отметки, которые характеризуют земную поверхность, остальные объекты, в основном растительность, отфильтровываются. На основе полученных отметок высот строится математическая TIN-модель поверхности оползневого тела.

4. Анализ и сравнение. На данном этапе непосредственно в ГИС выполняются построение, сравнение и анализ полученных моделей поверхностей, строятся профили по произвольным направлениям, осуществляется их сравнение с данными, полученными из картографических или других источников, рассчитываются емкостные модели разницы поверхностей, раскрывающие зоны денудации и аккумуляции, строятся линии профилей и вычисляется объем перемещенного грунта.

Оползень расположен на левом борту Октябрьского ущелья в районе родника вдоль ул. Шелковичная, соединяющей город с санаторием «Октябрьское ущелье» (см. рис. 1). Активи-

зация оползневого процесса 23 мая 2004 г. была вызвана в первую очередь техногенным фактором, а именно неграмотным освоением территории под индивидуальную застройку. Площадь современного оползня составляет порядка 25 тыс. м², а общий объем смещенных пород оценивается в 250 тыс. м³ при протяженности более 200 м, глубине захвата 12,0–13,5 м.

На рассмотренном оползневом участке в рамках мониторинга была выполнена местная локальная съемка наиболее активного участка – стенки отрыва и ее бровки, верхней оползневой террасы и нижележащей стенки отрыва в 2017, 2018 и 2019 гг. Для выявления долговременных гемодинамических подвижек результаты съемки сравнивались с лазерным сканированием этой территории, выполненным в июне 2012 г. [13]. Контрольными реперными точками являлись расположенные рядом металлические опоры ЛЭП 35 кВт.

Полученные результаты

Территориальный орган Центра государственного мониторинга состояния недр и региональных работ в Саратовской области отмечает за 2018 г. активизацию 7 оползневых тел, из которых только один оползень «Сиреневый» находится на уступе Лысогорского массива [16].

Мониторинговые исследования на территории оползня левого борта Октябрьского ущелья города Саратова с применением НЛС показали следующее:

- на протяжении последних 7 лет оползень продолжает активно развиваться, оседают и разрушаются главная бровка и уступ оползня;

- величина оседания оползня с 2012 по 2017 г. местами достигла 1,7 м при среднем значении 40–50 см на главной бровке (рис. 2), в 2017 и 2018 гг. скорость замедлилась до 10 см/год, а в 2019 г. увеличилась до 15–20 см/год;

- весной 2019 г. ниже главной бровки образовалась новая вторичная стенка отрыва во всю длину оползневого тела, которая привела к вертикальному проседанию средней части оползня и составила от 5 до 12 см;

- «глубина» разрушения главной бровки с 2012 г. местами составила 10 м при среднем значении до 2,0 м;

- объем смещенных пород с апреля 2017 г. по апрель 2018 г. на площади 1,4 га составил 1940 м³, и в основном он пришелся на главный уступ, складки и валы средней части оползня. Объем пород, «вынесенных» за пределы границы съемки дефляционными, эрозионными и гравитационными процессами за этот же период составил 998 м³;

- в связи с интенсификацией неблагоприятных погодных условий в 2018–2019 гг. средняя величина вертикального смещения на том же участке составила 5–7 см, что оценивается в 840–1060 м³ смещенного грунта.

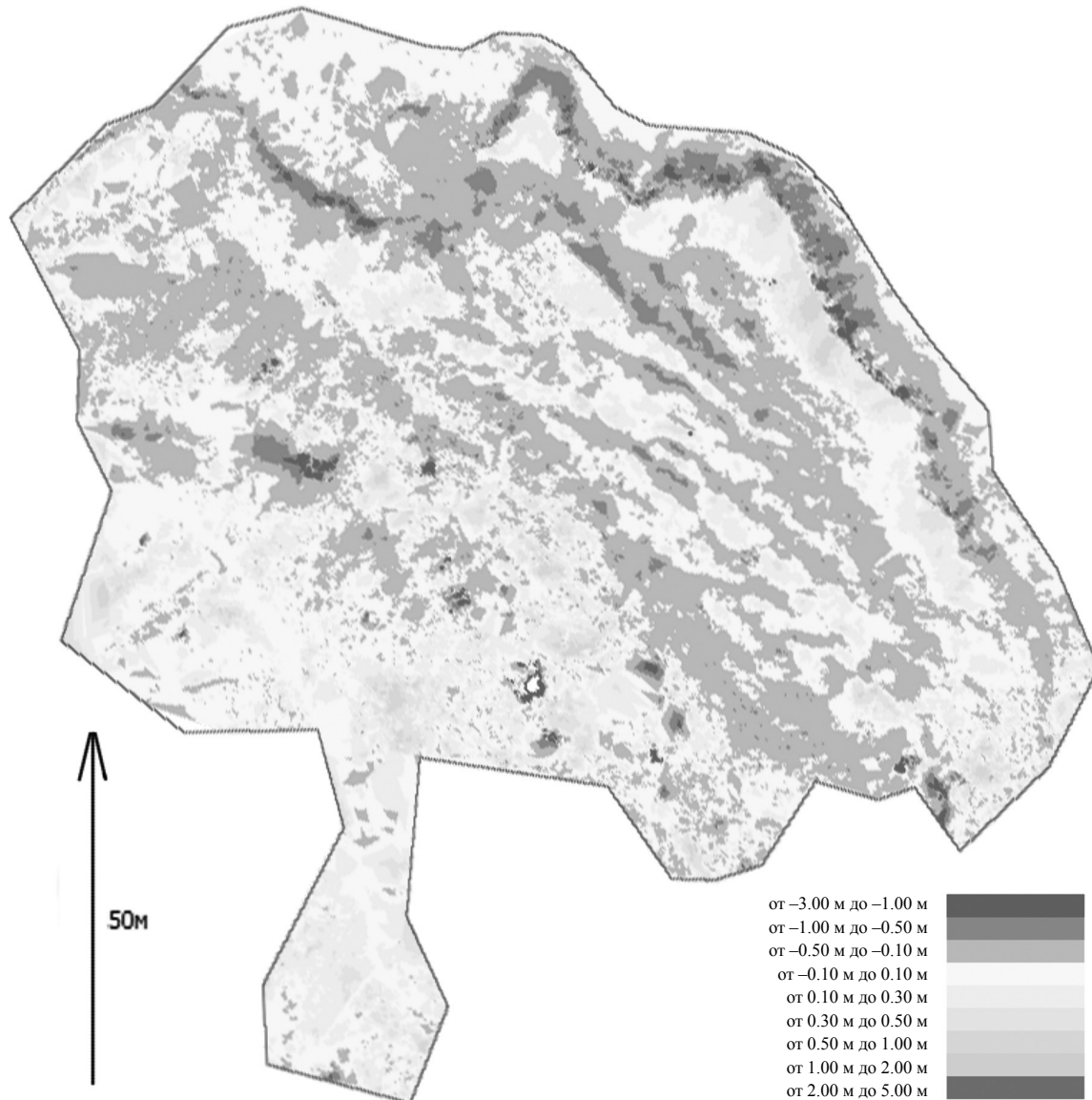


Рис. 2. Разница поверхностей на июнь 2012 г. и октябрь 2017 г. на локальном участке оползня «Верхний Октябрьский» в г. Саратове

На основании вышеизложенного можно сделать следующие выводы.

1. В дальнейшем в рамках мониторинга целесообразно проводить ранневесенние съемки, которые предоставляют наиболее качественные результаты наземного лазерного сканирования с минимальным влиянием растительности на качество построения цифровой модели рельефа оползня и профилей.

2. Для быстрой фиксации и построения состояния поверхности рельефа в осеннее время требуется дополнение алгоритма ИСР автоматической фильтрацией «растительности» на основе функционала ГИС по данным разноинтервальной съемки и яркостным значениям отраженного сигнала.

3. На профилях, полученных по НЛС, легко читаются линии отрыва оползневого вала и

ступени оползня. Этих данных достаточно для специалистов при наличии гидрогеологических данных для оценки состояния склона оползня и выявления его дальнейшего развития.

Основываясь на полученных результатах, можно констатировать, что технологии ГИС и НЛС имеют преимущества перед традиционными (картографическими) методами исследования оползневых тел. Следовательно, данный подход является перспективным при исследовании разных экзодинамических процессов и может с успехом дополнить или даже заменить серию разновременных карт.

Благодарности

Работа выполнена при финансовой поддержке РГО-РФФИ (договор № 12/2019/РГО-РФФИ от 24 апреля 2019 г.).



Библиографический список

1. Лотоцкий Г. И. Современное рельефообразование в Саратовском Поволжье : метод. пособие. Саратов : Издательство Саратовского университета, 2013. 26 с.
2. Токарский О. Г., Токарский А. О. Инженерно-геологические условия г. Саратова : учеб. пособие. Саратов : Издательство Саратовского университета, 2009. 102 с.
3. Макаров В. З. Ландшафтно-экологический анализ крупного промышленного города. Саратов : Издательство Саратовского университета, 2001. 178 с.
4. Квитка В. В. Информационный отчет. Стационарное изучение экзогенных геологических процессов на территории Саратовской области в 1993–96 гг. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.rfgf.ru/catalog/docview.php?did=c19ac06de0f668e515668636c0215977> (дата обращения: 01.06.2019).
5. Кузьмин В. В., Тимофеева Е. А., Чуносков Д. В. Оценка риска для территории г. Саратова вследствие проявления оползневых процессов // Вестник СГАУ им. Н. И. Вавилова. 2010. № 2. С. 80.
6. Кузин А. А., Примаченко Е. И. Картографическое моделирование оползнеопасных зон с использованием ГИС-технологий // Природные опасности : связь науки и практики : сб. трудов конф. / Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарёва. Саранск, 2015. С. 226–229.
7. Коротков В. З., Мравец Д. А. Геодезические методы изучения динамики оползней Южного берега Крыма // Строительство и техногенная безопасность / КФУ им. В. И. Вернадского. Симферополь, 2011. Вып. 36. С. 92–106.
8. Teza G., Galgaro A., Zaltron N., Genevois R. Terrestrial laser scanner to detect landslide displacement fields : a new approach [Электронный ресурс] // International Journal of Remote Sensing. 2007. Vol. 28, №16. URL: <https://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/01431160601024234> (дата обращения: 01.06.2019).
9. Brede B., Lau A., Bartholomeus H. M., Kooistra L. Comparing RIEGL RiCOPTER UAV LiDAR Derived Canopy Height and DBH with Terrestrial LiDAR. 2017 [Электронный ресурс]. URL: https://www.riegl.com/uploads/tx_pxprriegl-downloads/Comparing_RiCOPTERUAVData_TLSDa-ta_BenjaminBrede_UniWageningen.compressed.pdf (дата обращения: 01.06.2019).
10. Gruszczynski W., Matwij W., Ćwiakala P. Comparison of low-altitude UAV photogrammetry with terrestrial laser scanning as data-source methods for terrain covered in low vegetation. 2017 [Электронный ресурс]. URL: https://www.e3s-conferences.org/articles/e3sconf/pdf/2018/10/e3sconf_polviet2018_03002.pdf (дата обращения: 01.06.2019).
11. Данилов В. А., Федоров А. В., Безвершенко Л. С. Сравнение методов фотограмметрии и лазерного сканирования для создания трехмерных моделей объектов и территорий археологических ГИС (на примере археологического раскопа Увекского городища) // Изв. Сарат. ун-та. Нов. сер. Сер. Науки о Земле. 2019. Т. 19, вып. 2. С. 72–78. DOI: <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2019-19-2-72-78>
12. Данилов В. А., Лащевцева Т. А., Хворостухин Д. П. Наземная лазерная съемка и ее сравнение с картографическим и стереофотограмметрическим способами получения данных для построения цифровых моделей рельефа и расчета морфометрических показателей // Геоморфология и картография : материалы XXXIII пленума Геоморфологической комиссии РАН. Саратов : Издательство Саратовского университета, 2013. С. 295–300.
13. Barbarella M., Fiani M., Lugli A. Landslide monitoring using multitemporal terrestrial laser scanning for ground displacement analysis // Geomatics, Natural Hazards and Risk. 2015. Vol. 6, iss. 5–7. P. 398–418.
14. Guo X. T., Huang T. Rock-based Landslide Safety Monitoring Using Terrestrial Laser Scanning Technology // Lasers in Engineering. 2017. Vol. 37, iss. 1–3. P. 17–34.
15. Kordic B., Pribicevic B., Dapo A. Object Monitoring in Urban Landslide Areas Using Terrestrial Laser Scanning // 14th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM-2014. Sofia, 2014. Vol. 3, b. 2. P. 247–254.
16. Информационная сводка о проявлениях экзогенных геологических процессов на территории Российской Федерации за II квартал 2018 г. [Электронный ресурс]. URL: http://www.geomonitoring.ru/download/EGP/svodka/2018_II.pdf (дата обращения: 01.06.2019).

Образец для цитирования:

Данилов В. А., Федоров А. В., Морозова В. А. Комплексное применение технологии ГИС и наземного лазерного сканирования для исследования оползневых тел (на примере оползня в Октябрьском ущелье города Саратова) // Изв. Сарат. ун-та. Нов. сер. Сер. Науки о Земле. 2019. Т. 19, вып. 3. С. 160–167. DOI: <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2019-19-3-160-167>

Cite this article as:

Danilov V. A., Fedorov A. V., Morozova V. A. Integrated Application of GIS Technology and Terrestrial Laser Scanning for the Investigation of Landslide Bodies (on the Example of a Landslide in the Oktyabrsky Gorge of the City of Saratov). *Izv. Saratov Univ. (N. S.), Ser. Earth Sciences*, 2019, vol. 19, iss. 3, pp. 160–167 (in Russian). DOI: <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2019-19-3-160-167>



УДК 551.588.74

Влияние метеорологических условий на загрязнение атмосферного воздуха в Саратове

Н. В. Короткова, Н. В. Семенова

Короткова Надежда Владимировна, кандидат географических наук, доцент, Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского, fonadia@yandex.ru

Семенова Наталия Владимировна, кандидат географических наук, доцент, Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского, snv-71@mail.ru

Саратов – один из городов Поволжья, в котором на относительно небольшой территории сосредоточено много промышленных предприятий, выбрасывающих в атмосферу вредные вещества. Эти вещества, поступая в атмосферу, оседают на поверхности, вымываются осадками и переносятся на значительное расстояние от места выброса. Данные процессы зависят от ветра и температуры воздуха, солнечной радиации, атмосферных осадков и других метеорологических факторов. Под влиянием указанных факторов уровень загрязнения приземного слоя воздуха может меняться в очень широких пределах. По данным Главной геофизической обсерватории, Саратов входит в перечень городов России с повышенным уровнем загрязнения воздуха, повышенной повторяемостью инверсий и слабым ветровым режимом.

Ключевые слова: загрязнение атмосферы, атмосферные осадки, ветер, температура воздуха, инверсии.

The Influence of Meteorological Conditions on Air Pollution in Saratov

N. V. Korotkova, N. V. Semenova

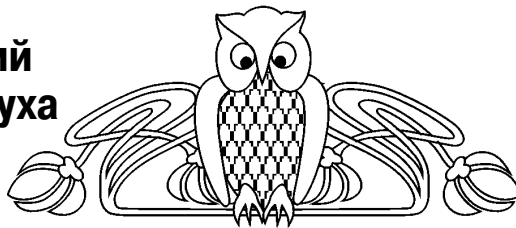
Nadezhda V. Korotkova, <https://orcid.org/0000-0002-4635-0036>, Saratov State University, 83 Astrakhanskaya St., Saratov 410012, Russia, fonadia@yandex.ru

Natalia V. Semenova, <https://orcid.org/0000-0002-5442-5413>, Saratov State University, 83 Astrakhanskaya St., Saratov 410012, Russia, snv-71@mail.ru

Saratov is one of the cities of the Volga region where in a relatively small area many industrial enterprises are concentrated emitting into the atmosphere harmful substances which, entering the atmosphere are deposited on the surface, washed out by precipitation and are carried to considerable distances from the place of emission. All of these processes occur with the help of the wind and depend on air temperature, solar radiation, rainfall and other meteorological factors. Under the influence of all these factors, the level of pollution of a ground layer of the air may vary within very wide limits. According to the Main Geophysical Observatory Saratov is included in the list of Russian cities with high air pollution, high frequency of inversions and weak wind regime.

Key words: air pollution, atmospheric precipitation, wind, air temperature, inversion.

DOI: <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2019-19-3-168-173>



Введение

В настоящее время все большее внимание уделяется вопросам изучения загрязнения воздуха и законов распространения примесей в атмосфере. Для крупных городов в связи с максимальной концентрацией техногенных нагрузок на окружающую среду характерно направленное изменение почти всех ее компонентов. Изучение этих проблем и поиск путей их решения в каждом регионе – актуальная задача обеспечения устойчивого развития России.

Вредные вещества, поступающие в атмосферу от антропогенных источников, оседают на поверхности домов, растений, почвы, вымываются осадками и переносятся на значительное расстояние от места выброса. Метеорологические факторы оказывают сильное влияние на уровень загрязнения приземного слоя воздуха.

Основой для получения сравнительной информации по антропогенному воздействию на окружающую среду служит фоновый мониторинг – слежение за общебиосферными явлениями. На территории России создана сеть постов наблюдения за загрязнением атмосферы (ПНЗ).

На территории Саратова сосредоточено большое количество промышленных предприятий (нефтеперерабатывающих, химических, машиностроения, стройматериалов, военно-промышленного комплекса и др.), выбрасывающих в атмосферу значительное количество вредных веществ [1].

По данным Главной геофизической обсерватории им. А. И. Воейкова (ГГО), Саратов входит в перечень городов России с повышенным уровнем загрязнения воздуха [2]. Это обусловлено интенсивным антропогенным воздействием, а также нерациональным природопользованием, недостатками в развитии инфраструктуры города, размещении и эксплуатации промышленных объектов и очистных сооружений, малой эффективностью природоохранных мероприятий. Ситуация осложнена орографическими и климатическими особенностями города – расположением в котловине, значительной расчлененностью рельефа с перепадами высот в городской черте более 200 м, повышенной повторяемостью инверсий и слабым ветровым режимом [1].

В данной статье дается анализ загрязнения атмосферного воздуха Саратова, влияния метеорологических условий на концентрацию вредных примесей. Для



оценки загрязнения воздушного бассейна города использованы материалы наблюдений за 2014–2015 гг. на стационарных ПНЗ, расположенных в разных районах города с разным сосредоточением промышленных предприятий [3]. Для проведения анализа сведений о направлении и скорости ветра взяты данные по температуре воздуха с ПНЗ. Повторяемость приземных инверсий за рассматриваемый период определена по фактическим данным радиозондирования на аэрологической станции «Саратов».

Посты условно подразделяются на «городские фоновые» в жилых районах (ПНЗ-1, ПНЗ-7),

«промышленные» вблизи предприятий (ПНЗ-2, ПНЗ-6) и «авто» – вблизи магистралей с интенсивным движением (ПНЗ-5, ПНЗ-8) [1].

Динамика среднегодовой концентрации примесей за исследуемый период представлена в табл. 1. Следует отметить, что ПДК на формальдегид и класс опасности данного вещества изменены с 01.07.2014 г. и введены в действие (изменение № 10 в ГН 2.1.6.1338–03 «ПДК загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест», зарегистрировано в Минюсте России 11 апреля 2014 г. № 31909) [4].

Таблица 1

Средняя годовая концентрация примесей в Саратове, мг/м³

Год	Примесь						
	SO ₂	CO	NO ₂	HF	Фенол	Аммиак	Формальдегид
2014	0,003	2,0	0,05	0,006	0,003	0,07	0,025
2015	0,002	2,0	0,04	0,004	0,002	0,05	0,018
ПДК _{с.с.}	0,05	3,0	0,04	0,005	0,003	0,04	0,003 (0,01)

Динамика загрязнения атмосферного воздуха

Среднемесячная концентрация антропогенных загрязнений в Саратове за исследуемый период отражена на рис. 1. Летом отмечается повышенное значение концентрации загрязняющих веществ. Некоторое повышение концентрации в зимние месяцы частично обусловлено отопительным периодом. Сильное влияние на сезонные изменения концентрации загрязнений оказывают метеорологические условия.

Наибольший вклад в загрязнение атмосферы на всех наблюдательных постах Саратова вносит формальдегид – в среднем 77%, на втором месте диоксид азота (NO₂) – 8%, на третьем аммиак (NH₃) – 7%, на четвертом оксид углерода (CO) – 4% и гидрофторид (HF) – 4%.

Расчет степени загрязнения атмосферного воздуха для каждого района города показал, что наибольший его показатель наблюдается в Кировском районе города Саратова (ПНЗ-8). На качество воздуха в этом районе влияют выбросы автотранспорта. Наибольший вклад в загрязнение атмосферы района вносит формальдегид (81%).

На втором месте по уровню загрязнения находится Заводской район. В этом районе наблюдение за качеством атмосферного воздуха проводится на ПНЗ-1 и ПНЗ-2. Приоритетными примесями здесь являются формальдегид (73%), аммиак (8%), фенол (8%) и диоксид азота (7%). Вклад остальных контролируемых примесей незначителен.

На уровень загрязнения Волжского района (ПНЗ-5) города также в основном влияют выбросы от автотранспорта. Наибольший вклад в загрязнение атмосферы вносят формальдегид (81%) и диоксид азота (9%). Вклад остальных контролируемых примесей незначителен.

Как показали наблюдения, менее всего загрязнен атмосферный воздух в Ленинском районе города. Наблюдения за качеством воздуха в районе проводятся на ПНЗ-6 и ПНЗ-7. Наибольший вклад в загрязнение атмосферы района вносят формальдегид (78%) и диоксид азота (7%), вклад остальных веществ незначителен [5].

В 2015 г. количество выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух на территории Саратовской области составило 382,5 тыс. т, в том числе:

- от стационарных источников – 118,2 тыс. т (по данным территориального органа Федеральной службы государственной статистики по Саратовской области (Саратовстата));
- от автотранспорта – 264,3 тыс. т (по данным Федеральной службы по надзору в сфере природопользования).

Вклад передвижных источников (автотранспорта) в суммарный выброс загрязняющих веществ в атмосферу по области составил 69,1% [6, 7].

Метеорологические условия формирования уровня загрязнения атмосферы

В формировании уровня загрязнения атмосферного воздуха важную роль играют метеорологические условия (скорость ветра, инверсии, температура воздуха, осадки и т. п.), поскольку при сильных ветрах концентрация примесей значительно уменьшается в результате рассеивания и возрастает при штилевых условиях с туманами и задерживающими слоями.

Главный фактор, влияющий на распространение примесей в атмосфере, – ветровой режим. Максимум концентрации обычно создается на расстоянии, кратном 10–20 высотам труб источника выбросов. Поэтому при проектировании размещения промышленных предприятий и жилых

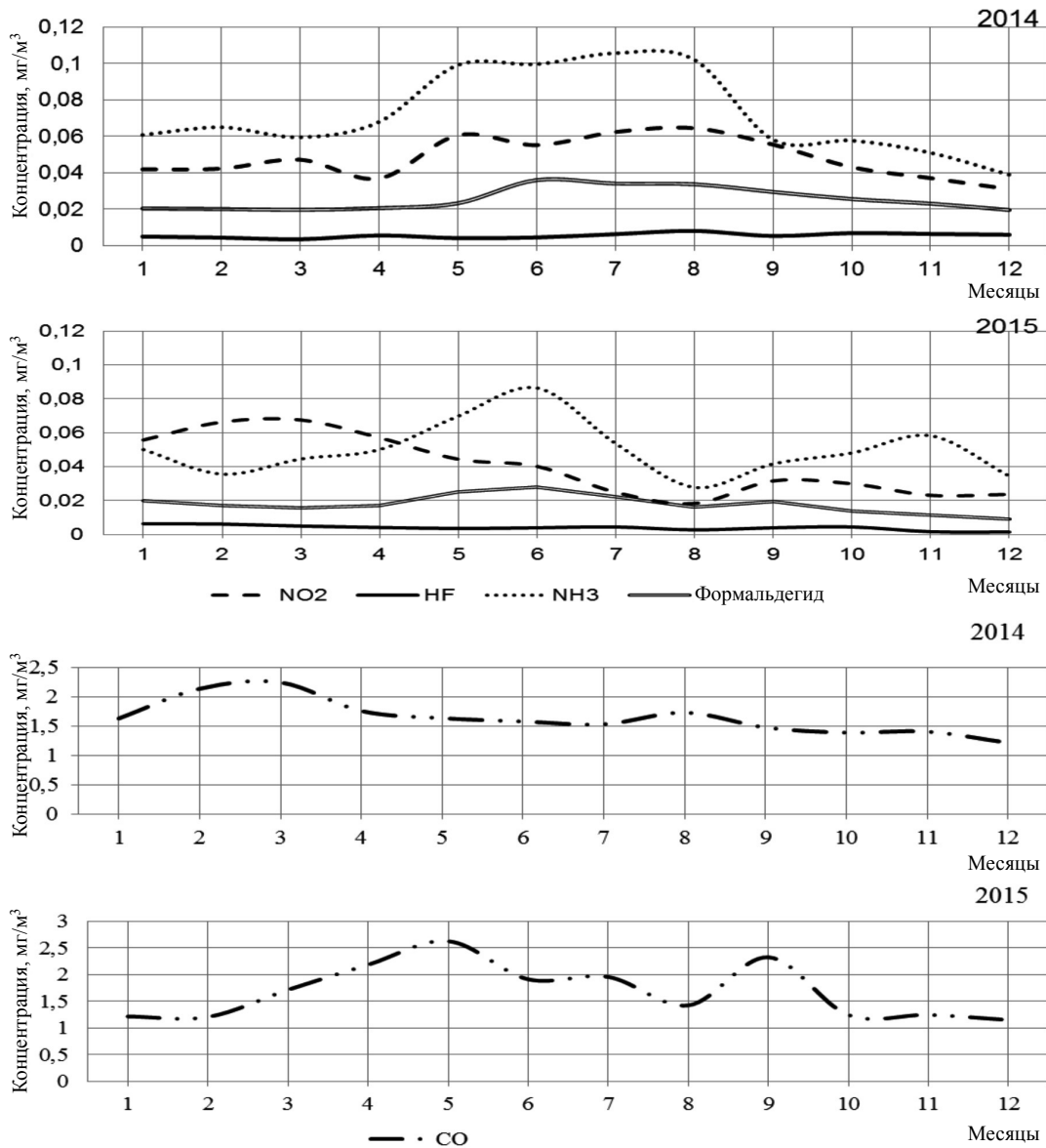


Рис. 1. Сезонная динамика среднемесячной концентрации примесей

кварталов учитываются повторяемость направления ветра, особенно со стороны предприятий, и расстояние до предприятия.

Необходимо принимать во внимание не только направление, но и скорость ветра. Выбросы низких и неорганизованных источников скапливаются в приземном слое при слабых ветрах. Наибольшая концентрация примесей в городах наблюдается в основном при скорости ветра 0–1 м/с [5, 8].

Большую опасность представляет так называемый застой воздуха, т. е. ситуации, когда приземные инверсии температуры наблюдаются при скорости ветра 0–1 м/с. Тогда выбросы вредных веществ не могут подниматься в верхние слои атмосферы и уноситься от источников выбросов. При застое воздуха все вредные вещества скапливаются у источников выбросов [8].

Анализ годового хода метеорологических величин, характеризующих условия накопления и рассеивания примесей, позволяет оценить их вклад. Высокий уровень загрязнения приземного слоя наблюдается при слабых ветрах и штиле. По многолетним данным, в Саратове в годовом ходе повторяемости скорости ветра 0–1 м/с отмечается слабый максимум в летние месяцы и минимум в декабре. Как следует из табл. 2, за исследуемый период годовой ход слабых ветров имеет минимум повторяемости скорости ветра 0–1 м/с в летний период в июне и в холодный период – в октябре, декабре и январе. Максимальная повторяемость отмечалась в феврале, мае и сентябре.

Уменьшению концентрации вредных веществ способствует увеличение скорости ветра. По климатическим данным, в Саратове повторяемость ветра ≥ 6 м/с больше в холодный период, она



увеличивается в декабре до 34%. В исследуемый период наблюдалось снижение повторяемости ветра ≥ 6 м/с по сравнению с многолетними данными, минимум повторяемости отмечался в сентябре (табл. 2).

При анализе данных наблюдений на ПНЗ выявлено, что при слабом ветре в плотно застроенных районах (ПНЗ-2, 5, 8) концентрация вредных веществ повышается, и лишь на достаточно проветриваемых участках (ПНЗ-1, 6, 7) она меньше средних значений по городу. С увеличением скорости ветра в основном происходит уменьшение загрязнения воздуха, особенно заметное при скорости > 6 м/с. Опасной для большинства источников можно считать скорость ветра 4–5 м/с, так как именно в этом случае происходит некоторое увеличение нормированной концентрации.

Инверсии температуры относятся к числу неблагоприятных погодных ситуаций, характеризующих особенности стратификации нижнего слоя тропосферы. Приземные и приподнятые инверсии температуры, имеющие устойчивую стратификацию, являются задерживающими слоями, так как препятствуют распространению примесей в атмосфере [8].

Из ранее проведенных исследований известно, что в Саратове ночью почти ежедневно наблюдаются приземные задерживающие слои (ПЗС), которые с восходом солнца могут разрушаться [1]. В городской котловине Саратова при наличии большого числа низких источников выбросов опасные условия скопления примесей

создаются при приземных и низких приподнятых инверсиях температуры, поскольку с ними связано ослабление вертикального обмена. Большую опасность представляют «застойные ситуации», когда приземная инверсия сопровождается слабым ветром.

По многолетним данным, в течение года повторяемость ПЗС мало изменяется и в среднем составляет 36–41%, что видно из рис. 2. По фактическим данным наблюдается немного другая картина: наибольшее количество инверсий отмечается в феврале, мае, сентябре и ноябре, а в апреле, октябре и декабре – минимальное значение инверсий. Повторяемость изменяется в пределах 32–45%.

Метеорологическим показателем, способствующим очищению атмосферного воздуха от загрязняющих веществ, являются осадки, влияние которых учитывается через повторяемость числа дней с осадками 0,5 мм и более за сутки (в соответствии с табл. 3). Предполагается, что такое количество осадков способно осадить придорожную пыль и другие аэрозоли. Таким образом, необходимо рассмотреть распределение выпадающих осадков $\geq 0,5$ мм по территории Саратова и провести анализ этого метеорологического фактора, определяющего потенциал самоочищения атмосферы в городе.

Ливневые осадки больше очищают воздух, чем обложные. Анализ результатов наблюдений показал, что повышенная концентрация пыли и сернистого газа редко наблюдается после дождя, а удаление их из атмосферы в большой степени зависит от интенсивности и количества выпавших

Таблица 2

Повторяемость слабых (0–1 м/с) и сильных (≥ 6 м/с) ветров в Саратове

Год	Скорость, м/с	Месяц											
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
2014	0–1	8,5	26,8	21,3	18,3	27,0	24,6	26,6	28,6	45,4	9,7	37,9	17,3
	≥ 6 м/с	10,5	7,6	14,5	15,0	3,2	5,4	2,4	2,8	0,0	15,7	2,5	13,3
2015	0–1 м/с	12,9	26,8	25,8	15,8	25,4	19,2	18,9	21,4	45,4	8,9	12,1	3,6
	≥ 6 м/с	10,1	8,1	12,1	15,4	6,8	6,7	7,2	3,6	0,8	12,9	18,3	29,7

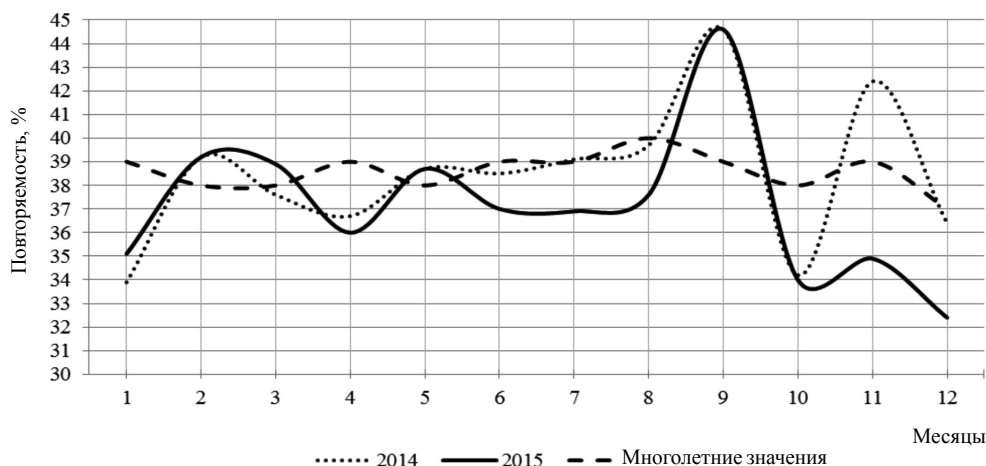


Рис. 2. Повторяемость приземных инверсий в Саратове



Таблица 3

Повторяемость дней с осадками $\geq 0,5$ мм в Саратове

Год	Месяц											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
2014	38,7	35,7	22,6	20,0	9,7	50,0	16,1	16,1	3,3	16,1	20,0	35,5
2015	38,7	21,4	9,7	20,0	35,5	26,7	12,9	16,1	6,7	22,6	50,0	29,0

осадков. Скорость уменьшения концентрации сернистого газа увеличивается с возрастанием интенсивности дождя. Концентрация диоксида азота, так же как и сернистого газа, уменьшается при выпадении осадков, а озон и другие окислители в летнее время после дождя исчезают из атмосферы почти полностью. При растворении некоторых вредных примесей в каплях дождя образуются кислоты, что приводит к выпадению на подстилающую поверхность «кислотных» дождей. В случаях переноса примесей со стороны источников загрязнения влияние осадков на очищение воздуха существенно не проявляется [8].

В многолетнем режиме повторяемость осадков $\geq 0,5$ мм в течение года распределяется почти равномерно с небольшим увеличением в декабре, январе и уменьшением в апреле. В исследуемый период следует отметить увеличение повторяемости осадков $\geq 0,5$ мм в зимние месяцы на 5–10%, минимум повторяемости отмечался в 2014 г. в мае и сентябре, в 2015 г. еще и в сентябре (см. табл. 3).

В статье приводятся данные о связи загрязнения атмосферного воздуха в Саратове с осадками в зимний (декабрь–февраль) и летний (июнь–август) сезоны 2014–2015 гг. (табл. 4).

Для характеристики уровня загрязнения воздуха по городу в целом в качестве обобщенного показателя по рекомендации ГГО [2] используется параметр фонового загрязнения P . Он рассчитывается по формуле

$$P = \frac{m}{n}, \quad (1)$$

где m – количество наблюдений в течение дня за загрязнением с повышенной концентрацией q , которая превышает среднесезонное значение $q_{\text{ср. сез.}}$ более чем в 1,5 раза ($q > 1,5q_{\text{ср. сез.}}$); n – общее количество наблюдений за концентрацией примесей в городе в течение одного дня на всех стационарных пунктах.

Параметр P подсчитывается для каждого дня по отдельным примесям и по всем примесям вместе. Для многих городов этот параметр рассчитывается по основным примесям (пыль, диоксид серы, оксид углерода, диоксид азота).

Он может изменяться от 1 (все измеренные значения концентрации превышают $1,5q_{\text{ср. сез.}}$) до нуля (ни одно из значений концентраций не превышает $1,5q_{\text{ср. сез.}}$).

Выделяют три уровня загрязнения воздуха в городе: высокий (I группа) $P > 0,35$; повышенный (II группа) $0,20 < P \leq 0,35$ и пониженный (III группа) $P \leq 0,20$. Если значение $P > 0,35$ встречается

достаточно редко, то высоким уровнем загрязнения считается $P > 0,30$ (или даже $P > 0,25$), повышенным – $0,20 < P \leq 0,30$ (или $0,15 < P \leq 0,25$) и относительно пониженным – $P \leq 0,20$ или $P \leq 0,15$.

Для Саратова за высокий уровень загрязнения был принят параметр $P > 0,25$, за повышенный – $0,15 < P \leq 0,25$, за низкий – $P \leq 0,15$ [1].

Параметр P является относительной характеристикой и не зависит от среднего уровня загрязнения воздуха. Следовательно, его значение в основном определяется метеорологическими условиями. Значения параметра фонового загрязнения P при наличии и отсутствии осадков приводятся в табл. 4.

При выпадении осадков загрязнение атмосферы уменьшается, т. е. значения P ниже, чем при отсутствии осадков (см. табл. 4). Осадки очищают воздух от примесей тем эффективнее, чем больше их количество и продолжительность [6].

Таблица 4

Среднее значение параметра P в Саратове при наличии и отсутствии осадков

Год	Месяц / сезон	Осадки	
		наличие	отсутствие
2014	Декабрь	0,06	0,10
	Январь	0,03	0,07
	Февраль	0,06	0,12
	Зима	0,05	0,10
	Июнь	0,15	0,31
	Июль	0,11	0,23
	Август	0,16	0,25
	Лето	0,14	0,26
2015	Декабрь	0,03	0,06
	Январь	0,09	0,09
	Февраль	0,08	0,15
	Зима	0,07	0,10
	Июнь	0,08	0,12
	Июль	0,05	0,08
	Август	0,06	0,09
	Лето	0,06	0,10

Можно также заметить, что при равном числе дней с осадками, но при разном их количестве отмечаются различия и в значениях параметра P . Например, в июле и августе 2015 г. было зарегистрировано по 6 дней с осадками, но в июне их выпало 39 мм, а в августе 16 мм. Параметр P имел,



соответственно, значения 0,08 и 0,10. Подобная ситуация отмечалась и в декабре 2013 – январе 2014 г., а также в декабре 2014 – январе 2015 г., т. е. чем больше количество осадков, тем меньше загрязнение атмосферы.

Однако бывают случаи, когда осадков выпадает значительное количество, а параметр P имеет высокие значения. В основном это связано с видом выпавших осадков. В летний период наблюдаются осадки в основном ливневого характера, примеси быстро вымываются, но и быстро восстанавливаются после выпадения осадков. Кроме того, ливневые осадки обычно распределяются неравномерно по территории города и могут фиксироваться не на всех ПНЗ. Но в целом при наличии осадков параметр P несколько ниже, чем при их отсутствии.

Заключение

Расположение промышленных предприятий и других источников выбросов и их интенсивность существенно воздействуют на качество атмосферного воздуха в пункте наблюдений. Однако метеорологические условия в момент наблюдения также оказывают влияние на концентрацию примесей.

В летний сезон концентрация почти всех исследуемых специфических примесей (аммиака, фенола, формальдегида, хлористого водорода, сероводорода) увеличивается с повышением температуры.

Результаты исследования влияния ветрового режима в разных районах на уровень загрязнения воздуха специфическими примесями позволяют конкретизировать понятие «неблагоприятное направление ветра» по районам города и источникам загрязнения. Выявлено, что увеличение концентрации наблюдается при ветрах со стороны промышленных предприятий, а также при штилевых ситуациях. Иными словами, на некоторых ПНЗ Саратова преобладающие ветры не способствуют переносу значительного количества вредных веществ, а наибольшее загрязнение воздуха формируется при ветрах малой повторяемости. В основном концентрация примесей определяется выбросами низких источников (автотранспортом), но нельзя исключать и влияния высоких источников (промышленные предприятия).

Так как большинство ПНЗ расположено вблизи автодорог, максимальная концентрация загрязняющих веществ наблюдается при ветрах, дующих вдоль дороги или перпендикулярно ей.

В Саратове при наличии большого числа низких источников выбросов опасные условия

скопления примесей создаются при приземных и низких приподнятых инверсиях температуры, поскольку с ними связано ослабление вертикального обмена.

Подводя итог вышесказанному, можно сделать общий вывод, что размещение предприятий в пределах городской территории, наличие в атмосфере большого количества загрязнителей, преобладание выбросов автотранспорта, а также такие региональные особенности, как котловинообразное строение рельефа, континентальность климата, частая повторяемость инверсий, расположение промплощадок в зоне основных воздухопроводов города, приводят к тому, что Саратов постоянно входит в перечень городов с низким качеством воздуха.

Библиографический список

1. Фетисова Л. М., Пузлякова Г. А., Полянская Е. А. Экология крупного промышленного центра в условиях сложного рельефа. Саратов : Издательство Саратовского университета, 2004. 136 с.
2. Ежегодник. Состояние загрязнения атмосферы в городах на территории России в 2014 году. СПб. : Издательство ГГО, 2015. 288 с.
3. Мониторинг загрязнения атмосферного воздуха г. Саратова [Электронный ресурс]. URL: http://pogoda-sv.ru/monitoring/ecology_aero/sar/sar.php (дата обращения: 15.05.2019).
4. Качество окружающей среды. Июль [Электронный ресурс]. URL: http://www.pogoda-sv.ru/docs/ecology_info/sar_jul_2014.pdf (дата обращения: 15.05.2019).
5. Короткова Н. В., Семенова Н. В. Пространственно-временное изменение уровня загрязнения атмосферы в Саратове // География и регион : материалы междунар. науч.-практ. конф. Пермь : Пермский государственный национальный исследовательский университет, 2015. С. 84–90.
6. Семенова Н. В., Короткова Н. В. Состояние атмосферного воздуха в Саратовской области // Эколого-географические проблемы регионов России. Самара : Издательство ПГСГА, 2015. С. 242–247.
7. Семенова Н. В., Короткова Н. В. Оценка загрязнения воздуха в Саратове // Экологические проблемы природных и урбанизированных территорий : сборник / сост. Т. В. Дымова. Астрахань : Издатель ИП Сорокин Роман Васильевич, 2015. С. 105–109.
8. Короткова Н. В., Семенова Н. В. Метеорологический потенциал самоочищения атмосферы в Саратове // География в Саратовском университете. Современные исследования : сб. науч. тр. / под ред. А. Н. Чумаченко. Саратов : Издательство Саратовского университета, 2014. С. 194–201.

Образец для цитирования:

Короткова Н. В., Семенова Н. В. Влияние метеорологических условий на загрязнение атмосферного воздуха в Саратове // Изв. Саратов. ун-та. Нов. сер. Сер. Науки о Земле. 2019. Т. 19, вып. 3. С. 168–173. DOI: <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2019-19-3-168-173>

Cite this article as:

Korotkova N. V., Semenova N. V. The Influence of Meteorological Conditions on Air Pollution in Saratov. *Izv. Saratov Univ. (N. S.), Ser. Earth Sciences*, 2019, vol. 19, iss. 3, pp. 168–173 (in Russian). DOI: <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2019-19-3-168-173>



УДК 551.509.312:551.509.314

К вопросу оправдываемости «нестандартных» долгосрочных прогнозов

С. В. Морозова, Н. В. Короткова, С. Н. Лапина, М. А. Алимпиева

Морозова Светлана Владимировна, кандидат географических наук, доцент, Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского, swetwl@yandex.ru

Короткова Надежда Владимировна, кандидат географических наук, доцент, Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского, fonadia@yandex.ru

Лапина Серафима Николаевна, кандидат географических наук, доцент, Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского, kafmeteo@mail.ru

Алимпиева Мария Александровна, инженер, Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского, alimpiewa@rambler.ru

Рассматривается особая категория долгосрочных прогнозов, объектом прогнозирования в которой являются не аномалии гидрометеорологического режима (температура, осадки), а даты его резкой смены. Поднимаются методические вопросы разработки адекватных способов оценки таких прогнозов. Обосновывается возможность применения методики оправдываемости краткосрочных прогнозов к оправдываемости долгосрочных.

Ключевые слова: долгосрочный прогноз погоды, оправдываемость прогнозов.

To the Question of the Accuracy of «Non-standard» Long-term Forecasts

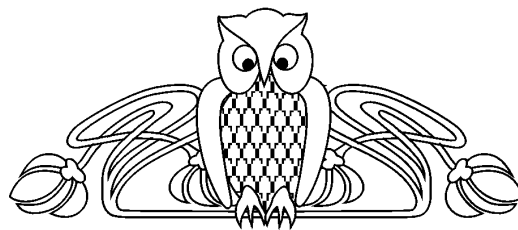
S. V. Morozova, N. V. Korotkova, S. N. Lapina, M. A. Alimpieva

Svetlana V. Morozova, <https://orcid.org/0000-0002-5216-976X>, Saratov State University, 83 Astrakhanskaya St., Saratov 410012, Russia, swetwl@yandex.ru

Nadezhda V. Korotkova, <https://orcid.org/0000-0002-4635-0036>, Saratov State University, 83 Astrakhanskaya St., Saratov 410012, Russia, fonadia@yandex.ru

Serafima N. Lapina, <https://orcid.org/0000-0001-9058-6540>, Saratov State University, 83 Astrakhanskaya St., Saratov 410012, Russia, kafmeteo@mail.ru

Mariya A. Alimpieva, <https://orcid.org/0000-0003-4422-8835>, Saratov State University, 83 Astrakhanskaya St., Saratov 410012, Russia, alimpiewa@rambler.ru



A special category of long-term forecasts is considered, the object of forecasting is not the anomalies of the hydrometeorological regime (temperature, precipitation), but the dates of its sharp change. Methodological issues are raised to develop adequate methods for estimating such forecasts. The possibility of applying the method of accuracy of short-term forecasts to the justification of long-term forecasts is substantiated.

Keywords: long-term weather forecast, forecast accuracy.

DOI: <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2019-19-3-174-181>

Введение

Вопросы адекватного оценивания разных видов долгосрочных метеорологических прогнозов всегда были в центре внимания [1–3]. Общие методики их оценивания изложены в [4, 5]. Однако существует проблема оправдываемости долгосрочных прогнозов. Об этом свидетельствует большое количество публикаций, в которых поднимаются и научные, и методические вопросы оценивания долгосрочной прогностической продукции (например, [6–12]).

К настоящему времени сложились стандартные апробированные приемы оценки оправдываемости прогнозов аномалий метеорологического режима. Для детерминистских прогнозов используются следующие показатели [9, 12]:

- коэффициент (показатель) совпадения по знаку аномалии ρ ;
- коэффициент корреляции аномалий AC ;
- относительная ошибка прогноза Q ;
- средний квадрат ошибки прогноза (mean squared error) MSE ;
- критерий качества по среднему квадрату ошибки – мера мастерства по отношению к климатическому прогнозу (mean squared error skill score) $MSSS$.

Качество вероятностных прогнозов чаще всего оценивается кривой ROS [9, 12].

Однако для практических запросов не менее важна информация о резких изменениях метеорологического режима – перепадах средней суточной температуры, периодах выпадения осадков, наступлении сухой засушливой погоды и т. п. Информативная ценность таких прогнозов наиболее высока, а критерии их оценивания разработаны слабо или не разработаны вообще. В частности, речь идет о прогнозах волн тепла и холода и прогнозах периодов выпадения осадков, составляемых по методу В. Ф. Мартазиновой («плавающий аналог») [13, 14]. С помощью этого метода можно прогнозировать начало опасного явления погоды,



что является очень важной научной задачей, а также проводить региональную пространственно-временную детализацию глобальных прогнозов. Согласно методике прогнозируются даты резких изменений метеорологического режима, а именно экстремумы волн тепла и холода, и временные периоды выпадения осадков. Такие прогнозы можно отнести к категории нестандартных, когда существуют определенные трудности в их адекватной оценке. Поэтому возникает необходимость разработки методик оценивания таких прогнозов.

1. Методические аспекты оправдываемости прогнозов резких перепадов средней суточной температуры и периодов выпадения осадков

Сложность оценивания прогнозов волн тепла и холода заключается в том, что любая волна имеет две характеристики – интенсивность и продолжительность. Немаловажным также является то, что прогноз должен содержать указание на время наступления волны. По терминологии, разработанной в Гидрометцентре РФ, в таких прогнозах допускаются следующие формулировки: волна тепла (холода) ожидается в первой (второй, третьей) декаде месяца, в первой (второй) половине месяца; в течение первой (второй) половины месяца ожидается резкое колебание температуры [15]. При этом прогноз волны считается оправдавшимся, если разность между прогностической и фактической средней суточной температурой по абсолютной величине не превышала 5°C , а время прохождения волны либо совпадало с прогнозируемым, либо разница во времени не превышала ± 2 дня [15].

Оценка с применением такого подхода показала невысокую оправдываемость прогнозов волн в связи с чрезмерной детализацией – время наступления, продолжительность, перепад температур. По этой причине официальные прогнозы волн тепла и холода были сняты, хотя отмечалась необходимость разработки методических прогнозов резких изменений метеорологического режима [15].

Как уже указывалось, по методу «плавающий аналог» прогнозируется время наступления экстремума волны. Авторы настоящей статьи предлагают оценивать волны тепла и холода, отталкиваясь именно от дня наступления экстремума. Поскольку потребителя интересует именно резкое колебание температуры, то по аналогии с [15] перепад при волне должен произойти не менее чем на 5°C . Что касается продолжительности волны, то, опираясь на разные исследования, мы пришли к следующим выводам. В формировании волны разной продолжительности участвуют адвективные и радиационные процессы. При резком перепаде средней суточной температуры решающую роль играют адвективные факторы. При последующем стационарном поступившей на

территорию воздушной массы в ней происходят трансформационные изменения. Если зимой поступление холодной воздушной массы сопровождается дальнейшим ее охлаждением, то летом процесс трансформации холодной воздушной массы предполагает последующее ее нагревание, причем очень активное, в связи с высокой сухостью арктического воздуха. Согласно исследованиям В. Л. Архангельского [16] и Е. А. Полянской [17], в условиях Нижнего Поволжья свежий арктический воздух трансформируется в местный тропический в течение 1,5–2 сут. Таким образом, летом после сильной адвекции холода на территории развиваются продолжительные и интенсивные волны тепла. Поэтому указанные авторы из оценки оправдываемости волны исключили такой параметр, как продолжительность. Следовательно, при проверке волна тепла (холода) считается оправдавшейся, если экстремум ее наступления совпадал с днем прогноза или отстоял от него не более чем на ± 2 дня. Данное условие можно считать очень жестким критерием, учитывая месячную заблаговременность составления прогноза. Региональные прогнозы волн тепла и холода, составляемые на кафедре метеорологии и климатологии СГУ с 2000 г., показывают 71%-ную оправдываемость волн тепла и 69%-ную – волн холода [18, 19].

Как уже указывалось, еще одним видом долгосрочного прогноза, относящимся к категории нестандартных, является прогнозирование периодов выпадения осадков. Их оценка проводится по аналогичной схеме: случай считается оправдавшимся, если даты ожидаемых и фактически выпавших осадков совпадают или расхождение между ними не превышает двух дней. Определенная таким образом оправдываемость за период 1999–2014 гг. составила 64,5%, что считается довольно успешным в практике долгосрочного прогнозирования, если учитывать месячную заблаговременность составления прогноза [20].

2. Общие принципы сравнения методических прогнозов с инерционными и случайными

Согласно сложившимся требованиям любой методический прогноз сравнивается с инерционным, случайным и климатическим.

Инерционный прогноз на следующий месяц заключается в использовании фактических месячных аномалий температуры воздуха, атмосферных осадков и других характеристик в текущем месяце. В этом случае заблаговременность прогноза будет нулевой, так как он составляется по фактической макропогоде текущего месяца. Если прогноз составляется с месячной заблаговременностью, то инерционным прогнозом будут характеристики погоды в месяце, предшествующем текущему [1].

Инерционные прогнозы на короткий срок (до нескольких суток) не лишены смысла и при



устойчивой маломеняющейся синоптической обстановке имеют довольно высокую оправдываемость. Инерционные прогнозы с большой заблаговременностью, как правило, имеют низкий уровень оправдываемости, сравнение с ними методических прогнозов не проводится [1].

Сравнение со случайными прогнозами предполагает составление полных матриц сопряженности, в которых требуется прогноз не только наличия явления, но и его отсутствия. Полные матрицы сопряженности для волн тепла и холода составить нельзя, так как не прогнозируется сам факт отсутствия явления. Невозможно также считать, что между двумя экстремумами волн тепла обязательно должен

прогнозироваться экстремум волны холода, и наоборот. Однако сравнить методический прогноз периодов выпадения осадков со случайным можно, составив матрицу сопряженности, если периоды отсутствия осадков рассматривать как прогноз отсутствия явления.

Общий вид матрицы сопряженности представлен в табл. 1. Представленная матрица сопряженности содержит два прогностических условия – явление ожидается (П) или не ожидается (П̄) – и два исхода: явление было (Ф) или не было (Ф̄). При этом в табл. 1 заносится число случаев прогнозов, обозначаемое n_{ij} , соответствующее сочетанию $\Phi_i \sim \Pi_j$, где Φ_i – фактическая погода, Π_j – прогностическая.

Таблица 1

Общий вид матрицы сопряженности

Фактически наблюдалось, Φ_i	Прогнозировалось, Π_j		$\sum_{j=1}^{m=2} n_j$
	П – наличие явления	П̄ – отсутствие явления	
Ф – явление наблюдалось	n_{11}	n_{12}	n_{10}
Ф̄ – явление не наблюдалось	n_{21}	n_{22}	n_{20}
$\sum_{i=1}^{n=2} n_i$	n_{01}	n_{02}	N

Соответствующие сочетания характеризуют следующее:

n_{11} – число случаев оправдавшихся прогнозов наличия явления: явление (или состояние погоды) прогнозировалось и фактически наблюдалось;

n_{12} – число случаев неоправдавшихся прогнозов отсутствия явления: явление (или состояние погоды) не прогнозировалось, но фактически наблюдалось;

n_{21} – число случаев неоправдавшихся прогнозов наличия явления: явление (или состояние погоды) прогнозировалось, но фактически не наблюдалось;

n_{22} – число случаев оправдавшихся прогнозов отсутствия явления: явление (или состояние погоды) не прогнозировалось и фактически не наблюдалось;

n_{10} – число случаев прогнозов наличия явления (или состояния погоды) – столько раз явление фактически наблюдалось;

n_{20} – число случаев отсутствия явления (или состояния погоды) – столько раз явление фактически не наблюдалось;

n_{01} – число случаев прогнозов наличия явления (или состояния погоды);

n_{02} – число случаев прогнозов отсутствия явления (или состояния погоды);

N – общее число прогнозов.

По этой матрице очень легко рассчитать разные показатели оправдываемости, например:

1) $P = \frac{n_{11} + n_{12}}{N}$ – общая оправдываемость методических прогнозов, численно равная отно-

шению числа оправдавшихся прогнозов к общему числу прогнозов;

2) $P_c = \frac{n_{01} n_{10} + n_{02} n_{20}}{N^2}$ – оправдываемость случайных прогнозов. Показатель позволяет установить, насколько методический прогноз, составляемый в оперативной практике, отличается от случайного прогноза, а также выявить качество применяемого метода;

3) $H = \frac{P - P_c}{1 - P_c}$ – критерий надежности по Н. Л. Багрову, характеризующий относительное приращение общей оправдываемости оцениваемых прогнозов (по сравнению со случайными) к максимально возможному;

4) $Q = 1 - (\frac{n_{12}}{n_{10}} + \frac{n_{21}}{n_{20}})$ – критерий точности по А. М. Обухову, выражающий долю точных, успешных прогнозов при известной повторяемости фаз погоды.

Составленные за определенный период методические прогнозы распределяются в матрице сопряженности, на основании которой и проводится расчет критериев.

3. Результаты оценки долгосрочных прогнозов осадков с применением методики оправдываемости краткосрочных прогнозов

Применим к расчету оправдываемости долгосрочного прогноза периодов выпадения осадков методику, принятую при оценке краткосрочных прогнозов наличия/отсутствия явления. При этом оправдавшимся случаем считается совпадение



фактического дня наличия / отсутствия явления с прогнозируемым (без каких-либо допусков!). Остальные случаи относятся к неоправдавшимся. Такая оценка долгосрочных прогнозов, составленных для Саратова, была опробована на материалах исследования за период 2014–2017 гг. для месяцев теплого периода. Оценка проводилась по факту наличия или отсутствия осадков без учета их количества по данным наблюдений метеостанции «Саратов Юго-Восток». К случаям выпадения осадков относились все выпавшие осадки и даже их следы. Общий объем выборки составил 857 случаев. Весь массив полученных данных представлен в матрице сопряженности (табл. 2)

Таблица 2
Матрица сопряженности долгосрочных прогнозов периодов выпадения осадков (апрель–октябрь 2009 г., м/с «Саратов ЮВ»)

Φ_i	Π_j		Σ
	П	П	
Ф	137	164	301
$\bar{\Phi}$	113	443	556
Σ	250	607	857

По данным табл. 2 произведен расчет показателей P, P_c, H, Q [19]. В результате расчетов общая оправдываемость методического прогноза за рассматриваемый период составила 68%.

Оправдываемость случайного прогноза (P_c) за этот же период составила 56%, что оказалось на 12% ниже методического и, безусловно, наглядно демонстрирует качество метода.

Приращение общей оправдываемости методического прогноза по сравнению со случайным составляет 0,3 (H) к максимально возможному. Доля точных прогнозов с учетом известных фаз явления (Q) тоже составила 0,3. Это позволяет считать приемлемым использование оценки оправдываемости, принятой в краткосрочном прогнозировании, для оценки отдельных видов долгосрочных прогнозов, в частности периодов выпадения осадков. Укажем, что расчет критериев точности и надежности, а также сравнение методического прогноза со случайным подтверждают качество используемого метода долгосрочного прогнозирования периодов выпадения осадков.

Таким образом, оценка успешности прогнозов при краткосрочном прогнозировании с использованием матрицы сопряженности может быть применена и для оценки оправдываемости долгосрочных прогнозов периодов выпадения осадков.

Обратим внимание, что расчет оправдываемости с применением методики краткосрочного прогнозирования показал превышение значений общей оправдываемости прогнозов по сравнению с оценкой, использовавшейся ранее. Однако этот факт следует проверить с привлечением репрезентативных выборок.

4. Вопросы сравнения методических и климатических прогнозов

Возникающая сложность при сравнении данных методических прогнозов с климатическими заключается в том, что в настоящее время в метеорологии не разработаны понятия «климатическая волна тепла (холода)» и «климатические периоды выпадения осадков».

В настоящей статье осуществлена попытка введения и обоснования понятия «климатические волны тепла (холода)» и исследуется возможность сравнения климатического и методических прогнозов.

Методика выделения климатических волн тепла (холода) базируется на утверждении, что ход многолетней средней суточной температуры воздуха не совпадает со сглаженным. Для примера проиллюстрируем это утверждение по данным метеостанции «Саратов Юго-Восток» для некоторых месяцев теплого периода (рис. 1).

На представленных графиках (см. рис. 1) ход многолетней среднесуточной температуры не совпадает со сглаженным. Выявлены периоды повышений и понижений температуры, которые группируются в определенных временных отрезках. Очевидно, что в данные периоды чаще наблюдаются волны тепла или холода. Например, в апреле волны тепла преобладают в середине месяца, а его начало и конец, как правило, оказываются холоднее. Отметим, что заморозки в апреле наиболее вероятны в начале третьей декады месяца. В мае повторяемость волн холода наиболее высока в середине и конце месяца. Интересно, что в летние месяцы (июнь, июль, август) наиболее холодными оказываются первая и третья декады месяца, а в середине особенно велика вероятность наступления жаркой погоды. В сентябре и октябре на фоне общего спада температуры также выделяются климатические периоды теплых и холодных волн. В сентябре волны тепла наиболее вероятны во второй половине месяца («бабье лето»), в октябре – в конце первой и второй декад месяца.

Если на данные графики (см. рис. 1) наложить кривые хода средней суточной температуры в течение месяца, то на климатический период преобладания относительно высоких температур будет приходиться несколько экстремумов теплых и холодных волн. Ход температуры воздуха в течение месяца для апреля в 2015–2018 гг. с наложением на климатические периоды показан на рис. 2.

Мы видим, что на один и тот же климатический период преобладания волн тепла или холода накладываются несколько экстремумов теплых и холодных волн (рис. 3). То же самое относится и к прогностической информации. Исходя из этих данных можно сделать вывод о нецелесообразности сравнения прогнозов резкого перепада средней суточной температуры воздуха с климатическими волнами. Однако следует сделать оговорку, что по «климатическим» волнам

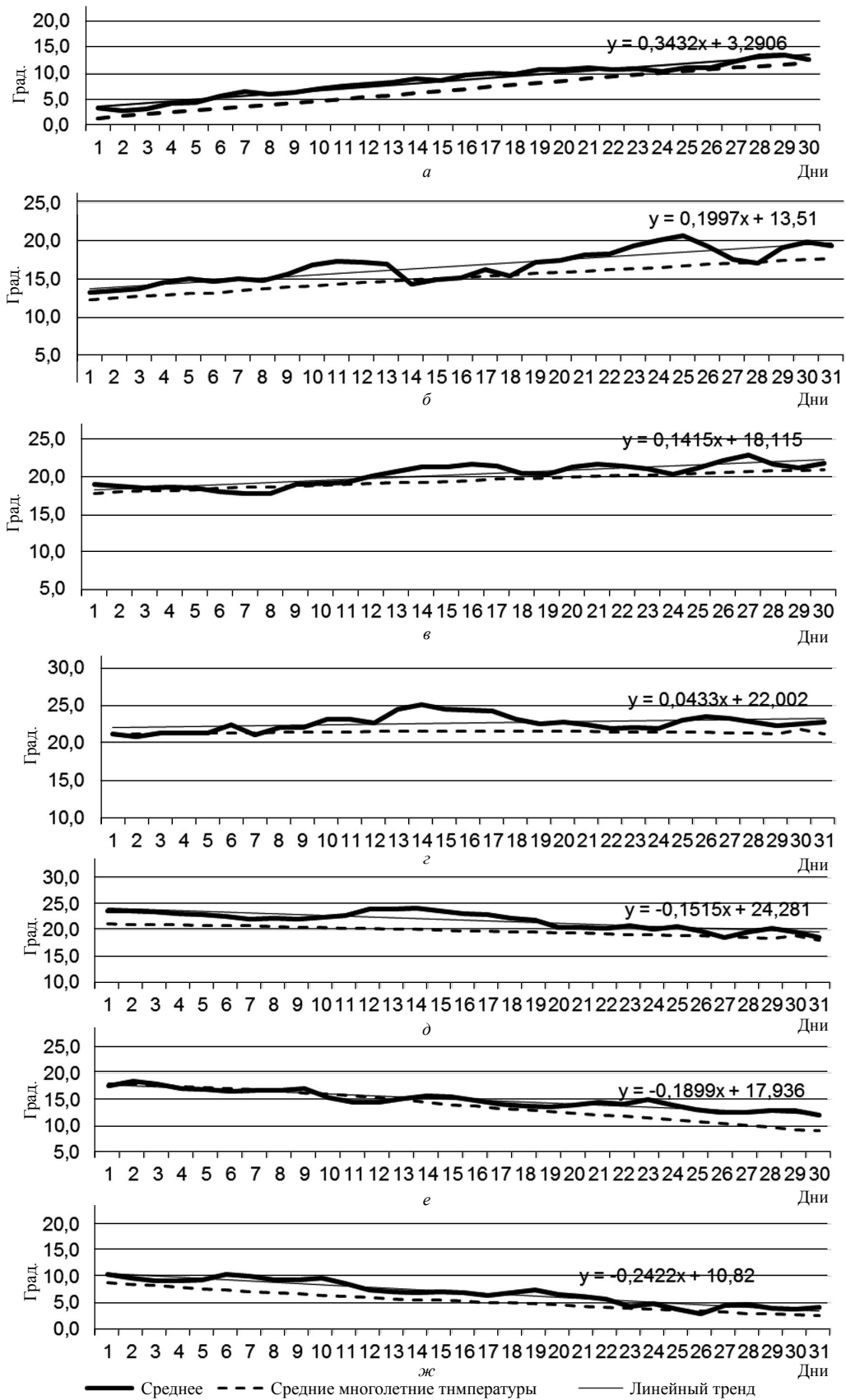


Рис. 1. Ход среднесуточной температуры и средней многолетней среднесуточной температуры воздуха: а – апрель; б – май; в – июнь; г – июль; д – август; е – сентябрь; ж – октябрь

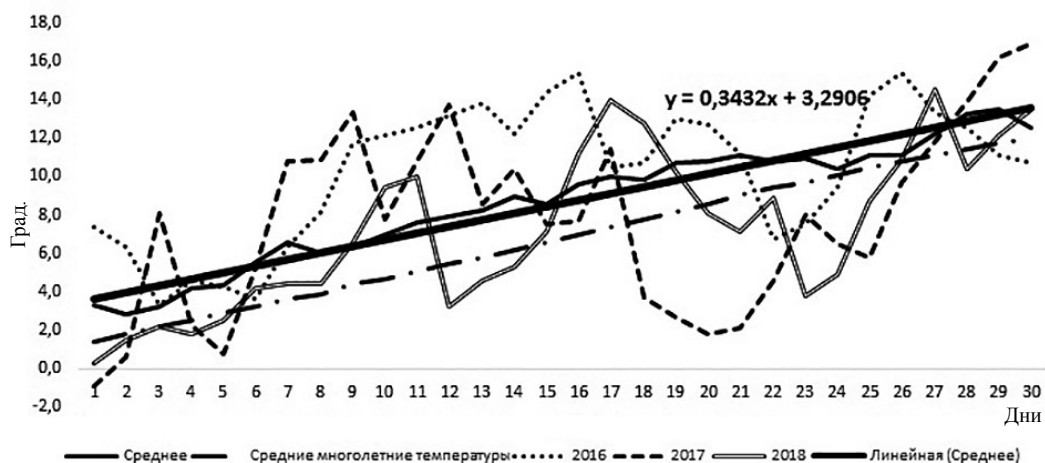


Рис. 2. Средняя многолетняя среднесуточная температура апреля и фактическая среднесуточная температура в апреле 2016, 2017 и 2018 гг.

тепла (холода) вполне можно оценивать такую их характеристику, как продолжительность. В РД ГМЦ [21] в перечне опасных явлений приведено определение аномально жаркой погоды (А.1.17) для теплого времени года, когда в период с апреля по сентябрь в течение 5 и более дней значение среднесуточной температуры воздуха выше климатической нормы на 7°C и выше. Здесь

речь идет именно о продолжительности волны.

Авторами проведена попытка выделения климатических периодов выпадения осадков. В результате было установлено, что климатические периоды выпадения осадков по суточным суммам не выделяются. Для примера приведем многолетние суточные суммы осадков для некоторых месяцев теплого полугодия (см. рис. 3)

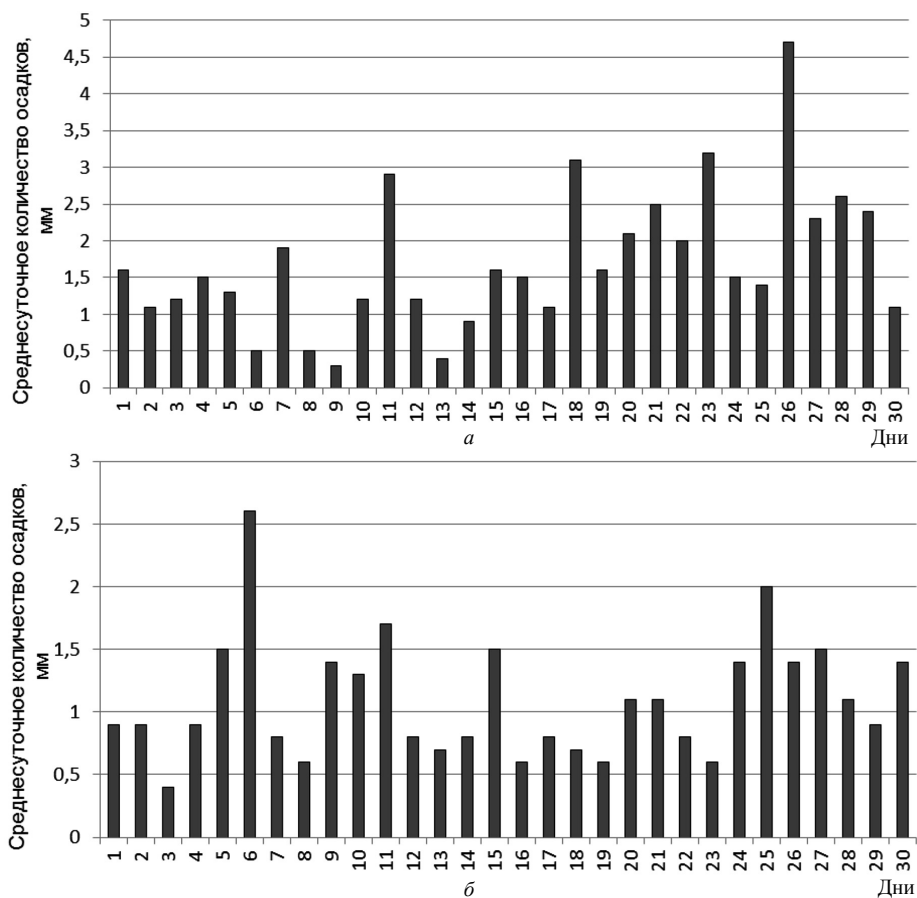


Рис. 3. Среднее многолетнее суточное количество осадков: а – июнь; б – октябрь



Выводы

1. Методические вопросы оценивания долгосрочных метеорологических прогнозов, объектом прогнозирования которых является резкая смена погодных условий, разработаны слабо.

2. При оценке волн тепла и холода целесообразно «привязываться» к экстремуму волны.

3. Возможно сравнение прогнозов периодов выпадения осадков со случайными прогнозами, и нельзя сравнить прогнозы экстремумов волн тепла и холода.

4. По многолетним данным о средней суточной температуре воздуха выделяются климатические периоды преобладания теплых и холодных волн. С введением понятия «климатические волны тепла (холода)» появилась возможность сравнивать их характеристику, как продолжительность. Климатические периоды суточных сумм выпадения осадков не выделяются.

5. Для оценки долгосрочных прогнозов периодов выпадения осадков вполне применима методика, используемая для краткосрочных прогнозов.

Библиографический список

1. Багров Н. А., Кондратович К. В., Педь Д. А., Угрюмов А. И. Долгосрочные метеорологические прогнозы. Л. : Гидрометеоиздат, 1985. 248 с.
2. Угрюмов А. И. Долгосрочные прогнозы погоды. СПб. : РГГМУ, 2005. 82 с.
3. Чичасов Г. Н. Технология долгосрочных прогнозов погоды. СПб. : Гидрометеоиздат, 1991. 304 с.
4. Хандожко Л. Т. Экономическая метеорология. СПб. : Гидрометеоиздат, 2005. 490 с.
5. Шакина Н. П., Иванова А. Р., Бирман Б. А., Скриптунова Е. Н. Блокирование : условия лета 2010 года в контексте современных знаний // Анализ условий аномальной погоды на территории России летом 2010 года : сб. докладов. М. : Триада ЛТД, 2011. С. 6–21.
6. Бундель А. Ю., Вильфанд Р. М., Крыжов В. Н., Тищенко В. А., Хан В. М. Оценка мультимодельного вероятностного прогноза на сезон на основе данных моделей АРСС // Метеорология и гидрология. 2011. № 3. С. 5–19.
7. Вильфанд Р. М., Мартазинова В. Ф., Цепелев В. Ю., Хан В. М., Мироничева Н. П., Елисеев Г. В., Иванова Е. К., Тищенко В. А., Уткузова Д. Н. Комплексование синоптико-статистических и гидродинамических прогнозов температуры воздуха на месяц // Метеорология и гидрология. 2017. № 8. С. 5–17.
8. Вильфанд Р. М., Киктев Д. Б., Круглова Е. Н., Куликова И. А., Тищенко В. А., Хан В. М. Выпуск долгосрочных метеорологических прогнозов по Арктическому региону в рамках деятельности Северо-Евразийского климатического центра (СЕАКЦ) // Труды / Гидрометеорологический научно-исследовательский центр Российской Федерации. М., 2016. Вып. 361. С. 7–28.
9. Киктев Д. Б., Хан В. М., Крыжов В. Н., Заринов Р. Б., Круглова Е. Н., Куликова И. А., Тищенко В. А. Технология выпуска долгосрочных прогнозов Северо-Евразийского климатического центра (СЕАКЦ) // Труды / Гидрометеорологический научно-исследовательский центр Российской Федерации. М., 2015. Вып. 358. С. 36–56.
10. Киктев Д. Б., Толстых М. А., Заринов Р. Б. Выпуск детализированных метеорологических прогнозов в рамках деятельности Северо-Евразийского климатического центра (СЕАКЦ) // Труды / Гидрометеорологический научно-исследовательский центр Российской Федерации. М., 2017. Вып. 366. С. 14–28.
11. Мирвис В. М., Мелешко В. П., Львова Т. Ю., Матюгин В. А. Пятилетний опыт оперативного прогнозирования метеорологических условий на срок до 45 суток на основе модели общей циркуляции атмосферы ГГО // Труды / Гидрометеорологический научно-исследовательский центр Российской Федерации. М., 2017. Вып. 366. С. 29–50.
12. Тищенко В. А., Хан В. М., Круглова Е. Н., Куликова И. А. Применение статистической коррекции детерминистских прогнозов температуры воздуха и осадков по модели ПЛАВ для Арктического региона // Труды / Гидрометеорологический научно-исследовательский центр Российской Федерации. М., 2016. Вып. 361. С. 47–65.
13. Мартозинова В. Ф., Младиная Л. В. Способ детализированного прогноза погоды на месяц по методу «плавающий аналог» // Труды / УкрНИИГМИ. 1986. Вып. 219. С. 46–50.
14. Мартазинова В. Ф., Иванова Е. К. Метод прогноза температуры и влажности воздуха на Украине для естественных синоптических периодов на территории Украины // Труды / УкрНИИГМИ. 1989. Вып. 233. С. 83–87.
15. Васюков К. А., Зверев Н. И. О возможности прогнозов волн холода и тепла при предсказании погоды на месяц // Труды / ГМЦ. 1989. Вып. 303. С. 121–126.
16. Архангельский В. Л. Региональная синоптика Нижнего Поволжья. Саратов : Издательство Саратовского университета, 1968. 208 с.
17. Полянская Е. А. Синоптические процессы и явления погоды в Нижнем Поволжье. Саратов : Издательство Саратовского университета, 1986. 206 с.
18. Морозова С. В. Физико-статистический метод прогноза экстремумов метеорологических величин // Ученые записки / Российский государственный гидрометеорологический университет. СПб., 2010. № 14. С. 50–59.
19. Морозова С. В. Прогноз волн тепла и холода для Саратовской области с использованием физико-статистического метода В. Ф. Мартазиновой «плавающий аналог» // Труды / Гидрометеорологический научно-исследовательский центр Российской Федерации. М., 2017. Вып. 363. С. 138–159.
20. Морозова С. В. Технология долгосрочного прогноза периодов выпадения осадков для Саратовской области // Труды / Гидрометеорологический научно-исследовательский центр Российской Федерации. М., 2015. Вып. 358. С. 145–158.



21. Руководящий документ РД 52.88.699-2008. ПОЛОЖЕНИЕ о порядке действий учреждений и организаций при угрозе возникновения и возникновении опасных природ-

ных явлений [Электронный ресурс]. М., 2008. URL: <http://www.naai.ru/upload/iblock/5fe/5fee73a30ee041c12c26b4e27d1e2695.pdf> (дата обращения: 15.05.2019 г.)

Образец для цитирования:

Морозова С. В., Короткова Н. В., Лапина С. Н., Алимпиева М. А. К вопросу оправдываемости «нестандартных» долгосрочных прогнозов // Изв. Саратов. ун-та. Нов. сер. Сер. Науки о Земле. 2019. Т. 19, вып. 3. С. 174–181. DOI: <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2019-19-3-174-181>

Cite this article as:

Morozova S. V., Korotkova N. V., Lapina S. N., Alimpieva M. A. To the Question of the Accuracy of «Non-standard» Long-term Forecasts. *Izv. Saratov Univ. (N. S.), Ser. Earth Sciences*, 2019, vol. 19, iss. 3, pp. 174–181 (in Russian). DOI: <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2019-19-3-174-181>



ГЕОЛОГИЯ

УДК 550.8.053

Геолого-геохимические особенности вулканических комплексов Нижне-Таежного рудного узла (Северное Приморье)

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

Ивин Виталий Викторович, кандидат геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник лаборатории нелинейной металлогении, Дальневосточный геологический институт Дальневосточного отделения Российской академии наук, Владивосток, ivin_vv@mail.ru

Медведев Евгений Иванович, научный сотрудник лаборатории нелинейной металлогении, Дальневосточный геологический институт Дальневосточного отделения Российской академии наук, Владивосток, Cage21@mail.ru

Фатьянов Игорь Иванович, кандидат геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник лаборатории нелинейной металлогении, Дальневосточный геологический институт Дальневосточного отделения Российской академии наук, Владивосток, 1937fat@list.ru

Нижне-Таежная площадь входит в состав Восточно-Сихотэ-Алиньского вулканогенно-плутонического пояса (ВСАВП), расположенного в зоне перехода континент – океан, и имеет весьма сложное геологическое строение. Изучение геолого-геохимического состава, строения и закономерностей размещения вулканогенно-осадочных пород Нижне-Таежной площади (НТП) позволит существенно дополнить данные по геолого-геохимическим особенностям мезозойско-кайнозойского этапа формирования ВСАВП. Новизна работы состоит в том, что для НТП впервые получены геохимические данные по химическому составу петрогенных, редких и рассеянных элементов разновозрастных вулканических комплексов – приморского, самаргинского, богопольского и кизинского. В результате проведенных исследований выявлено, что изучаемые комплексы сложены высококальциевыми разностями пород и различаются по содержанию редких и рассеянных элементов. Приморский комплекс отличается повышенной концентрацией вольфрама, цинка, свинца, тория, лантана, церия, низким содержанием ниобия, стронция, циркония и титана. Самаргинский комплекс характеризуется отчетливым минимумом содержания титана, стронция и максимумом – неодима. Богопольский и кизинский комплексы по распределению редких и рассеянных элементов имеют схожий трендовый облик с другими вулканическими комплексами узла, отличаясь только уровнем их концентрации.

Ключевые слова: комплекс, геохимия, некогерентные и редкоземельные элементы, вулканические породы.

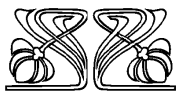
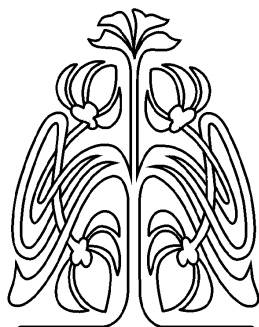
Geological and Geochemical Features of the Volcanic Complexes of the Lower-Taiga Area (Northern Primorye)

V. V. Ivin, E. I. Medvedev, I. I. Fat'yanov

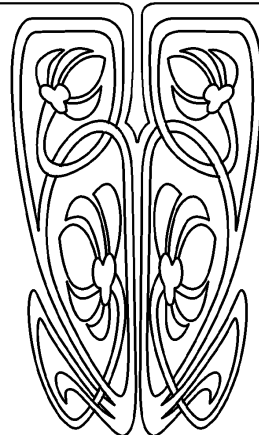
Vitaliy V. Ivin, <https://orcid.org/0000-0002-7673-0099>, Far East Geological Institute of Far East Branch of the Russian Academy of Sciences, 159 Prospect 100-letia Vladivostoka, Vladivostok 690022, Russia, ivin_vv@mail.ru

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

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



**НАУЧНЫЙ
ОТДЕЛ**





The Lower Taiga area is a part of the East-Sikhote-Alin volcanic-plutonic belt (ESAVPB), located in the transition zone of the continent-ocean which has a very folded geological structure. The study of the geological and geochemical composition, structure and patterns of the placement of volcanogenic-sedimentary rocks of the Lower Taiga area (LTA) will significantly complement the data on the geological and geochemical features of the Mesozoic-Cenozoic stage of the formation of the ESAVPB. The novelty of the work lies in the fact that for the LTA for the first time geochemical data were obtained on the chemical composition of the petrogenic, rare, and trace elements of different age volcanic complexes: Primorsky, Samarginsky, Bogopolsky and Kizinsky. As a result of the conducted research, it was revealed that the complexes under study are composed of high-potassium varieties of rocks and differ in the content of rare and trace elements. Primorsky complex differs in its increased concentration of tungsten, zinc, lead, thorium, lanthanum cerium, low content of niobium, strontium, zirconium and titanium. The Samarginsky complex is characterized by a distinct minimum of the content of titanium, strontium and maximum of neodymium. The Bogopolsky and Kizinsky complexes in terms of the distribution of rare and trace elements have a similar trend appearance with other volcanic complexes of the LTA, differing only in the level of their concentration.

Key words: complex, geochemistry, incoherent and rare earth elements, volcanic rocks.

DOI: <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2019-19-3-182-190>

Введение

Многометалльное оруденение Нижне-Таежного рудного узла расположено в прибрежной зоне Восточно-Сихотэ-Алинского вулкано-плутонического пояса (ВСАВПП). Впервые в самостоятельную структуру ее выделил Н. С. Шатский в 1957 г. В современном виде ВСАВПП представляет собой линейную структуру вулканических и связанных интрузивных образований позднемиоценового возраста, протянувшуюся вдоль побережья Японского моря и Татарского пролива. Изучением тектоно-магматических взаимоотношений ВСАВПП занимались многие исследователи. Впервые их обобщил А. В. Михайлов [1]. Современные исследователи А. И. Ханчук, Ю. А. Мартынов, Г. А. Валуй, В. К. Попов, В. Г. Сахно [2] считают, что ВСАВПП – это типоморфное звено Восточно-Азиатского окраинно-континентального вулканогена, реконструируемого А. И. Ханчуком [3] в качестве надсубдукционного. Существует и альтернативная точка зрения. Так, В. Г. Сахно [4] и В. П. Уткин [5] считают его рифтогенным сдвигово-раздвиговым типом. Но все авторы сходятся во мнении, что мезокайнозойский этап магматизма ВСАВПП весьма сложен, а изменение вектора движения Тихоокеанской плиты привело к смене режимов с надсубдукционного на трансформный и сопровождалось активной вулканической деятельностью. Детальное изучение геохимических характеристик вулканических комплексов рудного узла было осуществлено в Аналитическом центре ДВГИ ДВО РАН с помощью современных инструментальных методов. Содержание петрогенных

элементов определялось рентгенофлуоресцентным методом на сканирующем спектрометре S4 Pioneer (аналитик Е. А. Ноздрачев), содержание редких и рассеянных элементов – методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой на спектрометре Agilent 7500с (аналитик М. Г. Блохин). Результаты этих исследований приводятся в данной статье.

Геологическое строение рудного узла

Нижне-Таежный рудный узел (НТРУ) занимает площадь более 500 км², входит в состав литоральной части ВСАВПП и соприкасается с детально исследованной Тернейской вулкано-структурой. НТРУ имеет весьма сложное геологическое строение, обусловленное его положением относительно крупных субмеридиональных разломов (рис. 1). Стратифицированные образования узла принадлежат к двум структурным этажам: нижнему терригенному, где они смяты в крутые складки северо-восточного простирания, и верхнему вулканогенному, включающему эффузивно-пирокластические образования приморского (турон-кампан), самаргинского (маастрихт), богопольского (маастрихт-дат) и кизинского (миоцен) комплексов [6].

На площади узла вскрыто более 30 рудных зон с редкометалльной, полиметаллической, олово-полиметалльно-серебряной, полиметалльно-серебряной, серебряной и золотой минерализацией. Рудные зоны с олово-полиметалльно-серебряной и полиметалльно-серебряной минерализацией (Белембинская, Бортовая, Русловая и др.) размещены среди ороговикованных вулканитов в эндоконтакте Малиновской гранитоидной интрузии. Они состоят из крутопадающих сложноветвящихся кварцевых жил с прожилково-вкрапленной полиметалльно-сульфидной минерализацией.

Зоны с серебряной минерализацией (Кумирная, Ближняя, Водораздельная, Заманчивая, Крайняя, Неясная, Перевальная, Сентябрьская, Сюрприз и др.) убогосульфидны и пространственно разобщены с олово-полиметалльно-серебряными. Они размещены в кварц-серицит-гидрослюдистых метасоматитах, развитых по вулканитам. Зоны сложены жилами с полупрозрачным гребенчатым кварцем, содержащим сульфосоли серебра.

Строение и состав вулканических комплексов и их геолого-геохимические особенности

В пределах НТРУ распространены вулканогенные образования мелового палеоценового и миоценового возраста. Представителями сеноман-маастрихтского магматизма на площади узла являются вулканиты приморского и самаргинского комплексов (см. рис. 1). Вулканогенные отложения, относящиеся к приморскому комплексу, составляют значительную часть НТРУ, участвуя в строе-

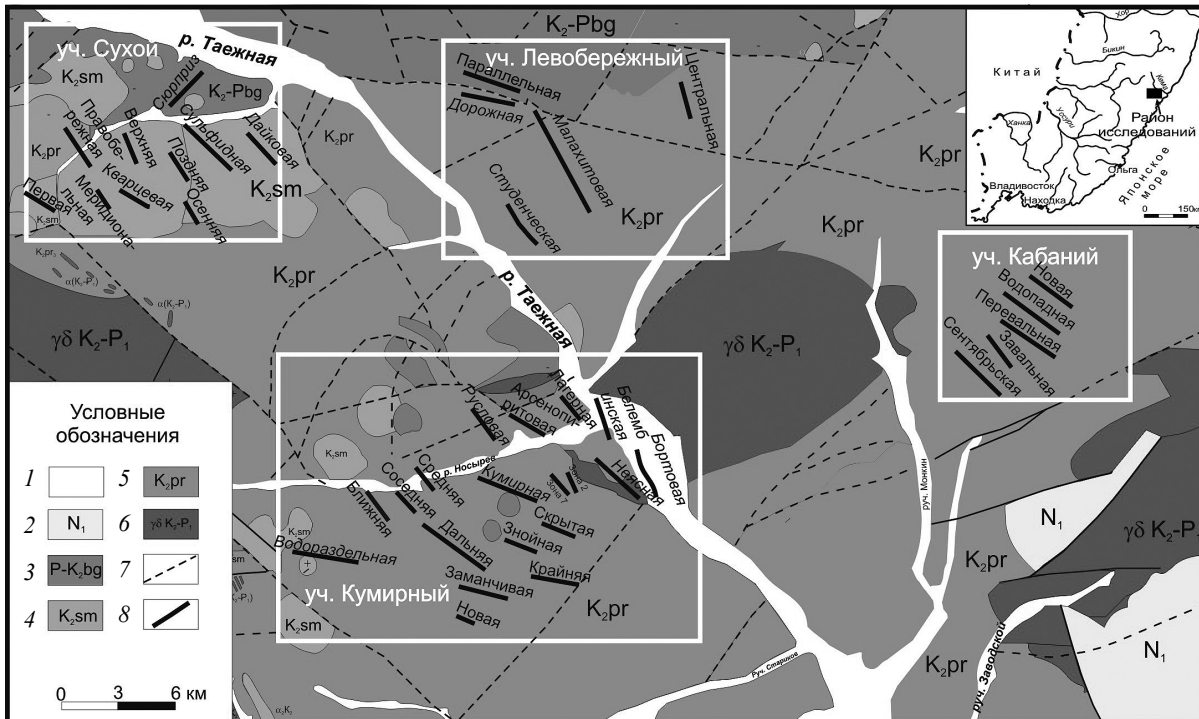


Рис. 1. Геологическое строение Нижне-Таежного рудного узла (по материалам АО «Примгеология» с дополнениями авторов): 1 – аллювиальные отложения; 2 – кизинский вулканический комплекс (N_1); 3 – богопольская толща (P-K2bg); 4 – самаргинская толща (K_2sm); 5 – приморская толща (K_2pr); 6 – гранитоидные массивы ($\gamma\delta K_2-P_1$); 7 – тектонические нарушения; 8 – рудные тела

нии разных вулкано-тектонических структур. По литолого-петрографическим особенностям они разделены на три пачки.

Первая (нижняя) пачка (K_2pr_1) сложена псаммитовыми и псефито-псаммитовыми литокристаллокластическими туфами риолитов, содержащими обломки пород фундамента. Редко встречаются игнимбриты риолитов. Видимая мощность отложений 250 м. Они распространены на востоке рудного узла и прослежены в бортах р. Таежной.

Вторая (средняя) пачка (K_2pr_2) состоит из спекшихся псефитовых и псефито-псаммитовых туфов риолитов. Редко отмечаются прослойки игнимбритов и пепловых туфов. Типоморфной особенностью пачки является проявление вторичных изменений кварц-гидрослюдистого и пропилитового характера. Мощность пачки 250–450 м.

Третья (верхняя) пачка (K_2pr_3) в основном сложена игнимбритами с присутствием вулканического стекла, спекшимися и сваренными туфами риолитов. Мощность верхней пачки достигает 450 м.

Контакты вулканогенных образований приморского комплекса с ниже- и вышележащими отложениями преимущественно тектонические, и лишь в бассейне руч. Березового они согласно перекрываются накоплениями самаргинской свиты [7]. Вдоль разрывных нарушений, а также вблизи экструзий и некков самаргинского комплекса вулканы приморского комплекса серицитизированы и окварцованы, местами пре-

вращены в кварц-серицитовые и андалузит-кварц-серицитовые метасоматиты.

Экструзивные образования в силу схожести их облика и состава с вмещающими вулканами выделяются с трудом. Наиболее крупные (10–15 км²) сосредоточены в центральной части Носыревской кальдеры по левобережью нижней течи р. Белембе, где они совместно с интрузивами гранитоидов образуют локальные очаговые структуры интрузивно-купольного типа. Более мелкие тела развиты в бассейне руч. Каменистого и по правобережью руч. Петрованова. Экструзивные тела сложены крупнопорфировыми риолитами, иногда переходящими в гранит-порфиры, а также кластолавами кислого состава. Наиболее крупный Белембинский экструзив сложен игниспумитами риолитов, часто окварцованными и эпидотизированными. В краевых частях экструзивов иногда отмечаются породы брекчиевой текстуры. Отдельные экструзивы обладают хорошо сохранившимся агломератовым строением.

Результаты исследования и их обсуждение

Химический состав образований приморского вулканического комплекса приведен в табл. 1, 2. Они относятся к высококалийным разностям с умеренной глиноземистостью, нормальной и повышенной щелочностью и принадлежат к известково-щелочной серии. На классификационной диаграмме они расположены в поле



Таблица 1

Химический состав магматических пород НТРУ

Химический элемент	Порядковый номер													
	7	8	9	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
SiO ₂	74,81	76,79	76,98	62,3	62,44	74,7	63,35	58,73	76,9	78,65	74,97	73,77	64,53	64,93
TiO ₂	0,12	0,11	0,11	0,81	0,83	0,18	0,78	0,78	0,15	0,14	0,44	0,21	0,74	0,77
Al ₂ O ₃	13,72	12,32	12,43	15,9	15,89	13,68	16,1	15,29	12,28	11,4	14,25	13,8	15,21	15,64
Fe ₂ O ₃	1,52	1,72	1,61	7,58	6,73	2,31	6,34	7,39	1,63	1,04	2,09	2,06	5,59	5,26
MnO	0,04	0,04	0,03	0,07	0,12	0,04	0,15	0,15	0,11	0,05	0,03	0,06	0,14	0,09
MgO	0,16	0,16	0,16	0,71	0,89	0,22	1,21	1,24	0,18	0,07	0,34	0,19	1,15	1,16
CaO	0,83	0,79	0,59	2,98	2,46	0,13	2,13	4,81	0,07	0,07	0,02	0,23	2,19	2,34
Na ₂ O	2,67	2,82	2,16	3,06	3,27	2,64	4,67	3,26	3,17	2,6	0,18	4	1,56	3,41
K ₂ O	5,65	4,48	5,1	3,68	3,53	4,36	3,18	2,14	3,91	4,48	5,08	4,31	6,54	4,35
P ₂ O ₅	0,03	0,03	0,03	0,34	0,33	0,05	0,32	0,32	0,04	0,03	0,05	0,04	0,23	0,24
п. п. п.	0,66	0,79	1,15	2,49	3,19	1,68	1,81	6,05	1,79	1,43	2,51	1,28	2,13	1,96
∑	100,2	100,05	100,37	99,91	99,68	99,98	100	100,17	100,2	99,98	99,98	99,93	100	100,2
S	0,01	0,011	0,003	0,51	0,134	0,001	0,001	0,003	0,004	0,006	0,003	0,007	0,003	0,006
Cl	0,009	0,031	0,026	0,017	0,008	0,004	0,005	0,007	0,021	0,006	0,007	0,004	0,006	0,004
Sc	6	1	3	17	19	5	15	17	5	6	10	6	15	12
Ba	578	549	540	686	671	755	578	256	776	722	274	805	678	684
V	9	9	9	60	66	9	52	56	7	5	21	5	71	71
Cr	39	19	26	32	22	14	19	21	54	28	16	25	31	16
Co	1	1	2	6	8	3	9	12	2	2	2	1	10	9
Ni	2	3	3	3	4	2	3	4	4	2	1	3	5	4
Cu	6	6	4	14	7	6	12	11	4	3	5	11	7	7
Zn	109	70	66	60	88	47	105	109	53	40	25	76	105	79
Ga	16	12	13	20	19	15	20	19	13	13	19	15	17	17
As	6	22	5	14	17	3	5	1	5	7	15	34	3	11
Rb	184	137	161	95	103	148	100	77	121	140	239	145	225	145
Sr	109	109	106	318	317	98	364	234	49	49	43	116	215	288
Y	25	22	22	34	35	22	31	37	25	26	36	27	28	30
Zr	116	104	103	291	280	161	281	254	118	119	196	261	242	246
Nb	11	9	10	16	17	11	15	15	13	12	17	14	13	13
Pb	76	62	46	17	32	25	19	18	25	18	34	49	43	31
Th	17	14	16	10	10	14	10	9	12	11	17	13	9	10
U	4	3	3	2	2	2	2	2	2	2	4	3	2	2
	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	
SiO ₂	63,11	63,32	74,21	76,49	73,96	62,16	62	63,37	73,84	72,12	73,52	63,67	64,46	
TiO ₂	0,88	0,84	0,19	0,17	0,17	0,84	0,88	0,79	0,2	0,25	0,23	0,91	0,89	
Al ₂ O ₃	15,86	15,94	14,27	12,53	13,46	15,9	15,78	15,61	13,9	14,44	14,23	15,53	15,8	
Fe ₂ O ₃	6,36	6,05	1,03	1,7	1,65	6,29	6,33	5,77	1,73	2,85	2,31	5,96	4,98	
MnO	0,12	0,12	0,06	0,05	0,08	0,12	0,12	0,1	0,02	0,06	0,03	0,11	0,1	
MgO	1,81	1,72	0,16	0,21	0,2	1,81	1,86	1,61	0,14	0,21	0,17	1,01	0,93	
CaO	2,92	2,66	1,06	0,41	0,42	3,36	4,18	3,07	0,25	0,57	0,22	3,55	3,28	
Na ₂ O	2,94	3,3	3,16	2,85	2,25	3,59	2,63	3,33	3	3,6	3	2,16	3,51	
K ₂ O	3,28	3,54	3,87	4,45	6,23	3,11	3,35	3,48	5,21	4,23	4,95	4,17	4,13	
P ₂ O ₅	0,25	0,24	0,06	0,03	0,06	0,25	0,25	0,23	0,05	0,08	0,06	0,29	0,29	



Окончание табл. 1

Химический элемент	Порядковый номер												
	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39
п. п. п.	2,53	2,44	1,67	1,29	1,42	2,69	2,41	2,37	1,59	1,5	1,45	2,6	1,76
Σ	100,1	100,16	99,75	100,2	99,9	100,12	99,8	99,74	99,93	99,9	100,2	99,98	100,1
S	0,003	0,002	0,012	0,005	0,009	0,016	0,031	0,123	0,05	0,01	0,022	0,004	0,002
Cl	0,006	0,005	0,011	0,005	0,007	0,008	0,011	0,011	0,005	0,005	0,008	0,006	0,005
Sc	16	15	7	5	6	16	14	17	6	8	5	12	13
Ba	593	657	536	746	839	605	591	611	849	714	822	729	722
V	91	85	10	13	15	89	91	80	12	15	14	49	54
Cr	14	22	24	34	37	24	35	23	16	19	18	23	20
Co	12	12	2	1	1	12	9	11	1	3	3	8	6
Ni	3	5	2	2	2	5	4	4	4	3	0	3	4
Cu	7	6	8	7	10	11	10	7	5	5	5	8	9
Zn	84	78	53	33	52	97	101	78	19	50	32	94	54
Ga	19	16	18	13	15	18	19	16	14	14	14	17	16
As	16	28	14	14	4	21	8	7	18	8	15	11	7
Rb	98	100	128	139	189	94	94	103	185	129	164	145	122
Sr	453	443	256	245	196	538	426	442	239	195	198	340	349
Y	29	29	27	13	17	30	30	31	23	20	20	33	31
Zr	201	212	161	143	154	186	197	212	150	154	150	224	206
Nb	12	12	14	11	12	11	12	13	11	10	11	13	13
Pb	23	20	77	84	161	43	24	23	17	27	26	35	16
Th	9	9	15	14	12	7	7	9	16	14	15	14	13
U	3	2	4	2	3	2	2	3	4	3	3	3	3

Примечание. 7, 8, 9, 16, 17 – приморский вулканический комплекс; 18–23 – самаргинский комплекс; 24–36 – богояпольский комплекс; 37–39 – кизинский комплекс. Рентгенофлуоресцентный анализ выполнен в ЦКП ДВГИ ДВО РАН на спектрометре S4 Pioneer (Bruker AXS, Германия) (аналитик Ноздрачев Е. А.). Концентрация *петрогенных элементов* (силикатный анализ), S, Cl приведена в мас.%; п. п. п. – потери при прокаливании; концентрация *микроэлементов* приведена в г/т.

Таблица 2

Содержание редкоземельных элементов в магматических породах НТРУ

Химический элемент	Порядковый номер													
	7	8	9	16	17	18	21	22	27	29	32	34	35	37
Be	3,24	2,67	1,45	1,31	1,37	1,64	1,16	1,95	2,49	2,01	2,12	1,93	1,97	2,34
Sc	7,73	10,00	6,02	18,14	8,01	6,52	7,05	9,90	14,64	7,10	14,55	13,91	7,02	12,22
V	11,62	68,10	8,30	200,8	3,76	9,19	4,01	3,42	107,2	10,23	97,50	56,25	9,86	27,46
Co	0,58	2,10	0,46	16,43	<0,1	1,73	1,25	0,51	9,68	<0,1	10,43	8,57	0,31	4,47
Zn	67,03	131,1	73,82	118,5	41,34	50,63	55,41	112,2	91,67	60,80	104,3	110,6	17,19	74,87
Ga	20,07	23,28	16,51	21,22	15,29	17,01	14,99	16,27	22,78	22,47	19,39	21,05	18,92	21,19
Rb	140,4	174,8	153,9	139,7	157,0	137,5	106,3	150,4	185,1	165,0	184,1	165,4	203,8	181,3
Sr	142,6	519,3	114,5	539,3	37,34	112,5	51,88	133,5	555,8	296,4	609,3	484,1	281,2	376,4
Y	35,28	31,09	20,89	29,66	21,21	23,78	27,04	28,73	33,13	29,54	29,48	27,01	29,69	37,79
Zr	235,8	260,1	105,8	163,0	126,1	174,4	127,1	296,2	239,1	188,0	199,2	318,5	167,4	331,1
Nb	15,07	11,95	8,38	8,22	11,78	10,83	10,93	14,02	12,06	13,65	10,20	15,15	10,13	15,60
Mo	1,52	1,21	1,04	1,97	1,33	2,01	1,03	1,06	0,82	0,77	1,03	0,47	1,88	2,55
Sn	2,13	6,06	2,79	1,24	4,50	3,39	0,93	2,84	1,35	2,18	1,25	2,10	4,44	2,81
Cs	1,81	2,27	4,31	1,79	3,71	3,64	3,05	4,69	3,32	2,61	4,32	2,22	2,99	3,19



Химический элемент	Порядковый номер													
	7	8	9	16	17	18	21	22	27	29	32	34	35	37
Ba	860,4	854,9	601,4	428,5	712,9	840,4	785,4	934,4	692,9	611,4	650,9	787,9	966,9	1032
La	39,33	35,49	30,04	21,22	25,67	33,56	18,48	17,02	31,09	52,10	29,00	30,59	34,26	38,14
Ce	86,27	77,87	57,52	47,66	52,57	72,17	42,06	47,07	68,37	97,17	60,07	67,42	73,92	83,42
Pr	9,36	9,04	6,30	5,62	6,17	7,64	4,59	4,79	8,06	9,70	7,08	7,66	7,74	9,21
Nd	33,08	33,85	20,90	24,57	22,58	26,14	16,42	17,63	32,11	32,26	28,05	29,18	27,19	35,05
Sm	6,29	6,96	3,97	5,58	4,74	4,95	3,45	3,69	6,87	6,33	5,67	5,75	5,32	7,29
Eu	1,04	1,83	0,49	1,66	0,69	0,71	0,58	0,77	1,68	0,99	1,61	1,59	0,79	1,52
Gd	6,26	6,35	3,71	6,01	4,57	4,71	3,46	4,03	6,84	6,27	5,83	6,01	4,88	7,38
Tb	0,96	0,91	0,54	0,91	0,68	0,64	0,55	0,66	1,00	0,88	0,89	0,83	0,75	1,05
Dy	5,74	5,32	3,54	5,65	4,02	4,03	4,11	4,76	5,98	5,10	5,35	5,37	4,43	6,52
Ho	1,16	1,06	0,76	1,10	0,87	0,86	0,92	1,11	1,23	1,03	1,08	0,99	0,91	1,36
Er	3,77	3,28	2,33	3,41	2,63	2,63	3,00	3,49	3,62	3,02	3,17	2,92	2,88	3,99
Tm	0,58	0,51	0,36	0,47	0,36	0,41	0,45	0,55	0,52	0,47	0,44	0,42	0,46	0,62
Yb	3,87	3,31	2,48	3,11	2,50	2,84	3,10	3,35	3,48	3,02	2,86	2,68	3,33	4,07
Lu	0,58	0,48	0,38	0,45	0,38	0,40	0,45	0,56	0,47	0,49	0,42	0,41	0,51	0,59
Hf	6,70	6,05	3,46	4,01	4,42	5,09	3,99	7,68	5,84	5,19	4,99	7,18	4,84	8,44
Ta	1,13	0,88	0,94	0,48	0,90	0,95	0,86	1,29	0,79	1,19	0,65	0,90	1,01	1,20
W	7,59	3,96	10,51	5,40	6,48	5,77	4,61	8,08	5,30	6,16	5,18	4,28	6,10	10,33
Pb	24,42	17,91	36,19	13,91	17,60	20,36	19,97	39,05	16,28	65,20	28,19	11,07	10,11	86,95
Th	21,46	12,33	19,04	5,47	12,36	16,53	13,78	15,89	10,67	19,21	9,18	11,60	19,16	20,56
U	3,13	2,39	3,17	0,92	3,02	2,64	2,35	3,22	2,08	3,13	1,71	2,15	3,96	4,79

Примечание. 7, 8, 9, 16, 17 – приморский вулканический комплекс; 18–22 – самаргинский комплекс; 24–36 – богородский комплекс; 37–39 – кизинский комплекс. Анализ редкоземельных элементов выполнен в ЦКП ДВГИ ДВО РАН методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой на спектрометре Agilent 7500 с (Agilent Technologies, США) (аналитик Блохин М. Г.). Пробоподготовка – сплавление с метаборатом лития (аналитик Левчук Л. С.).

риолитов (рис. 2). По концентрации химических элементов, нормированных к среднему составу верхней коры [8], они соответствуют магматическим породам окраинно-континентального типа. Характерно распределение содержания редких земель в виде пологой кривой, возрастающей от лантана к лютецию с европейским минимумом (рис. 3, а). В эффузивах комплекса относительно кларкового содержания отмечается повышенная концентрация вольфрама, свинца и цинка.

Самаргинский комплекс включает вулканогенную толщу и сопряженные с ней экструзивы андезитов, андезито-дацитов и дацитов. Толща сложена разнообразными по структуре туфами риолито-дацитового, дацитового, реже андезитового состава. Встречаются также туффиты, туфоалевролиты, туфопесчаники. При значительной фациальной изменчивости пород отличается наличие в низах разреза грубообломочных туфов и ксенотуфов, а в верхах – покровов андезитов, ассоциированных с экструзивами. Общая мощность отложений составляет более 500 м.

Породы вулканогенной толщи подверглись интенсивной метасоматической переработке.

Площадные изменения контролируются эруптивными аппаратами и неками дацитов, сериями сближенных разрывов. Широкое развитие получило кварц-серицитовое замещение пород вплоть до образования вторичных кварцитов, а также аргиллизация и пропилизация.

Экструзивные образования распространены в основном в пределах Носыревской и Шандуйской кальдер. Размер неков и экструзивных куполов редко превышает 0,2–0,3 км². Наряду с телами однородного сложения наблюдаются экструзивы и неки, сформированные в результате многократного внедрения. По составу и условиям формирования они разделяются на две группы: ранние – кислого и умеренно-кислого состава (сферолитовые, флюидально-сферолитовые риолиты, риодациты, брекчиевые лавы и ксенотуфы) и поздние – среднего состава (андезиты, андезидациты).

Химический состав вулканических комплексов самаргинского комплекса приведен в табл. 1, 2. По соотношению кремнезема и калия они относятся к высококальевой серии. Комплекс отличается слабовыраженным европейским минимумом,

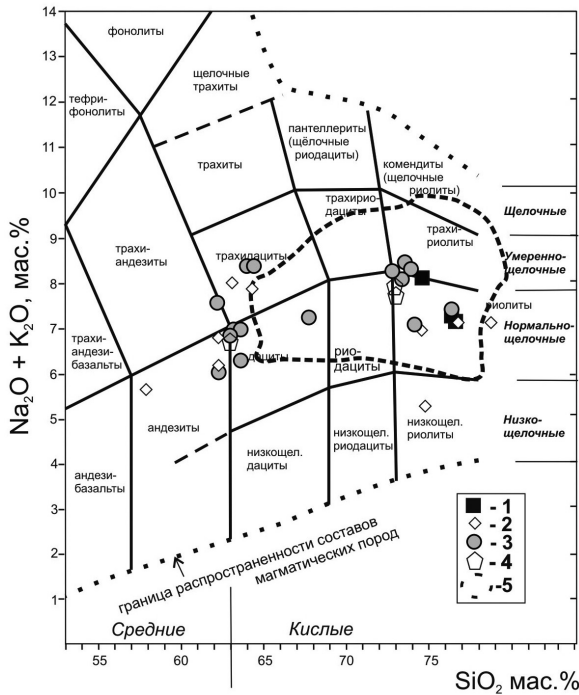


Рис. 2. Положение вулканических комплексов НТРУ на классификационной диаграмме $(Na_2O+K_2O)-SiO_2$: 1 – приморский комплекс; 2 – самаргинский комплекс; 3 – богопольский комплекс; 4 – кизинский комплекс; 5 – контур распространения пород богопольского комплекса в Таукинском террейне, по А. В. Гребенникову [9]

крутым наклоном кривой от лантала к европию и снижением содержания тяжелых элементов от гадолиния к лютецию (рис. 3, б).

Представителями палеогенового магматизма на площади рудного узла являются вулканогенные образования богопольского комплекса, участвующие в строении Тальниковой и Шандуйской кальдер. По литолого-петрографическим признакам стратифицированные накопления комплекса разделяются на три пачки [7].

Первая (нижняя) пачка сложена туфами и туфоконгломератами риолитов, содержащими окатанные глыбы дацитов и гранитов, также отмечаются прослои туфоалевролитов. Пачка расположена вдоль границы упомянутых кальдер. Мощность пачки 225–250 м.

Во второй (средней) пачке доминирующую роль играют игнимбриты, в разной степени спекшиеся, и сваренные игнимбритовидные туфы. Метасоматическому изменению породы пачки подверглись слабо, из наиболее часто встречающихся это кварц-серицитовое замещение, редко карбонатизация. Околотрещинные изменения выражаются в окварцевании, гидрослюдизации и сульфидизации пород. Мощность пачки колеблется от 250 до 650 м.

Третья (верхняя) пачка распространена в центральной части Шандуйской кальдеры. Она имеет с нижележащими образованиями тектонический контакт и слагает внутреннюю часть кальдеры.

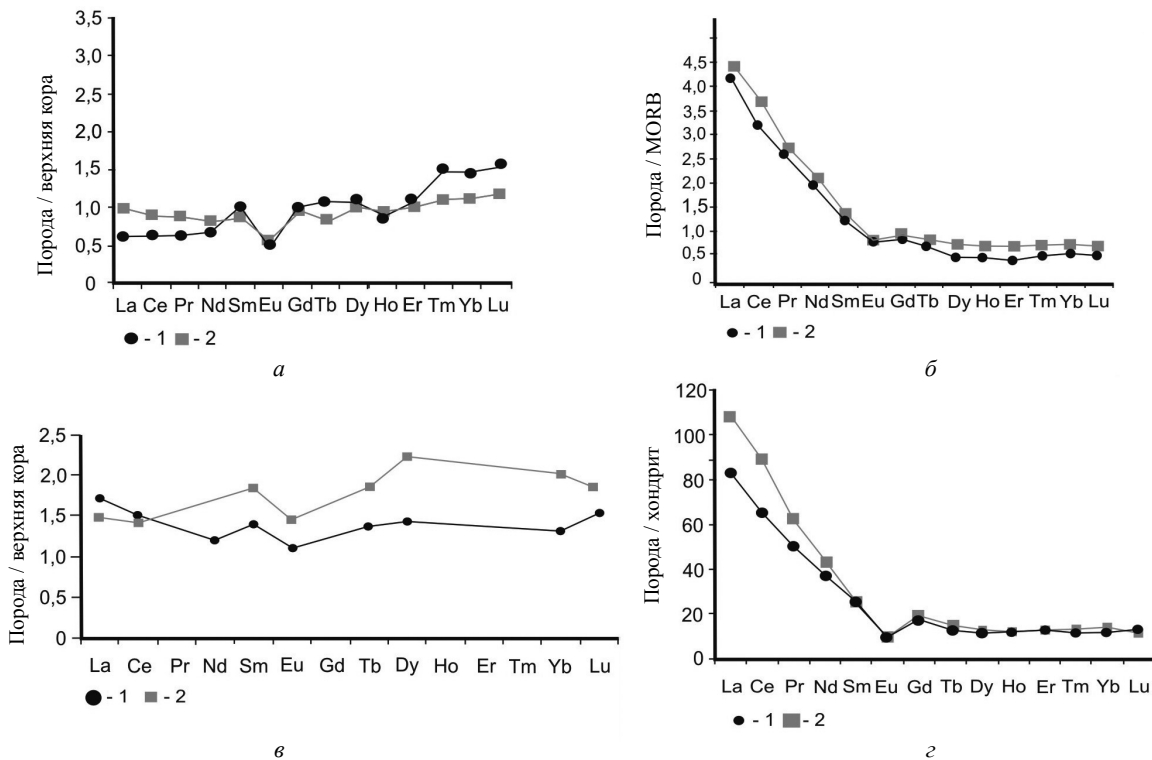


Рис. 3. Распределение редкоземельных элементов в вулканогенных породах Нижне-Тажного рудного узла (а – приморский комплекс; б – самаргинский комплекс; в – богопольский комплекс; г – кизинский комплекс) и Тернейской вулканоструктуры [2]: 1 – Нижне-Тажный рудный узел; 2 – Тернейская вулканоструктура



Характеризуется наличием типичных туфогенно-осадочных пород и туфов. В низах пачки отмечаются прослойки туфов риолитов, а также игнимбритов и игнимбритоподобных туфов риолитов. Среднюю ее часть слагают массивные пелитовые туффиты. Мощность пачки более 500 м.

Изверженные вулканические образования богопольского комплекса зафиксированы в Шандуйской и Носыревской кальдерах. Представлены они дацитами, трахидацитами и андезито-дацитами [10]. Дайки имеют субширотное простирание и в основном сложены риолитами и гранитами протяженностью до 2 км. Вулканические тела среднего состава представлены дайками андезитов.

Химический состав пород богопольского вулканического комплекса приведен в табл. 1, 2. На классификационной диаграмме ($\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$) – SiO_2 вулканисты комплекса попадают в поля андезитов, дацитов, трахидацитов и риолитов (см. рис. 2). По соотношению калия и кремнезема они принадлежат к высококалиевым разностям, а по распределению редкоземельных элементов имеют схожий трендовый облик с аналогами опубликованных данных [2], отличаясь только уровнем концентрации (рис. 3, в).

Из работы А. А. Гребенникова [9] [диаграмма $\text{FeO}_{\text{tot}}/(\text{FeO}_{\text{tot}} + \text{MgO}) - \text{SiO}_2$] следует, что гиалоигнимбриты и спекшиеся туфы богопольского комплекса являются железистыми. Согласно нашим данным, они занимают пограничное положение, частично попадая в поле развития железистых, а частично и магнезиальных разностей.

Миоценовые вулканические образования, отнесенные в [7] к кизинскому вулканическому комплексу, распространены в восточной части НТРУ и представлены телами дацитового состава с секущими их дайками андезитов, которые образуют купольные структуры. Пространство между ними заполнено вулканокластическими breccиями диоритов, риолитов и гранитов.

По петрохимическим характеристикам (см. табл. 1, 2) породы комплекса соответствуют трахидацитам, дацитам и риолитам (см. рис. 2) и относятся к высококалиевым разностям. На графиках нормированного распределения редкоземельных элементов они характеризуются слабовыраженным европиевым минимумом (рис. 3, з). На графике некогерентных элементов, нормированных по составу к верхней коре [2], отчетливо наблюдается минимум титана и максимум калия.

Заключение

Геолого-геохимические исследования, посвященные вулканическим комплексам Нижне-Таежного рудного узла, существенно дополняют литолого-петрографическое изучение вулканистов [7]. В пределах узла распространены разновозрастные магматические образования, причисляемые к приморскому (турон-сенон),

самаргинскому (маастрихт), богопольскому (палеоцен) и кизинскому (миоцен) вулканическим комплексам. Сопоставление химического состава пород вулканических комплексов с опубликованными данными свидетельствует о значительном сходстве с петротипами Тернейской вулканоструктуры [2]. Комплексы рудного узла сложены высококалиевыми разностями пород и различаются содержанием редких и редкоземельных элементов. Так, распределение некогерентных элементов в вулканистах приморского комплекса характеризуется повышенной концентрацией вольфрама, цинка, свинца, тория, лантана, церия, низким содержанием ниобия, стронция, циркония и титана. Самаргинский комплекс характеризуется низким содержанием титана, стронция и высокой концентрацией неодима. Богопольский и кизинский комплексы имеют схожий трендовый облик с петротипами по распределению редких и рассеянных элементов, но отличаются уровнем их концентрации. На графиках распределения редкоземельных элементов (см. рис. 3) породы комплексов отличаются крутым наклоном кривой от лантана к европию, выполаживанием в области тяжелых элементов от гадолиния к лютецию и слабовыраженным европиевым минимумом.

Библиографический список

1. Михайлов В. А. Магматизм вулкано-тектонических структур южной части Восточно-Сихотэ-Алиньского вулканического пояса. Владивосток : ДВО РАН СССР, 1989. 172 с.
2. Ханчук А. И. Геодинамика, магматизм и металлогения Востока России : в 2 кн. Владивосток : Дальнаука, 2006. Кн.1. 572 с.
3. Ханчук А. И. Тектоника и магматизм палеотрансформных континентальных окраин калифорнийского типа на Востоке России // Общие вопросы тектоники. Тектоника России : материалы XXXIII тектон. совещ. М. : ГЕОС, 2000. С. 544–547.
4. Сахно В. Г. Позднемезозойско-кайнозойский континентальный вулканизм Востока Азии. Владивосток : Дальнаука, 2001. 338 с.
5. Уткин В. П. Горст-аккреционные системы, рифто-грабены и вулкано-плутонические пояса юга Дальнего Востока России. Ст. 3. Геодинамические модели синхронного формирования горст-аккреционных систем и рифто-грабенов // Тихоокеанская геология. 1999. Т. 18, № 6. С. 35–58.
6. Ивин В. В., Родионов А. Н., Хомич В. Г., Симаненко Л. Ф., Борискина Н. Г. Геологическое строение и типы эндогенной минерализации Нижне-Таежного рудного узла (Приморье) // Тихоокеанская геология. 2006. Т. 25, № 3. С. 81–87.
7. Королев В. Н. Геологическое строение и полезные ископаемые бассейна среднего течения р. Белембе и руч. Березового. Владивосток : Приморские территориальные геологические фонды, 1973. 201 с.



8. *Kemp A. I. S., Hawkesworth C. J.* Granitic Perspectives on the Generation and Secular Evolution of the Continental Crust // *Treatise on Geochemistry* / Eds. H. D. Holland, K. K. Turekian. Amsterdam : Elsevier, 2004. P. 349–410.
9. *Гребенников А. В., Попов В. К., Ханчук А. И.* Опыт петрохимической типизации кислых вулканических пород различных геодинамических обстановок // *Тихоокеанская геология*. 2013. Т. 32, № 3. С. 68–73.
10. *Родинов А. Н., Леликов Ю. Р., Иголкина Г. Г.* Результаты поисково-картировочных работ на серебро на участке Белембе (Отчет Приморской партии за 1989–1993 гг.). Владивосток : Приморские территориальные геологические фонды, 1993. 255 с.

Образец для цитирования:

Ивин В. В., Медведев Е. И., Фатьянов И. И. Геолого-геохимические особенности вулканических комплексов Нижне-Тажного рудного узла (Северное Приморье) // *Изв. Саратов. ун-та. Нов. сер. Сер. Науки о Земле*. 2019. Т. 19, вып. 3. С. 182–190. DOI: <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2019-19-3-182-190>

Cite this article as:

Ivin V. V., Medvedev E. I., Fat'yanov I. I. Geological and Geochemical Features of the Volcanic Complexes of the Lower-Taiga Area (Northern Primorie). *Izv. Saratov Univ. (N. S.), Ser. Earth Sciences*, 2019, vol. 19, iss. 3, pp. 182–190 (in Russian). DOI: <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2019-19-3-182-190>



УДК 550.8.052

Гидрогеодинамический режим артезианских бассейнов и связь с нефтеносностью отложений

А. Т. Колотухин, М. П. Логинова

Колотухин Анатолий Трофимович, кандидат геолого-минералогических наук, доцент, Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского, mp.loginova@mail.ru

Логинова Марина Павловна, кандидат геолого-минералогических наук, доцент, Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского, mp.loginova@mail.ru

Гидрогеодинамические исследования нефтегазоводоносных комплексов известных провинций позволяют прогнозировать зоны гидрогеологической раскрытости недр и физические свойства нефтей ожидаемых залежей.

Ключевые слова: гидрогеодинамические условия, нефтегазоводоносные комплексы, сохранность залежей, плотность нефти.

Hydrogeodynamic Mode of Artesian Pools and Connection with Oil Content in Sediments

А. Т. Kolotukhin, М. P. Loginova

Anatoly T. Kolotukhin, <https://orcid.org/0000-0001-9247-864X>, Saratov State University, 83 Astrakhanskaya St., Saratov 410012, Russia, mp.loginova@mail.ru

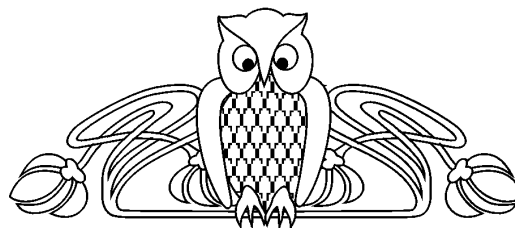
Marina P. Loginova, <https://orcid.org/0000-0003-2044-8040>, Saratov State University, 83 Astrakhanskaya St., Saratov 410012, Russia, mp.loginova@mail.ru

Hydrogeodynamic research of oil-gas-and-water complexes of well-known provinces allow to forecast the zones of hydrogeological opening of bowels of the earth and physical properties of oils of the expected beds.

Key words: hydrogeodynamic conditions, oil-gas-and-water complexes, safety of beds, density of oil.

DOI: <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2019-19-3-191-195>

Гидрогеологические (артезианские) бассейны могут содержать в своих недрах залежи нефти и газа. В этом случае их можно отождествлять с нефтегазоносными бассейнами, а комплексы отложений с залежами углеводородов являются нефтегазоводоносными комплексами, т. е. представляют собой единые гидродинамические системы. Гидрогеологические (гидрогеодинамические) условия могут приобретать основное значение в процессах аккумуляции нефти и газа, при разрушении и сохранении залежей, а также при прогнозе физических свойств (плотности) нефтей с целью планирования технологических процессов разработки и переработки.



К гидрогеодинамическим критериям нефтегазоносности относятся показатели процессов водообмена и гидрогеологическая «закрытость» недр, величина пьезометрических напоров, скорость движения подземных вод, распределение пьезомаксимумов и пьезоминимумов и др. [1].

По мнению Н. К. Игнатовича [2], для формирования углеводородных скоплений наиболее благоприятным является такой гидрогеодинамический режим, который при наличии структур и тектонических нарушений на определенном этапе гидрогеологической истории характеризуется активной циркуляцией вод в условиях хорошей закрытости недр.

В зоне свободного водообмена промышленные залежи нефти и газа (в традиционном виде), как правило, не встречаются, но широко представлены твердые нафтиды, битуминозные пески (месторождение Атабаска – Западно-Канадский бассейн; Оринокский пояс тяжелых нефтей – Оринокский бассейн), высоковязкие и сверхтяжелые нефти (Ярегское, Усинское и другие месторождения Тимано-Печорской провинции; Альшачинское, Мордово-Кармальское и другие месторождения Татарии), жидкие окисленные нефти высокой плотности.

Наиболее крупные скопления нефти и газа связаны с зоной затрудненной циркуляции подземных вод, расположенной ниже зоны свободного водообмена. Именно нижние гидрогеодинамические зоны, отличающиеся большой мощностью вмещающих и перекрывающих отложений, низкой скоростью движения, затрудненным и застойным гидрогеодинамическим режимом, являются благоприятными для сохранения залежей углеводородов. Эта закономерность отмечалась для разных территорий А. И. Силиным-Бикчуриным [3], В. Н. Корценштейном [4], Я. А. Ходжакулиевым [5], Г. П. Якобсоном [6], В. Г. Поповым [7] и другими авторами.

Движение вод в нижних гидродинамических зонах характеризуется малой скоростью. По мнению В. В. Колодия [8], для платформенных водонапорных (нефтегазоносных) бассейнов скорость движения подземных рассолов составляет $n \times 10^{-1} - n \times 10^{-2}$ см/год. Скорость движения рассолов в девонских горизонтах центральной части Волго-Уральского бассейна по расчетам В. В. Ягодина [9] составляет около 10 см/год. Близкие значения (0,01–0,1 м/год) получены и другими авторами.



В результате региональных обобщений по вопросам движения подземных вод [5–7, 10] сложились основные представления относительно источников создания напора в пластовой системе. Одним из источников напора в бассейне является инфильтрация вод с поверхности. В возникновении другого элизионного источника играют роль процессы отжатия вод в пределах прогибающихся частей бассейна в результате уплотнения пород. Решающей причиной движения пластовых вод является перепад напоров (давлений). Он возникает как при погружении глинистых толщ, сопровождающемся вытеснением межслоевых вод в коллекторы под действием геостатической нагрузки, так и в результате повышения напора за счет инфильтрации в области выхода на поверхность пород водоносных комплексов. Отличающееся в том и другом случае повышенное давление передается всей водонапорной системе комплекса. Это перераспределение напоров обуславливает движение (фильтрацию) подземных вод по пласту, их разгрузку по тектоническим нарушениям, а иногда и через водоупоры [5, 11].

Важным гидрогеодинамическим показателем нефтегазоносности недр являются пьезометрические аномалии, которые выражаются в локальном понижении и повышении напора подземных вод (пьезоминимумах и пьезомаксимумах). К пьезоминимумам, связанным с очагами разгрузки подземных вод, часто приурочены зоны нефтегазонакопления. К настоящему времени роль пьезоминимумов в формировании скоплений УВ и их поисковое значение установлены в ряде нефтегазоносных бассейнов (провинций). Для Волго-Уральской нефтегазоносной провинции В. А. Кудряковым [11], В. А. Кротовой [12] также показана связь размещения залежей нефти и газа с глубинными гидрогеодинамическими аномалиями.

С формированием и динамикой палеозойских расолов Волго-Уральского артезианского бассейна связано сохранение и разрушение нефтяных и газовых месторождений. Залежи нефти и газа тяготеют к районам максимального прогиба, которое происходило на протяжении тектонического развития. Это свидетельствует о связи нефтегазонакопления, сохранения и размещения залежей углеводородов с седиментогенными водами и элизионными этапами гидрогеологических циклов. Именно на элизионных этапах имели место преимущественно первичная миграция нефти, газа и накопление углеводородов в залежах.

На участках «гидрогеологических окон» или близкого залегания нефтегазоводоносных горизонтов к дневной поверхности отмечается качественное изменение свойств нефтей, обусловленное активным влиянием инфильтрационных вод.

Связь современного гидрогеодинамического режима с особенностями нефтегазоносности основных нефтегазоносных комплексов палеозоя

наглядно прослеживается на примере Волго-Уральского артезианского бассейна.

Волго-Уральский артезианский бассейн в основном территориально совпадает с Волго-Уральской нефтегазоносной провинцией. Мощность осадочного чехла изменяется от 1–1,5 км на сводах до 3–6 км в прогибах и впадинах.

С целью оценки степени «закрытости» палеозойских отложений юго-востока Волго-Уральского артезианского бассейна и их благоприятности для сохранения залежей углеводородов исследовались эйфельско-нижнефранский и среднекаменноугольно-нижнепермский нефтегазоводоносные комплексы.

При построении схематической карты приведенных напоров эйфельско-нижнефранского комплекса использовались отметки, рассчитанные по методике А. И. Силина-Бекчурина относительно плоскости сравнения –2000 м [13]. Выявленные участки максимальных и минимальных приведенных напоров позволяют определить направление потенциального движения подземных вод, а также выделить пьезоминимумы и пьезомаксимумы.

Гидрогеодинамический режим эйфельско-нижнефранского нефтегазоводоносного комплекса характеризуется общим снижением пьезометрических напоров с северо-востока на запад, юго-запад и юг (рисунок, а). Максимальное значение приведенных напоров (393 м) отмечается только на небольшом участке юго-восточного окончания Южно-Татарского свода (участок Ефремовско-Зыковского месторождения). Центральную часть изучаемой территории занимает зона с умеренными напорами – от 340 до 320 м. Пьезометрическая поверхность в центральной части является относительно сглаженной, гидроизопезы располагаются параллельно. В районе Жигулевского, Зольненского месторождений (северо-западная часть территории) напоры составляют 343–340 м. На западе Бузулукской впадины отмечается зона относительного пьезометрического максимума, который заливообразно вытянут в центральную часть впадины (в районе Могутовского месторождения – 365 м). В северном и южном направлениях от зоны повышенных пьезометрических напоров отмечается снижение значений напоров, в северном направлении характер изменения более плавный. В северной части Бузулукской впадины (район Кирюшкинского месторождения) выделяется небольшой пьезоминимум (337 м). В южном направлении от зоны пьезомаксимума отмечается более резкое снижение пьезометрических напоров – от 350 м до 300 м и менее. Минимальные напоры (280–275 м) характерны для центральной части Бузулукской впадины (район Южно-Первомайского, Западно-Степного месторождений) и Восточно-Оренбургского валообразного поднятия.

В эйфельско-нижнефранском комплексе по площади его развития перепад напоров не превышает 100 м (рисунок, а). Участок, оконтур-



ренный гидроизопьезой 340 м, является участком локальной внутрислоевого разгрузки вод комплекса и может, вероятно, расцениваться как потенциальная зона современной аккумуляции углеводородов. Северо-восточная и северо-западная зоны повышенных приведенных напоров в контуре гидроизопьез, соответственно 380 м и 350 м, – зоны возможного внутрислоевого питания комплекса, т. е. эти участки являются гидрогеологически раскрытыми (гидрогеологические окна). Это находит подтверждение и в качественных характеристиках выявленных залежей. Нефти характеризуются как тяжелые с удельной плотностью $\rho = 0,876–0,88$ г/см³ и более (месторождения Яблоневый Овраг, Чубовское, Красноярское, Султангулово-Заглядинское, Демское и др.).

В целом же комплекс характеризуется весьма затрудненным водообменом, незначительным перепадом приведенных пьезометрических напоров. Открытые очаги разгрузки для девонских водоносных комплексов в пределах Волго-Уральского бассейна не известны. Приведенные данные характеризуют гидрогеодинамические условия комплекса как благоприятные для сохранения залежей углеводородов.

При построении схематической карты для среднекаменноугольно-нижнепермского комплекса использовались пьезометрические напоры, рассчитанные по методике В. М. Шестакова на плоскость сравнения – 574 м [14].

Пьезометрические напоры комплекса меняются от 900 до 550 м (рисунок, б). Максимальные значения напоров характерны для северной и центральной частей Восточно-Оренбургского валообразного поднятия (в районе Колганского месторождения – 971 м). Минимальные напоры отмечены на Соль-Илецком выступе, в центральной части Бузулукской впадины, в западной части Предуральского прогиба и составляют 573–594 м (Ероховское и Раздольское месторождения). Перепад напоров по площади развития комплекса составляет 350 м. Наиболее интенсивное их снижение отмечается в пределах Восточно-Оренбургского валообразного поднятия и в меньшей степени в Бузулукской впадине.

Пьезомиимум, оконтуренный гидроизопьезой 650 м, отмечен в пределах южного окончания Южно-Татарского свода и северного борта Бузулукской впадины. Здесь напоры снижаются от 650 до 550 м.

В пределах Восточно-Оренбургского валообразного поднятия снижение напоров происходит к югу, юго-востоку и юго-западу, в Бузулукской впадине – с северо-запада и северо-востока к югу и юго-западу. На севере впадины в зоне локального пьезомиинимума снижение напоров носит обратный характер.

Среднекаменноугольно-нижнепермский нефтегазоводоносный комплекс отличается от вышеописанного более активным гидрогеодина-

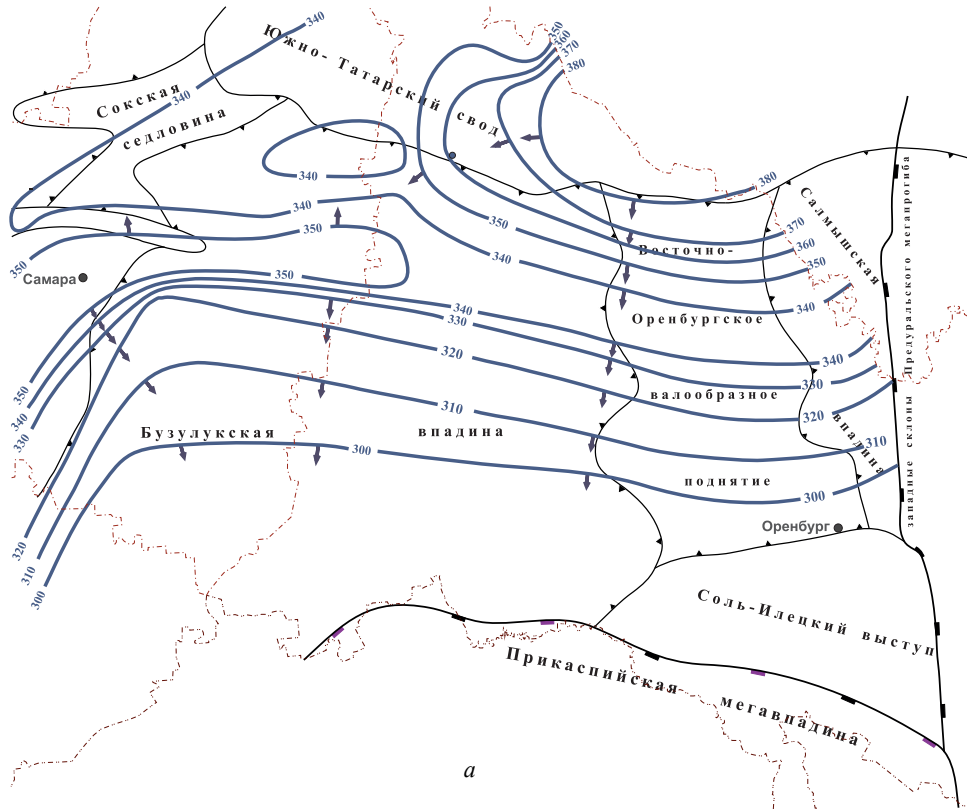
мическим режимом. Снижение напоров подземного потока имеет южную, юго-западную и юго-восточную направленность, диапазон изменения напоров существенно растет и составляет 350 м (см. рисунок, б).

Гидрогеодинамическая схема среднекаменноугольно-нижнепермского комплекса согласуется с гидрогеологической зональностью, выявленной в целом для Волго-Уральской антеклизы. Зона гипергенеза захватывает пермские горизонты выше кунгурской сульфатно-галогенной толщи, частично нижнепермские и верхнекаменноугольные пласты, а также развита на участках, где мощность этой толщи сокращается (южное окончание Южно-Татарского свода, северо-западная часть Бузулукской впадины), что влияет на качественные характеристики углеводородных флюидов.

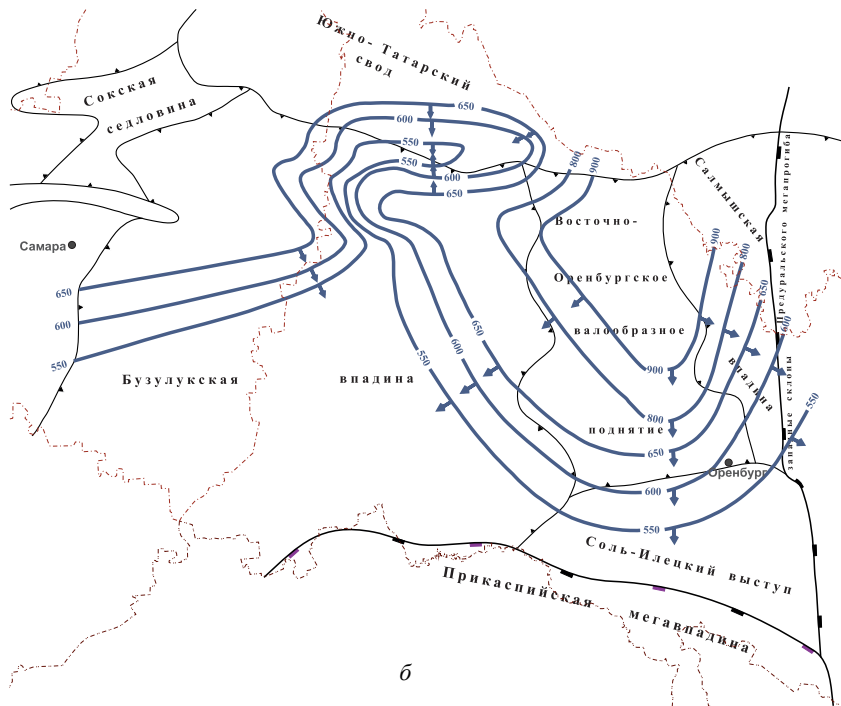
Таким образом, для исследуемых комплексов характерно общее снижение приведенных напоров с севера – северо-востока на юг и юго-запад. Главной областью инфильтрационного питания исследуемой территории является Южно-Татарский свод. Инфильтрационное влияние Урала не прослеживается. На фоне общей направленности снижения напоров выделяются отдельные пьезомиинимумы и пьезомаксимумы, которые являются локальными участками внутрислоевых перетоков. (Скрытые очаги разгрузки палеозойских водоносных комплексов развиты по всей площади Волго-Уральского бассейна.)

Гидрогеодинамические условия эйфельско-нижнефранского комплекса являются в целом благоприятными для сохранения залежей углеводородов, за исключением северо-восточной части и узкой полосы на западе изучаемой территории. Среднекаменноугольно-нижнепермский комплекс характеризуется менее благоприятными гидрогеодинамическими условиями, особенно на участках, где отсутствуют гидрогеологические толщи кунгурского и казанского возраста либо отмечается их незначительная мощность. На отдельных участках (гидрогеологические окна) на юге Южно-Татарского свода, на западе Бузулукской впадины отмечается взаимосвязь повышенных пьезометрических напоров и ухудшения качественных характеристик нефтей (плотность, вязкость и др.).

Прогноз физических свойств УВ (в частности, плотности, вязкости нефтей) в современных условиях поиска и освоения месторождений нефти необходим не только для расчета технологических процессов, но и для экономического планирования, поскольку плотность нефти – одна из основных ее качественных характеристик. Разработка и переработка тяжелых нефтей, содержащих значительную долю смолисто-асфальтеновых примесей, является ресурсно-затратной, но при этом стоимость тяжелых сортов нефтей существенно ниже легких. Представленные гидрогеодинамические схемы (см. рисунок) позволяют



а



б

Условные обозначения:

Тектонические элементы:

— границы крупнейших тектонических элементов

▲ — границы крупных тектонических элементов

— нижнепермский бортовой уступ Прикаспийской мегавпадины

— а) административная граница

б) государственная граница

— изолинии приведённых напоров

— направление движения фильтрационного потока

Схематические карты приведённых напоров: а – эйфельско-нижнефранского комплекса; б – среднекаменноугольно-нижнепермского комплекса



прогнозировать не только гидрогеологические условия нахождения залежей, но и качественные характеристики нефтей при проведении поисково-разведочных работ в нефтегазоносных провинциях.

Библиографический список

1. Зорькин Л. М., Суббота М. И., Стадник Е. В. Нефтегазопроисковая гидрогеология. М. : Недра, 1982. 216 с.
2. Игнатович Н. К. О региональных гидрогеологических закономерностях в связи с оценкой условий нефтеносности // Советская геология. 1945. № 6. С. 69–72.
3. Силин-Бекчурин А. И. Динамика подземных вод. М. : Издательство Московского университета, 1958. 258 с.
4. Корценштейн В. Н. Методика гидрогеологических исследований нефтегазоносных районов. М. : Недра, 1976. 309 с.
5. Ходжакулиев Я. А. Основные черты современной региональной гидрогеологии нефтегазоносных районов Запада Средней Азии. М. : Издательство Московского университета, 1966. 126 с.
6. Якобсон Г. П. Палеогидрогеологические и современные гидрогеологические закономерности формирования и размещения нефтегазовых месторождений. М. : Недра, 1973. 268 с.
7. Попов В. Г. Гидрогеохимия и гидрогеодинамика Предуралья. М. : Наука, 1985. 277 с.
8. Колодий В. В. Подземные воды нефтегазоносных провинций и их роль в миграции и аккумуляции нефти (на примере юга СССР). Киев : Наукова думка, 1983. 248 с.
9. Ягодин В. В. Возможность выявления гидродинамических ловушек нефти и газа в южной части Тимано-Печорской провинции // Геология нефти и газа. 1980. № 4. С. 47–50.
10. Роговская Н. В., Соколовский Л. Г. О некоторых гидродинамических закономерностях мезозойских отложений центральных и западных районов Туранской плиты // Советская геология. 1972. № 8. С. 23–35.
11. Кудряков В. А. Гидрогеологические факторы, влияющие на формирование нефтяных и газовых месторождений // Геология, методы поисков и разведки месторождений нефти и газа. М. : ВИЭМС, 1974. 45 с.
12. Кротова В. А. Роль зон разгрузки подземных вод в формировании углеводородных скоплений и их нефтепоисковое значение // Советская геология. 1966. № 3. С. 97–105.
13. Барс Е. А., Зайдельсон М. И. Гидрогеологические условия формирования и размещения нефтяных и газовых месторождений Волго-Уральской области. М. : Недра, 1973. 280 с.
14. Путьева К. Е. Подземные воды палеозоя Северного Прикаспия. М. : Издательство Московского университета, 1971. 356 с.

Образец для цитирования:

Колотухин А. Т., Логинова М. П. Гидрогеодинамический режим артезианских бассейнов и связь с нефтеносностью отложений // Изв. Саратов. ун-та. Нов. сер. Сер. Науки о Земле. 2019. Т. 19, вып. 3. С. 191–195. DOI: <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2019-19-3-191-195>

Cite this article as:

Kolotukhin A. T., Loginova M. P. Hydrogeodynamic Mode of Artesian Pools and Connection with Containing Oil of Sedimentations. *Izv. Saratov Univ. (N. S.), Ser. Earth Sciences*, 2019, vol. 19, iss. 3, pp. 191–195 (in Russian). DOI: <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2019-19-3-191-195>



УДК 550.4:551.2

Глубинный флюид и процессы деструкции и флюидизации среды в литосферной мантии

Я. А. Рихтер

Рихтер Яков Андреевич, доктор геолого-минералогических наук, профессор, Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского, tyr2760@yahoo.com

К настоящему времени в полной мере выявилось значение геологических процессов, вызываемых активностью флюида в земной коре и в целом в литосфере Земли. В свете современных данных становится очевидной роль флюидных систем в передаче потоков энергии и вещества, а также формировании глубинных режимов литосферы, структур ее расслоения и разуплотнения. На основе флюидных систем возникают и развиваются все известные эндогенные системы в верхних горизонтах литосферы: магматические и метасоматические комплексы, гидротермально-магматические и гидротермально-метасоматические системы и связанные с ними рудные формации. Эти представления в полной мере согласуются с общетеоретическими положениями о глубинной эволюции Земли и дегазации ее недр. Они вполне подходят для обоснования эндогенного происхождения углеводородов (нефти и природного газа): на их основе установлены признаки принадлежности УВ нефтяно-гидротермальным системам и их парагенетическое соотношение с другими эндогенными гидротермальными системами. Это позволяет применить новый подход к решению старых проблем нефтяной геологии.

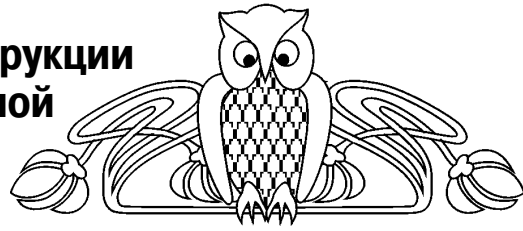
Ключевые слова: глубинный флюид, литосферная мантия, катаклаз, метасоматоз и аморфизация мантийных перидотитов, минералы флюидного происхождения.

Deep Fluid and Processes of Destruction and Fluidization in the Lithospheric Mantle

Ya. A. Richter

Yakov A. Richter, <https://orcid.org/0000-0003-2511-8550>, Saratov State University, 83 Astrakhanskaya St., 410600 Saratov, Russia, tyr2760@yahoo.com

To date, the significance of geological processes induced by fluid activity in the crust and in the Earth's lithosphere in general has been fully revealed. The role of fluid systems in the energy and matter flow transfer, as well as in the formation of the lithospheric deep modes, its lamination and decompression structures, becomes apparent in the light of current data. All known endogenous systems in the upper horizons of the lithosphere originate and evolve on the fluid system basis: magmatic and metasomatic complexes, hydrothermal-magmatic and hydrothermal-metasomatic systems and associated ore formations. These ideas are fully consistent with the general theoretical provisions of the Earth deep evolution and its subsoil degassing. They are fully applicable to justification of the endogenous origin of hydrocarbons (oil and natural gas). Using these concepts it was demonstrated that HCs pertain to naphthide-hydrothermal systems and have paragenetic



relationship with other endogenous hydrothermal systems. This new approach can be used to solve the old problems of petroleum geology.

Key words: deep fluid, lithospheric mantle, cataclasis, metasomatism and amorphization of mantle peridotites, minerals of fluid origin.

DOI: <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2019-19-3-196-205>

В настоящее время становится все более очевидной роль глубинного флюида в геодинамике литосферы, а также формировании глубинных режимов литосферы, структур ее расслоения и разуплотнения.

Теоретические проблемы, связанные с присутствием глубинного флюида в мантийной литосфере, еще недостаточно ясны и требуют дальнейшей разработки. К ним можно отнести некоторые вопросы термодинамики взаимодействия флюида и вещества литосферы, дифференциации флюида и появления локальных флюидных систем разной «специализации». Но это несколько не умаляет значения уже полученных результатов в области флюидогеодинамики. В то же время, как представляется автору, многие уже известные факты, добытые в разных областях геологии, могут быть интерпретированы с позиций флюидодинамики, в частности это относится к явлениям глубинного метасоматоза, катаклаза и к расслоенному течению в альпинотипных перидотитовых массивах, представляющих тектонические оторженцы верхней мантии в земной коре. Новейшие данные по минералогии и геохимии глубинных включений мантийных перидотитов в кимберлитах позволяют оценивать состав флюида и условия его взаимодействия с веществом мантии. Анализ этого материала посвящен настоящий обзор современного состояния проблемы.

Общая геодинамика недр планеты и роль глубинного флюида. Геодинамика недр планеты в связи с появлением современной теории тектоники литосферных плит за последние полвека получила мощное развитие. В основу теоретических представлений о процессах, происходящих в недрах Земли, были положены универсальные идеи термодинамики, теории систем и синэнергетики, что позволило создать принципиально новые модели развития планеты. Стало возможным рассматривать вместе, во взаимодействии, как крупнейшие мегасистемы, литосферу, мантию и ядро Земли. На этой основе стали разрабатываться теории тепло- и массопереноса внутри них и обмена энергией и веществом между ними.



Передача тепла в ядре и мантии осуществляется общим конвективным и локальным плюмовым способами, в литосфере – общим кондуктивным и локальным расплавно-флюидным. При этом во многих мегасистемах активно участвует флюид как носитель тепла и реакционно-обменных компонентов вещества. На разном уровне слоя «D» (пограничного для внешней части ядра и нижней мантии планеты) и астеносферы (под литосферой в верхней мантии) формируются и перераспределяются наиболее мощные потоки флюидов. Внешнее жидкое ядро является открытой неравновесной нелинейной динамической системой [1, 2], в которой выделение теплоты происходит за счет внутреннего трения в ходе вращения планеты.

По представлениям Ф. А. Летникова, роль флюидов в процессах формирования литосферы в целом является определяющей. Литосфера Земли сформировалась в результате глобальной дегазации планеты, в ходе проявления которой из ее недр в верхние горизонты литосферы и за ее пределы были вынесены огромные массы вещества [3]. Главными и наиболее масштабными флюидосодержащими системами, отчетливо фиксирующимися геофизическими методами, являются астеносфера и внешнее жидкое ядро Земли. Именно они генерируют самые мощные потоки флюидов, на базе которых развиваются все эндогенные системы в верхних горизонтах литосферы. Как считает этот исследователь, в глубинных процессах при температуре выше 400°C флюиды представлены газовыми смесями. Они сжимаемы и поэтому в глубинных условиях могут достигать высокой плотности и являться уникальным высокоэнергетичным теплоносителем. Знание термодинамики и флюидного режима эндогенных процессов предполагает возможность выявления энергетических характеристик флюидных систем, выступающих в роли теплоносителя. Произведенные расчеты позволили получить оценку энергетических параметров глубинного флюида континентальной и океанической литосферы [4]. Теплосодержание флюида определялось по вкладу отдельных газов, не взаимодействующих друг с другом, начиная от глубины 200 км и затем вверх по изотерме через интервалы, кратные 20 км, путем расчета величин относительного приращения энтальпии (в кДж/г). Ф. А. Летников получил распределение по относительной величине этого параметра для выбранных газов и выделил среди них три группы: высокоэнергетичные со вкладом от 5 до 26% (H_2 , C_2H_6 , CH_4 , NH_3 , HCl , CO), среднеэнергетичные с долей 3,0–4,1% (H_2O , Cl_2 , H_2S , N_2 , SO_2 , SO_3) и малоэнергетичные с долей 1,6–3,5% (CO_2 , HF , F_2 , O_2 , SiF_4 , SiCl_4). Основной вклад в тепловой баланс глубинного флюида как в океанической, так и в континентальной литосфере вносят первые шесть видов газа так называемые восстановленные (от 59 до 63,5%).

Таким образом, становится ясной роль этих газов, возможных компонентов глубинного флюи-

да как основных носителей его энергии. Среди них первое место занимает молекулярной водород, доля которого достигает 15–25% на разных глубинах в пределах верхних 200 км. Напротив, фугитивность кислорода с глубиной резко падает, что свидетельствует о переходе к восстановительным условиям среды. Этот вывод оказался основополагающим для дальнейшего развития представлений о глобальной роли теплопереноса с помощью восстановленного флюида из нижней мантии и жидкого ядра планеты [5]. Источником водорода может являться внешнее жидкое ядро металлического состава (сплав железа, никеля, близкий к метеоритному железу), в котором под сверхвысоким давлением в громадном количестве растворен атомарный водород. Образование гидридов металлов, и в первую очередь железа, представляется вполне вероятным и предполагалось многими современными исследователями, учитывающими роль общепланетарного процесса дегазации недр планеты. Известные данные о реологии внешнего ядра при необходимых на соответствующей глубине температурах и давлении этому не противоречат.

Ф. А. Летников [5] сделал вывод о неизбежном выделении теплоты за счет сил трения внутри вращающегося расслоенного жидкого ядра с разной относительной скоростью вращения и различной динамической вязкостью и предложил принципиально новую модель генерации в жидком ядре Земли тепловой энергии и ее носителя – сверхглубинного флюида. Генерация тепла и сверхглубинного флюида приводит к взрывам с выбросом плюмов и суперплюмов, внедряющихся в нижнюю мантию. Такие плюмы обладают высоким энергетическим потенциалом (давление флюида более 1300 кбар, температура выше 4000°C) и при своем восхождении как бы «прожигают» мантию, достигая уровня астеносферы и создавая очаговые зоны плавления в вышележащей литосфере.

Все отмеченное выше, с нашей точки зрения, не отменяет первенствующего значения основного процесса теплопереноса внутри планеты – конвекции, имеющей общепланетарное развитие и в целом сохраняющей стационарный характер. Появление плюмов и суперплюмов лишь дополняет картину, представляя собой нарушение стационарности процесса конвекции. Причина такой перемены для планетарной мегасистемы может заключаться в недостаточной способности конвектирующей мантии отводить генерируемое в жидком ядре тепло, что приводит к его накоплению и «мгновенному» взрывоподобному выбросу в мантию вместе с накопившейся в ядре газовой фазой. Существенно водородный состав этой фазы определяет первоначальный состав сверхглубинного флюида. Его взаимодействие с матрицей вещества мантии, по Ф. А. Летникову [5], должно приводить к сублимации ее компонентов в газовую фазу. При этом возможны и



чисто химические реакции водородного флюида с кислородсодержащим веществом силикатной мантии, что приведет к экзотермическим эффектам, сопровождающим появление воды. В результате водородный флюид превращается в пар (водно)-водородный, содержащий в газовой фазе растворенные летучие соединения многих компонентов вещества мантии. Рост содержания паров H_2O , особенно в головной части поднимающегося плюма, приводит в обстановке верхней мантии к созданию условий для плавления ее субстрата. В целом для верхней мантии такая обстановка реализуется на определенном уровне ее разреза, в частности в так называемой астеносфере, благодаря конвективному выносу тепла. Заметим также, что конвекция как механизм теплопереноса внутри мантии ответственна за происходящие в литосфере процессы эндогенной геодинамики. Вклад плюмов и суперплюмов, достигающих уровня астеносферы, может рассматриваться в первую очередь как энергетический. Он также велик, хотя и несоизмерим с процессами метасоматоза и плавления, вызываемыми конвективным выносом тепла на уровень астеносферы. Плюмы, благодаря процессам плавления, сфокусированным над их «головами», проявляются в литосфере и земной коре локально, как «горячие точки и пятна», фиксирующие на поверхности проявления глубинного магматизма.

Геофизические сведения о состоянии среды в литосфере. Наиболее важными для суждения о состоянии вещества литосферной части верхней мантии являются данные сейсмопрофилирования МОГТ и КМПВ, а также сейсмической томографии и глубинного электромагнитного зондирования. В отличие от земной коры, как показали исследования последних 15–20 лет, скорость сейсмических волн в верхней мантии мало зависит от ее состава. Наблюдаемое изменение скорости сейсмических волн определяется другими факторами, в первую очередь параметрами термодинамического режима, напряженным состоянием среды, изменчивостью этого состояния и механических свойств субстрата. В частности, они указывают на существование на определенном уровне областей разуплотнения – так называемых волноводов. Наиболее вероятным объяснением снижения скорости сейсмических колебаний в этих областях является соответствующее уменьшение плотности, связанное с появлением пор и их насыщенностью флюидом. Как известно, флюиды меняют свойства вещества [6, 7]; насыщение ими может приводить к более раннему частичному (парциальному) плавлению вещества. Как становится ясно теперь, миграция флюидов и их концентрация на определенном уровне в мантии способствуют развитию деформаций пластического течения и метасоматическим преобразованиям в породах мантии.

Предположения о флюидонасыщенных волноводах подкрепляются данными электромаг-

нитных исследований. В обобщенной глобальной модели литосферы континентов выделен слой повышенной проводимости на глубине около 100 км, т. е. на уровне сейсмического волновода [8]. Этот волновод представлен «пачкой» чередования зон с повышенной и пониженной сейсмической скоростью. Предполагается, что такие «расслоенные пачки» сформированы за счет повышенной концентрации флюида на некотором уровне глубин, где происходит разуплотнение пород и растет их проницаемость под действием поднимающегося потока тепла [9].

Для границ, представленных такими «пачками», оказалась характерной большая амплитуда многофазовых отраженных волн, что удалось объяснить, как и понижение скорости, повышенной концентрацией флюидов под малопроницаемыми высокоскоростными экранами («покрышками»). Такая природа выделенных мантийных границ предполагается и для большой глубины, вплоть до подошвы верхней мантии. При этом считается, что описанные сейсмические границы сформировались в области концентрации глубинных флюидов под малопроницаемыми «покрышками» [10].

Весьма важную информацию о процессах в мантии дало изучение вариаций времен пробега продольных сейсмических волн на ряде планетарных трасс, а также временных вариаций в распределении сейсмических событий в очаговых зонах сильнейших землетрясений. Выявлены колебательный характер изменения скоростей продольных волн и ритмичность глубокофокусных землетрясений с близкими значениями периодичности – порядка 6–7 и 9–11 лет для первых [11] и 7–9 и 12–14 лет для вторых [12]. По геологическим меркам эти времена отражают достаточно быстрые процессы. Динамика их проявления может свидетельствовать об активном участии в них потоков глубинного флюида.

В последние годы был получен большой объем данных о пространственно-временных вариациях поперечных волн в очаговых зонах сильнейших землетрясений в Центральной Азии [13–15]. Было показано существование узких субвертикальных каналов высокого поглощения S -волн (от нижней коры до глубины около 100 км) в очаговых зонах сильных землетрясений на Тянь-Шане и Кавказе. Весьма интересны временные вариации структуры поля поглощения S -волн в очаговых зонах, например данные для зоны Сусамырского землетрясения (Центральный Тянь-Шань, 1997 г.). Примерно за четыре года до землетрясения к югу от очаговой зоны сформировалась область очень высокого поглощения S -волн на глубине 45–180 км. В будущей очаговой области сильное поглощение S -волн наблюдалось на глубинах 40–125 км. В первые месяцы после землетрясения в области очаговой зоны получено промежуточное поглощение S -волн на глубине 20–200 км. Через семь лет поглощение S -волн существенно уменьшилось на глубинах 20–90 км,



но выросло на глубине 90–170 км. Было также показано, что в течение 25–30 лет после сильных землетрясений на Тянь-Шане резко уменьшается поглощение *S*-волн в верхней мантии и одновременно увеличивается поглощение в нижней коре. Авторами [13–15] был сделан вывод, что быстрые (в геологическом масштабе времени) вариации поля поглощения *S*-волн однозначно свидетельствуют о подъеме мантийных флюидов в земную кору.

Как считает И. Л. Гуфельд [Gufeld], «сейчас можно с уверенностью говорить, что основным переменным фактором, действующим в верхней мантии, являются восходящие потоки легких газов, прежде всего водорода. За вариации скоростей продольных волн могут быть ответственны изменения концентрации подвижной водородной подрешетки при сохранении устойчивости каркаса кристаллической структуры» [16, с. 427].

Что же создают эти потоки в среде верхней мантии, как они «работают»? Приходя из областей более высокого геостатического давления и распространяясь с помощью диффузии в межузловых пространствах кристаллической решетки, потоки «атомов внедрения» направленно (сфокусированно) воздействуют и занимают в ней максимально возможное при прочих равных условиях число позиций (вакансий). Одной из основных реакций среды верхней мантии на действие атомов внедрения и давления оказывается аморфизация структуры вещества [16]. Водород и гелий благодаря самым высоким коэффициентам диффузии являются наиболее сильными «аморфизаторами». В новых аморфных структурах координационные числа и межатомные расстояния, как минимум, в первой координационной сфере неодинаковы и беспорядочно распределены для разных атомов. Однако за счет компенсирующих процессов (деформационных в первую очередь, например трансляционных сдвигов кристаллической решетки и пр.) среда в макроскопическом плане становится уравновешенно-изотропной и насыщенной флюидом, занимающим свободный объем в аморфных структурах. Для аморфизованных структур модули сдвига и Юнга меньше на 30–50%, чем для кристаллических веществ. Значения коэффициента Пуассона почти одинаковы. Неупругость аморфных материалов довольно высокая, что связано с отсутствием регулярности в расположении атомов в структуре, поэтому растет роль пластических деформаций. При этом, как это ни парадоксально, происходит упрочнение материала [16]. Следовательно, при высоком давлении в верхней мантии аморфные структуры должны быть относительно устойчивы даже в граничных слоях. Аморфные структуры в геологической среде, как и известные металлические аморфизированные структуры, должны абсорбировать на 40–50% водорода больше, чем кристаллические материалы. В аморфизированных материалах коэффициент диффузии несколько выше, чем в

кристаллических структурах, и сильно зависит от концентрации водорода. С ростом концентрации водорода в аморфизированных структурах вначале идет заполнение позиций с наименьшей энергией. По мере заполнения глубоких потенциальных ям с увеличением концентрации водорода происходит существенное повышение эффективного коэффициента диффузии.

Выявленные в верхней мантии чередующиеся горизонтальные («слоистые») структуры с повышенной и пониженной скоростью сейсмических волн находят объяснение с этих позиций. Зонам пониженной скорости соответствуют области относительно высокой аморфизации вещества, зонам повышенной скорости – области с преобладанием кристаллической фазы. В существенно аморфизованной области накапливается флюид, затем происходит его сток в вышерасположенные аморфизованные структуры.

Экспериментальные данные. Лабораторное моделирование разрушения образцов при имплантации в них водорода и гелия подтвердило реальность предполагаемой деструкции среды [17]. За счет газовой фазы и взаимодействия водорода и гелия с твердой фазой, а также действия внешнего давления и температуры среда становится глубоко текстурированной и раздробленной. Как известно, общая трещиноватость и раздробленность свойственны породам земной коры вплоть до границы Мохо. Опытами установлено, что формирование трещиноватости связано с процессами образования газовых пор и их цепочек. При этом достигается такое давление газа в порах, которое вызывает образование трещин вокруг них. Общим следствием внедрения легких газов в различные материалы может быть создание внутреннего напряженного состояния, проявляющегося в эффектах ползучести и изменения объема (1–6%). Такие эффекты наблюдались при лабораторном моделировании, когда при насыщении гелием кристаллов оливина и пироксена в них создавались дефектные структуры и дислокационные структуры «струйного течения».

Таким образом, экспериментальные данные позволяют объяснить вариации объемно-напряженного состояния среды и ее деструкцию как результат реакции среды на воздействие восходящих потоков флюида. Эти вариации напряженного состояния среды, в том числе быстрые, фактически контролируются «газовым дыханием Земли», а не медленными тектоническими движениями [18], влияя, тем самым, на движение и фильтрацию флюидной фазы. За счет модуляции восходящих потоков легких газов и барьерного эффекта по глубине устанавливается динамическое чередование зон сжатия и растяжения. Эти напряжения должны сменять друг друга во времени, создавая в среде режим деформационной волны, распространяющейся в направлении флюидного потока.

Полевые петрологические и структурные наблюдения. Изучение текстур и структур



мантйных перидотитов офиолитовых массивов Омана [19], Джозефина в орегонских [20] и Мюррей Ридж в канадских Кордильерах [21], а также Войкаро-Сыннинского офиолитового массива на Полярном Урале [22] позволило выявить последовательность этапов развития деформаций общего пластического течения и последующих локальных сколово-сдвиговых деформаций вдоль сети возникающих трещин. На первом этапе господствовали пластические деформации и не возникало фиксированных открытых каналов проникновения магм или флюида. В ходе пластических деформаций дифференциальное перемещение вещества матрицы осуществлялось в субсолидусном твердопластичном состоянии путем трансляционного скольжения внутри кристаллической решетки оливина, при этом в макромасштабе возникали полосчатая текстура и подчиненные ей послонные дисгармонические складки течения. Следы ранних складчатых дислокаций сохранились не повсеместно, так как зачастую они «стерты» позднейшими деформациями. Тем не менее устанавливается, что оси минимального сжатия в полях развития складок, совпадающие с направлением пластического течения, были субгоризонтальными.

На втором этапе в мантйных перидотитах возникали новая полосчатость и крупные складки вязкопластического течения, ориентированные субвертикально, что вызвано поднятием мантйного вещества, возможно, находящегося в составе плюмов. Эти складки прослеживаются благодаря полосчатым текстурам и данным микроструктурного анализа линейно-плоскостных элементов в перидотитах и дунитах. Статистически преобладающие ориентировки кристаллов оливина обусловлены главным образом трансляционным скольжением дислокаций в кристаллических решетках и динамической рекристаллизацией. Показано, что и гарцбургиты, и дуниты испытали общие «проникающие» (penetrative) деформации [22]. Эти деформации фиксируются на микроструктурных диаграммах по максимумам сосредоточения ориентировок оптических осей Ng оливина, особенно четким в дунитах. На этом основании предположено, что текстуры пластического течения гарцбургитов и сетка сколовых трещин формировались в единой деформационной системе. Однако говорить о синхронности тех и других деформаций затруднительно, и скорее всего, сколовые деформации являются более поздними, локализуясь в замках и вдоль шарниров складок пластического течения. Оси минимального сжатия при формировании таких складок были субвертикальными (на это указывают и крутые углы наклона линейности, маркирующей направление пластического течения). По другому выглядит ориентировка главных осей напряжения на диаграммах для сколовых трещин и дунитовых тел: оси минимального и максимального сжатия расположены субгоризонтально. Это несоответ-

ствие полей напряжений позволяет предполагать развитие сколово-сдвиговых деформаций как более поздних и наложенных на пластические деформации.

Зоны наибольших градиентов напряжений локализовались вдоль осевых плоскостей складок, что приводило к появлению сдвигово-сколовых деформаций в виде системы трещин и развитию катакластических структур в гарцбургитах. Быстрая разрядка напряжений обуславливала образование ослабленных зон с повышенной проницаемостью для глубинного флюида. Вдоль плоскостей сдвига в зонах повышенной трещиноватости и проницаемости под действием флюида формировались синтетектонические тела дунитов, реститовая природа которых очевидна. На определенном уровне в верхней мантии миграция флюида приобретала сфокусированный характер, обусловленный градиентом давления в поровой среде недеформированных гарцбургитов (где возможна лишь диффузия), а также и в зонах повышенной трещиноватости и инфильтрации флюида вдоль границ катакластических зерен в деформированных гарцбургитах.

Фрагменты жил и даек дунитов интерпретируются как реликты каналов движения расплавов сквозь мантйные гарцбургиты [20–22]. Однако следов какого-либо взаимодействия вдоль каналов движения расплавов нигде не было установлено. Отсюда сделан вывод, что это может быть лишь в случае изолированности каналов, по которым поступали расплавы, от вещества мантии [23]. Согласно принятым представлениям, подъем магм в литосферной верхней мантии осуществляется по каналам, химически изолированным от вещества окружающей гарцбургитовой мантии. Считается, что расплавы, образовавшиеся в равновесии с перидотитами мантии при высоком давлении (на глубинах более 30 км), при более низком давлении насыщены только в отношении оливина и хромшпинелида и сильно недосыщены в отношении ортопироксена и, следовательно, должны вступать в реакцию с гарцбургитами, чтобы система пришла к новому равновесию. Эти представления поддерживаются большинством петрологов, исходящих из признания определяющей роли магм и магматических процессов в верхней мантии, в том числе и отечественными [22]. Образование и действие в мантии таких «химически изолированных» каналов объясняется быстрым поступлением магмы по открытым трещинам, появившимся под гидравлическим воздействием, и медленным подъемом расплавов, происходящим при поровом течении по «дунитовым каналам с высокой пористостью» [23, с. 25].

С нашей точки зрения, второй механизм более приемлем, так как соответствует наблюдаемым соотношениям. По-существу, это механизм метасоматоза, осуществляемого при диффузионно-инфильтрационном движении флюида. Получается странное несоответствие: на месте продвижения



магмы (предположительно дунитовой, что требует доказательств) вместо ожидаемых габброидов и их производных находятся исключительно дунитовые тела, а также связанные с ними жильные тела диопсидитов и других пироксенитов. Этот парадокс снимается, если принять, что ослабленные среди гарцбургитов трещинные структуры служили каналами не для магматических расплавов, а для глубинных флюидов. Главным процессом, преобразующим породы верхней мантии, является метасоматоз.

Итак, мы получаем основание для предположения, что ведущую роль в процессах петрогенезиса в верхней мантии играют глубинные флюиды. Возможно, расплавы, возникающие в астеносфере при парциальном плавлении вещества мантии, обладают свойствами флюида и на первых порах своего существования выступают как активные агенты метасоматоза при взаимодействии с мантийными перидотитами. Недаром многие исследователи петрологии мантийных пород идентифицируют эти агенты как «растворы-расплавы» или «расплавы-флюиды». В частности, [20] предполагали, что формирование дунитов вдоль ослабленных сдвиговых зон (*shear zones*) происходило благодаря фокусированной миграции расплава (обусловленной градиентом давления между материалом мантии внутри и вне этих зон) и быстрой его инфильтрации вдоль границ зерен в тектоните самой зоны. В деплетирован-

ных гарцбургитах хр. Мюррей Ридж в Канадских Кордильерах сохранились следы неоднократного синкинематического прохождения (воздействия) «раствора-расплава» сквозь реститы вдоль сети ослабленных зон, где дунитовые тела заместили гарцбургиты [21]. Важно отметить, что в пределах этих зон гарцбургиты в большинстве изученных примеров были превращены в тектониты с бластокатакластической и бластомилонитовой структурой, в некоторых случаях замаскированной более грубозернистой гранобластовой структурой.

Ксенолиты деформированных мантийных пород в кимберлитах. Другим объектом изучения являются ксенолиты мантийных пород в кимберлитах, причем особый интерес представляют так называемые деформированные перидотиты, обычно наиболее многочисленные и широко распространенные в разных регионах мира. Вероятно, эти породы представляют собой наиболее глубинное мантийное вещество, которое выносятся на поверхность кимберлитовыми расплавами [24, 25]. Установленные существенные вариации глубины залегания позволяют предполагать достаточно широкое их распространение в верхней мантии. Деформированные гранатовые перидотиты являются довольно распространенными ксенолитами среди неизменных кимберлитов трубки Удачная-Восточная (Якутия), где составляя не менее 30% от общего числа мантийных пород (рис. 1).

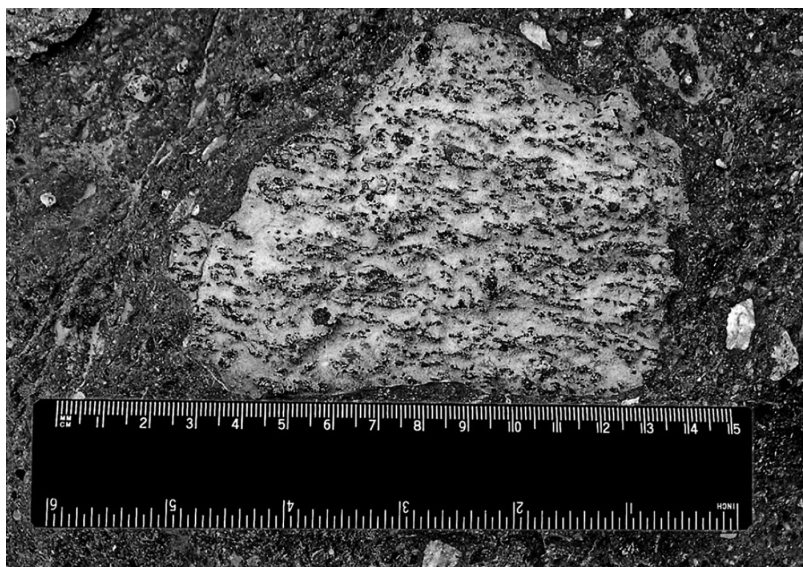


Рис. 1. Ксенолит деформированного лерцолита в неизменном кимберлите трубки Удачная-Восточная [26]

Для ксенолитов из трубки Удачная-Восточная интервал глубины определен в границах 170–220 км. Температура и давление последнего равновесия деформированных лерцолитов составляют 1225–1370° С и 60–73 кбар соответственно. *PT*-параметры, рассчитанные с использованием геобарометра MacGregor и геотермометра

Finnerty-Boyd, варьируют в пределах: $P = 61.5\text{--}70.5$ кбар и $T = 1225\text{--}1370^\circ\text{C}$ [26].

Петрографическое изучение деформированных гранатовых лерцолитов из трубки Удачная-Восточная показало, что эти породы имеют порфинокластическую и мозаично-порфинокластическую структуры (рис. 2). Порфинокласты



принадлежат оливину, орто- и клинопироксену, а также гранату. Порфирикласты оливина составляют в порфирикластических лерцолитах более 10% (в 8 образцах), а в мозаично-порфирикластических разностях (в 14 образцах) – менее 10% от всего оливина. По существу, деформированные гранатовые лерцолиты представляют собой в той или иной степени катаклизированные породы и настоящие катаклазиты. Характерно появление трещин дробления в порфирикластах. Катакластический матрикс этих пород состоит из агрегата мелких и мельчайших зерен (от 0,2 до 0,01 мм) оливина и, возможно, других первичных минералов. В него погружены порфирикласты оливина, орто- и клинопироксена, граната. В некоторых образцах и шлифах заметна преобладающая ориентированность отдельных

порфирикласт и их групп в одном направлении. Доля катакластического матрикса составляет примерно от четверти до половины объема породы. Интересно, что в некоторых образцах вдоль трещинок в порфирикластах и катакластическом матриксе отчетливо наблюдается сульфидная минерализация (см. рис. 2, а).

Материалы, касающиеся первичного состава глубинных (мантийных) флюидов, достаточно разнородны и в целом малочисленны. В первую очередь они могут быть получены при анализе некоторых минералов ультраосновных и щелочных пород, мантийное происхождение которых представляется несомненным. Это ксенолиты мантийных пород в кимберлитах, а также щелочно-ультраосновные и карбонатитовые породы сложных магматических комплексов. В составе

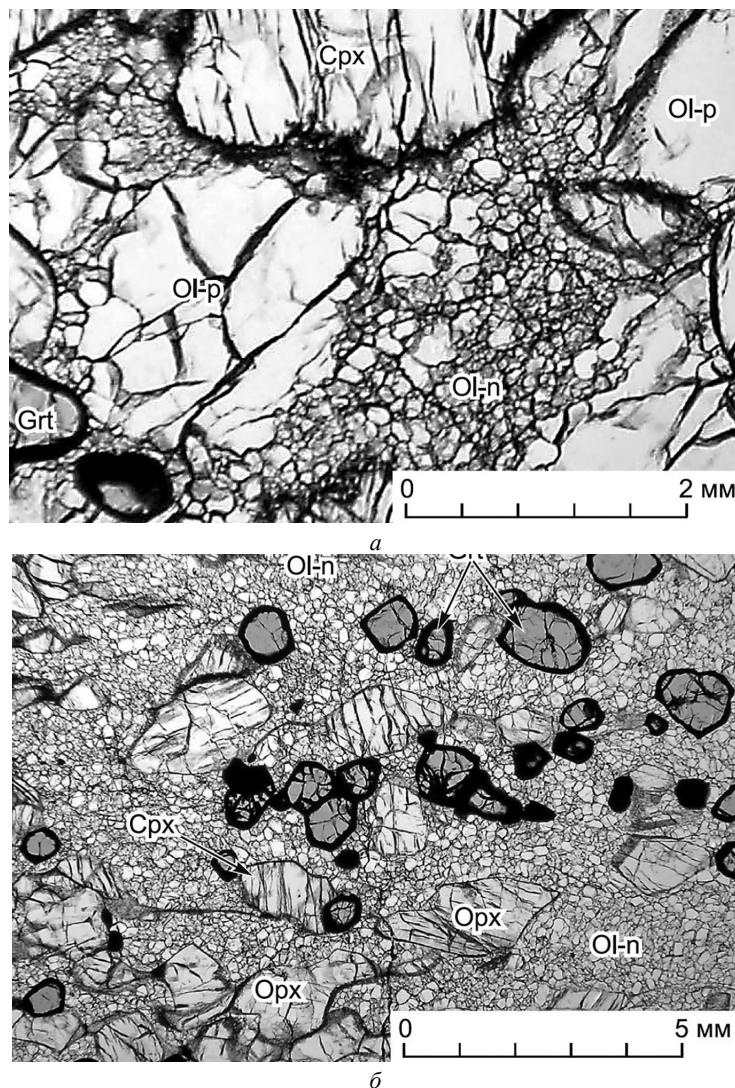


Рис. 2. Лерцолит с порфирикластической структурой, демонстрирующей взаимоотношения двух типов породообразующего оливина: а – крупные ксеноморфные выделения – порфирикласты и мелкие полигональные зерна – необласты катакластического матрикса; тр. Удачная-Восточная, обр. UV-6/05; б – лерцолит с мозаично-порфирикластической структурой; тр. Удачная-Восточная, обр. UV-34/03. Фото в проходящем свете [26]



этих пород и минералов обнаружено присутствие CO_2 , OH и H_2O , H_2S , N , Cl , F , B , P , а также щелочных элементов K и Na . Эти элементы и их соединения считаются компонентами, входящими в состав глубинных флюидов.

В мантийных ксенолитах к числу минералов-индикаторов глубинных флюидов могут быть отнесены: силикаты – флогопит $\text{KMg}_3[\text{Si}_3\text{AlO}_{10}](\text{F},\text{OH})_2$, гумит $\text{Mg}_7[\text{SiO}_4]_3(\text{F},\text{OH})_2$; фосфаты – апатит $\text{Ca}_5[\text{PO}_4]_3(\text{F},\text{OH})_2$; сульфиды – пирротин Fe_9S_{11} , пентландит $\text{Fe}_4\text{Ni}_4(\text{Co},\text{Ni},\text{Fe})_{0-1}\text{S}_8$, расвумит KFe_2S_3 и джерфшерит $\text{K}_6\text{Na}(\text{Fe},\text{Ni},\text{Cu})_{24}\text{S}_{26}\text{Cl}$; карбонаты – кальцит CaCO_3 , доломит $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$, шортит $\text{Na}_2\text{Ca}_2(\text{CO}_3)_3$ и земкорит $\text{Na}_2\text{Ca}(\text{CO}_3)_2$; хлориды – галит NaCl и сильвин KCl ; сульфаты – афтиталит $\text{K}_3\text{Na}(\text{SO}_4)_2$ [26].

Из сульфидов особенно интересен джерфшерит – весьма распространенный аксессуарный минерал в ксенолитах гранатовых лерцолитов из кимберлитов, – а также обычный минерал щелочно-ультраосновных и карбонатитовых пород сложных магматических комплексов. В мантийных ксенолитах и ксенокристаллах образование джерфшерита в основном связывается с замещением и обрастанием первичных Fe-Ni-Cu -сульфидов в результате воздействия обогащенного калием и хлором гипотетического расплава-флюида. Однако состав и источник этого расплава-флюида, а также время и P - T -параметры его взаимодействия с мантийными породами не определены. О возможности существования в мантийных условиях таких расплавов-флюидов свидетельствуют известные находки микровключений в алмазах со значительным содержанием щелочей и хлора [27].

Присутствие джерфшерита было установлено во многих кимберлитовых трубках Якутии – от трубки Мир на юге (на правом берегу р. Виллой) до Куойкского поля на севере (в нижнем течении р. Оленёк). В последние годы появились новые важные данные, уточняющие условия, время и место появления этого минерала в верхней мантии. Эти данные получены при детальном изучении выделений джерфшерита в образцах гранатовых деформированных перидотитов, отобранных из глубинных мантийных ксенолитов среди кимберлитов трубки Удачная-Восточная в Якутии [26]. В отличие от большинства кимберлитов мира изученные породы практически не затронуты постмагматическими изменениями. В матриксе пород присутствуют щелочные карбонаты, сульфаты и хлориды, что обуславливает главную химическую особенность неизмененных кимберлитов – высокое содержание щелочей $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ (до 8 мас. %) и Cl (до 6 мас. %). Другой отличительной чертой этих кимберлитов является низкое содержание H_2O (< 0.5 мас. %).

Результаты исследования [26] указывают на генетическую связь джерфшерита из ксенолитов с глубинным флюидом. Образование джерфшерита как в ксенолитах деформированных перидотитов из трубки Удачная-Восточная, так

и в разных ксенолитах из других кимберлитовых трубок связано со взаимодействием вещества этих ксенолитов и флюида. Кристаллизация джерфшерита в виде отдельных зерен в интерстициях ксенолитов и в «расплавных» включениях происходила непосредственно из взаимодействовавшего с ксенолитами раствора; джерфшерит, окаймляющий первичные Fe-Ni-Cu – сульфиды, образовался за счет их замещения в результате реакции с этим же раствором.

Очевидно, что катаклазиты и их катакластический матрикс возникли в гранатовых лерцолитах верхней мантии еще до их попадания в кимберлитовые брекции. Сульфидная минерализация в них появилась на заключительной стадии катаклаза, когда сложились условия для продвижения глубинного флюида и его накопления в мантии на этом уровне. Мы предполагаем, что сам процесс катаклаза и разуплотнения пород верхней мантии вызван нарастающим динамическим воздействием глубинного флюида, накапливающегося на этом уровне. Отмечаемая в ксенолитах катаклазированных лерцолитов сульфидная и сопровождающая ее минерализация отражает в какой-то мере состав данного флюида.

Обсуждение. Реальность существования глубинного (мантийного) флюида вряд ли можно теперь подвергнуть сомнению. Его участие в эндогенных процессах внутри земной коры – магматизме и метаморфизме – так же несомненно. Однако геодинамическая роль глубинного флюида окончательно еще не выяснена. В частности, мы не знаем, насколько активно его воздействие при передаче не только тепла, но и давления. С этой точки зрения чрезвычайно важно обратить внимание на деформации глубинных пород мантийного происхождения и среди них – на самые ранние, свидетельствующие о пластических и катакластических явлениях в породах мантии. Реликты деформационных структур такого рода обнаруживаются в аллохтонных массивах офиолитовой габбро-дунит-перидотитовой формации, выдвинутых с подкорových глубин в пределы складчатых поясов. При этом важно определить генетические признаки таких структур и текстур, сформулировать критерии синтетектоничности процесса их формирования, а также выявить связь развития деформаций с появлением динамически активного флюида. Данные полевых петрологических и структурных исследований соответствуют, скорее, известным представлениям о метасоматозе под влиянием глубинного флюида, экстрагирующего ряд более подвижных компонентов из состава мантийных перидотитов (лерцолитов).

Структурное соотношение мантийных перидотитов с более поздними дунитами и пироксенитами обычно рассматривалось в рамках представлений об их магматическом происхождении как результате магматических явлений [22 и др.]. Однако эти взаимоотношения с меньшей очевидностью могут свидетельствовать об их



возникновении при процессах глубинного метасоматоза. По данным детального картирования видно, что «по мере возрастания мощности и густоты жил дунитов гарцбургиты расчленяются на все менее мелкие блоки, вначале угловатые, а затем с извилистыми фестончатыми очертаниями. «Блоки-ксенолиты» сохраняют ориентировку полосчатости гарцбургитов. Контакты дунитов и перидотитов четкие, при этом отдельные кристаллы энстатита «плавают» в дуните вблизи контакта, а оливин образует «затеки» в перидотите. Вдоль контактов маломощных дунитовых «жил» прослеживаются односторонние или симметричные каймы крупных зерен диопсида. Тонкие оливковые (дунитовые) жилки нередко сменяются по простиранию диопсидовыми жилками. Выделения хромшпинелидов наблюдаются в дунитах в виде сегрегаций и цепочек зерен вдоль контактов с вмещающими перидотитами. В ряде случаев в дунитовых телах, круто секущих кристаллизационную полосчатость перидотитов, «сохраняется ориентировка хромшпинелидов, наследующая эту полосчатость (поперек контактов жил)» [22, с. 33].

Для нашего исследования весьма важно, что отмечаемые [22] в мантийных перидотитах наиболее ранние полосчатые текстуры фиксируют деформации послонного пластического течения кристаллического материала в субсолидусных условиях. Считается, что выявленные при петроструктурном анализе преобладающие оптические ориентировки кристаллов оливина в гарцбургитах обусловлены механизмами внутрикристаллических дислокаций, в первую очередь путем трансляционного скольжения кристаллической решетки с вероятным участием диффузионной ползучести. Однако в сухих условиях без участия флюида скорость деформации, судя по данным экспериментов, оказывается весьма низкой. Следовательно, такие деформации, скорее, осуществимы в присутствии флюида.

Существенно также, что температура формирования неоматта энстатита и диопсида в катаклазированных гарцбургитах была определена в интервале 980–850° С [28]. Эти данные подтверждают возможность проявления деформаций в верхней мантии в субсолидусных условиях до глубины порядка 30–120 км и никоим образом не согласуются с представлениями о непосредственном участии магмы в процессе их формирования. Поэтому необходимо учитывать роль глубинного флюида в процессах дифференциации вещества и его структурных преобразований в твердо-пластичной мантии, и не только в качестве какого-то «облегчающего» данные процессы условия, но и как одного из важнейших активных факторов, определяющих указанные процессы как метасоматические. Таким образом, появление среди гарцбургитов дунитовых тел сложной конфигурации («даек», «каналов», по терминологии приверженцев магматического происхождения дунитов) следует рассматривать как результат вы-

сокотемпературного метасоматоза гарцбургитов в условиях пластического течения и сменяющих их сколовых деформаций под действием высоконапорного глубинного флюида.

Заключение. Формирование катаклазированных перидотитов (лерцолитов) и появление сульфидно-хлоридной минерализации может быть связано с активностью глубинного флюида в верхней мантии, где в кровле астеносферы создаются критические условия насыщения флюидом среды и ее разуплотнения. Этот глубинный флюид оказывал также и метасоматическое воздействие на минералы мантии, способствуя их рекристаллизации и образованию новых минеральных фаз и их ассоциаций (галоидно-сульфидных и пр.). Проявление этого взаимодействия широко распространено в мантийных ксенолитах кимберлитов. Это свидетельствует о том, что глубинный флюид взаимодействовал с мантийным веществом в сходных термодинамических условиях и, возможно, имел однотипный состав активных компонентов.

В составе глубинного флюида доказано присутствие CO_2 , OH и H_2O , H_2S , N , Cl , F , B , P , а также нередко ассоциированных с ними K и Na . Главными первичными компонентами являются H_2 , He , CH_4 , C_2H_6 , NH_3 , HCl , H_2S . На верхнем уровне литосферы, особенно в земной коре, в результате взаимодействия с кислородонасыщенными породами к ним присоединяются и выходят на первый план CO_2 , OH и H_2O , а также химически ассоциированные с ними щелочные металлы. При сохранении восстановительных условий среды и определенных ее PT -параметрах стабильно существуют нефидно-гидротермальные системы с ведущими компонентами CH_4 , C_2H_6 , H_2S и H_2O .

Активность глубинного флюида, кроме всего прочего, проявляется в создании зон локального сверхдавления, что приводит к перестройке структурно-текстурного порядка среды и ее приспособлению к присутствию флюида («флюидизации», деструкции и разуплотнению). Напряжения, создаваемые накапливающимся на этом уровне флюидом, могли приводить к широкому проявлению пластических деформаций и катаклазу кристаллических агрегатов в породах мантии. Иными словами, сам глубинный флюид, благодаря своей энергии (тепловой и динамической), мог прокладывать путь для продвижения, создавая зоны катаклаза и разуплотнения субстрата мантии. Таким образом, в результате воздействия флюида в мантии развиваются полосчатые катаклазиты и катаклазированные перидотиты со следами пластических деформаций.

Библиографический список

1. Авсюк Ю. Н. Приливные силы и природные процессы. М.: ОИФЗ РАН, 1996. 188 с.
2. Адушкин В. В., Ан В. А., Овчинников В. М. Структурные особенности внутреннего строения Земли // Физика Земли. 2000. № 12. С. 2–7.



3. Летников Ф. А. Синергетические аспекты проблемы образования глубинной нефти // Глубинная нефть. 2013. Т. 1, № 6. С. 790–810.
4. Летников Ф. А., Дорогокупец П. И., Лашкевич В. В. Энергетические параметры флюидных систем континентальной и океанической литосферы // Петрология. 1994. Т. 2, № 6. С. 363–369.
5. Летников Ф. А. Сверхглубинные флюидные системы Земли и проблемы рудогенеза // Геология рудных месторождений. 2001. Т. 43, № 4. С. 291–307.
6. Лебедев Е. Б., Кадик А. А., Зебарин А. М., Дорман А. М. Экспериментальное изучение влияния воды на скорости упругих волн глубинных пород // Докл. АН СССР. 1989. Т. 309, № 5. С. 1090–1093.
7. Kern, H. M. Physical properties of crustal and upper mantle rocks with regards to lithosphere dynamics and high pressure mineralogy // Physics of the Earth and Planetary Interiors. 1993. Vol. 79. P. 113–136.
8. Jones A. G., Ledo J., Ferguson I. J., Farquharson C., Garcia X., Grant N., McNeice G., Roberts B., Spratt J., Wennberg G., Wolynec L., Wu Z. The electrical resistivity structure of Archean to Tertiary lithosphere along 3200 km of SNORCLE profiles, Northern Canada // Can. J. Earth. Sci. 2005. Vol. 42. P. 1257–1275.
9. Павленкова Н. И. Коровые и мантийные волноводы как возможные области генерации и миграции глубинной нефти // 2-е Кудрявцевские чтения – Всерос. конф. по глубинному генезису нефти и газа. М. : ЦГЭ, 2013. С. 141–145.
10. Павленкова Н. И. Пути миграции глубинных флюидов в земной коре и верхней мантии // 5-е Кудрявцевские чтения – Всерос. конф. по глубинному генезису нефти и газа. М. : ЦГЭ, 2016. С. 157–164.
11. Adushkin V. V., An V. A., Kaazik P. B., Ovchinnikov V. M. Dynamic processes within the Earth's internal geospheres: Evidence from the seismic wave travel time data // Doklady Earth Sciences. 2001. Vol. 381 (9). P. 1119–1121.
12. Поликарпова Л. А., Белавина Ю. Ф., Малиновский А. А., Поликарпов А. М. Временные закономерности распределения глубинных землетрясений земного шара за период 1963–1979 гг. // Физика Земли. 1995. № 2. С. 28–39.
13. Копничев Ю. Ф., Соколова И. Н. О геодинамических процессах, связанных с парами сильных землетрясений в Центральной и Южной Азии // Прогноз землетрясений и глубинная геодинамика. Алматы : Издательство НЦ Сатпаев, 1997. С. 83–91.
14. Kopychev Yu. F., Sokolova I. N. Spatiotemporal variations of the Swave attenuation field in the source zones of large earthquakes in the Tian Shan // Izvestiya, Physics of the Solid Earth. 2003. Vol. 39 (7). P. 568–579.
15. Kopychev Yu. F., Sokolova I. N. Annular seismicity structures and the March 11, 2011, Earthquake (Mw=9.0) in Northeast Japan // Doklady Earth Sciences. 2011. Vol. 440 (1). P. 1324–1328.
16. Gufeld I. L. Geological consequences of amorphization of the lithosphere and upper mantle structures caused by hydrogen degassing // Geodynamics & Tectonophysics. 2012. Vol. 3(4). P. 417–435.
17. Gufeld I. L., Matveeva M. I., Novoselov O. N. Why we cannot predict strong earthquakes in the Earth's crust // Geodynamics & Tectonophysics. 2011. Vol. 2 (4). P. 378–415.
18. Гуфельд И. Л. Сейсмический процесс // Физико-химические аспекты. Королев : ЦНИИМАШ, 2007. С. 15–65.
19. Nicolas A. Structures of ophiolites and dynamics of oceanic lithosphere. Kluwer Academic Publishers, Norwell. Mass., 1989. 367 p.
20. Kelemen P. B., Dick H. J. D. Focused melt flow and localized deformation in the upper mantle : juxtaposition of replacive dunite and ductile shear zones in Josephine peridotite, SW Oregon // J. Geophys. Res. 1995. Vol. 100, № B1. P. 475–496.
21. Tommasi A., Vauchez A., Godard M., Belley F. Deformation and melt transport in a highly depleted peridotite massif from Canadian Cordillera : implications to seismic anisotropy above subduction zones // Earth Planet. Sci. Lett. 2006. Vol. 252. P. 245–259.
22. Савельева Г. Н., Соболев А. В., Батанова В. Г., Сузлов П. В., Брюгманн Г. Структура каналов течения расплавов в мантии // Геотектоника. 2008. № 6. С. 25–45.
23. Kelemen P. B., Shimazu N. and Salters V. J. M. Extraction of Mid-Ocean-Ridge basalt from the upwelling mantle by focused flow of melt in dunite channels // Nature. 1995. Vol. 375. P. 747–753.
24. Соболев А. В., Похиленко Н. П. Ксенолиты катаклазированных перидотитов в кимберлитах Далдыно-Алакаитского района Якутии // Глубинные ксенолиты и верхняя мантия. Новосибирск : Наука. Новосиб. отд-ние, 1975. С. 48–55.
25. Агашев А. М., Похиленко Н. П., Черепанова Ю. В., Головин А. В. Геохимическая эволюция пород основания литосферной мантии по результатам изучения ксенолитов деформированных перидотитов из кимберлитовой трубки Удачная // Докл. РАН. 2010. Т. 432, № 4. С. 510–513.
26. Шарыгин И. С., Головин А. В., Похиленко Н. П. Джерфишерит в ксенолитах деформированных перидотитов трубки Удачная-Восточная (Якутия) : проблемы происхождения и связь с кимберлитовым магматизмом // Геология и геофизика. 2012. Т. 53, № 3. С. 321–340.
27. Зедгенезов Д. А., Рагозин А. Л., Шацкий В. С. Хлоридно-карбонатный флюид в алмазах из ксенолита экологита // Докл. РАН. 2007. Т. 415, № 6. С. 800–803.
28. Савельева Г. Н. Габбро-ультрабазитовые комплексы офиолитов Урала и их аналоги в современной океанической коре. М. : Наука, 1987. 243 с.

Образец для цитирования:

Рихтер Я. А. Глубинный флюид и процессы деструкции и флюидизации среды в литосферной мантии // Изв. Саратов. ун-та. Нов. сер. Сер. Науки о Земле. 2019. Т. 19, вып. 3. С. 196–205. DOI: <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2019-19-3-196-205>

Cite this article as:

Richter Ya. A. Deep Fluid and Processes of Destruction and Fluidization in the Lithospheric Mantle. *Izv. Saratov Univ. (N. S.), Ser. Earth Sciences*, 2019, vol. 19, iss. 3, pp. 196–205 (in Russian). DOI: <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2019-19-3-196-205>



УДК 550.2:551.763.3:550.384

Циклостратиграфический анализ петромагнитных данных по маастрихту долины р. Бодрак (Юго-Западный Крым)

А. М. Суринский, А. Ю. Гужиков

Суринский Арсений Михайлович, кандидат геолого-минералогических наук, ассистент, Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского, arsur91@yandex.ru

Гужиков Андрей Юрьевич, доктор геолого-минералогических наук, профессор, Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского, aguzhikov@yandex.ru

Проведено измерение удельной магнитной восприимчивости у 2232 образцов, отобранных в разрезах маастрихта Чахамалы и Такма (Юго-Западный Крым, долина р. Бодрак) через каждые 20 см мощности. Путем Фурье-преобразования и вейвлет-анализа вертикальных последовательностей петромагнитных данных выявлены циклы, предположительно соответствующие периодам большого и малого эксцентриситетов земной орбиты, и изменение угла наклона земной оси относительно эклиптики. Рассчитана средняя скорость формирования изученных отложений – 11.7 см/тыс. лет.

Ключевые слова: верхний мел, маастрихт, циклостратиграфия, петромагнетизм, магнитная восприимчивость, циклы Миланковича, Фурье-преобразование, вейвлет-анализ, Крым.

Cyclostratigraphic Analysis of the Rock Magnetic Data on Maastrichtian of the Bodrak River (SW Crimea)

A. M. Surinskiy, A. Yu. Guzhikov

Arseniy M. Surinskiy, <https://orcid.org/0000-0003-4892-3392>, Saratov State University, 83 Astrakhanskaya St., Saratov 410012, Russia, arsur91@yandex.ru

Andrey Yu. Guzhikov, <https://orcid.org/0000-0002-0579-3981>, Saratov State University, 83 Astrakhanskaya St., Saratov 410012, Russia, aguzhikov@yandex.ru

Measurements of mass magnetic susceptibility of 2 232 samples, collected in Takma and Chakhmakhly sections (SW Crimea, Bodrak river) through every 20 cm of thickness were conducted. The cycles, supposedly corresponding to the periods of long and short eccentricities of Earth orbit and its axis obliquity were detected by Fourier transform and wavelet analysis of obtained data. The average sedimentation rate (11.7 cm/kyr) was calculated.

Key words: Upper Cretaceous, Maastrichtian, cyclostratigraphy, rock magnetism, magnetic susceptibility, Milankovitch cycles, Fourier transform, wavelet analysis, Crimea.

DOI: <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2019-19-3-206-211>

Введение

В 2016–2018 гг. проведено детальное петромагнитное изучение двух разрезов маастрихта



Юго-Западного Крыма – Чахамалы и Такма – с целью выявления в стратиграфической летописи астрономических циклов известной длительности. Оба разреза расположены в пределах Внутренней (Второй) гряды Крымских гор в долине р. Бодрак на территории Бахчисарайского района (рис. 1).

Разрез Чахамалы (обнажение 3111: 4°46'58" с.ш., 33°57'52.3" в.д.) находится близ с. Трудолюбовка, сложен белыми мелоподобными мергелями в нижней части и светло-серыми слабоалевритистыми мергелями – в верхней. Подробное литологическое описание разреза и обоснование возраста пород опубликовано ранее А. С. Алексеевым (Alekseev) и Л. Ф. Копачевич (Kopaevich) [1].

Разрез Такма (обнажение 3110: 44°48'21" с.ш., 34°00'03" в.д.) находится у с. Скалистое Бахчисарайского района примерно в 4 км к северо-востоку от разреза Чахамалы. Оба разреза очень схожи в литологическом отношении. Детальное описание разреза Такма приведено в работе Б. И. Сизанова, А. В. Рудаковой, Р. Р. Габдуллина [2].

Магнитостратиграфическое изучение этих разрезов ранее было проведено А. А. Гужиковой [3]. В процессе палеомагнитных исследований проводилось также измерения магнитной восприимчивости, которое, однако, оказалось нерепрезентативным с точки зрения циклостратиграфического анализа данных. Поэтому в 2016–2017 гг. в разрезах Чахамалы и Такма был проведен повторный, более детальный отбор неориентированных образцов, предназначенных для измерения только магнитной восприимчивости.

Методика работ

В основе циклостратиграфических исследований лежит принцип, подразумевающий наличие связи между процессами осадконакопления и вариациями орбитальных параметров Земли, известных как циклы Миланковича [4]. Наличие подобной связи определяется климатическими изменениями, которые, будучи обусловленными перераспределением инсоляции вследствие астрономических факторов, влияют на характер седиментации.

Использование петромагнитных данных как индикаторов циклов Миланковича популярно при анализе разрезов осадочных толщ благодаря оптимальному сочетанию их высокой геологической информативности с экспрессностью определе-

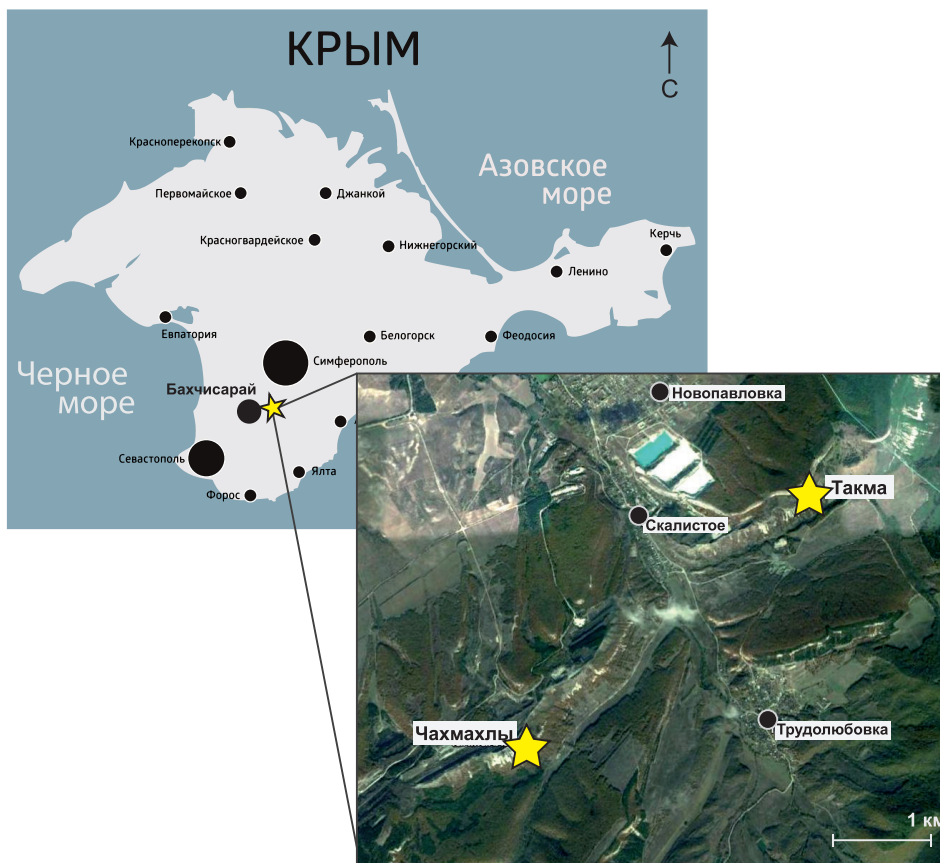


Рис. 1. Схема расположения изученных разрезов маастрихта (разрезы обозначены звездочками)

ний [5, 6]. Магнитная восприимчивость (K) – величина, пропорциональная концентрации пара- и ферромагнитных минералов в породе. Как было установлено ранее [3], в карбонатных отложениях, слагающих разрезы Чухмахлы и Такма, значения K определяются в основном концентрацией ферромагнитного материала пелитовой размерности космогенного генезиса. Петромагнитные вариации по разрезам связаны с изменением активности аллотигенного привноса и/или разной степенью разубоживания метеоритной пыли в карбонатной матрице за счет колебаний скорости образования кальцита [7]. Алевритистость мергелей указывает на наличие расположенной неподалеку суши, поэтому в данном случае при циклостратиграфической интерпретации данных за основу принята модель, в которой вариации магнитной восприимчивости обусловлены главным образом изменениями интенсивности терригенного привноса вследствие колебаний уровня моря.

Нами измерена удельная магнитная восприимчивость у 2232 образцов, равномерно взятых с 457 и 287 уровня в разрезах Чухмахлы и Такма соответственно через каждые 20 см мощности. С каждого уровня было взято по три образца весом 6–12 г, по которым рассчитаны средние значения магнитной восприимчивости (K_{cp}). Измерение K проводилось на каппабридже МФК-1В, а взвешивание образцов – на электронных весах ВК-300.

Фурье-преобразованию и вейвлет-анализу были подвергнуты сглаженные вертикальные последовательности значений K_{cp} . Сглаживание путем осреднения в скользящем окне (размером от 40 до 120 см), перемещаемом по разрезу с шагом 20 см, проводилось с целью подавления шумов – единичных выбросов и нерегулярных высокочастотных колебаний. Оптимальным с точки зрения качества результатов спектрального анализа оказался размер окна 80 см. Перерывы в осадконакоплении произвольной длительности не сказываются существенно на спектральной характеристике ряда, если число гиаусов гораздо меньше количества циклов [6].

С учетом возможной разницы в темпах формирования отложений спектральный анализ проводился как по разрезам в целом, так и по разным их частям. В общей сложности были испробованы десятки вариантов разбиения сводной кривой K_{cp} по разрезу на интервалы, которые по отдельности подвергались Фурье-преобразованию и вейвлет-анализу. Для циклостратиграфической интерпретации использовались спектрограммы и вейвлет-диаграммы лучшего качества, но только в тех случаях, когда применение разных методов приводило к сходным результатам. Исключение трендов из последовательностей K_{cp} , выявляемых с помощью линейной регрессии, не приводило к улучшению результатов спектрального анализа,



что свидетельствует о преимущественно циклической природе петромагнитных вариаций по разрезам.

Результаты работ

По разрезу Чахмахлы лучшие результаты были получены при отдельном анализе данных по нижней и верхней частям разреза, граница между которыми отмечена наиболее резким изменением в характере петромагнитного графика (уровень образца 3111/276) – появлением устойчивого тренда к росту значений магнитной восприимчивости (рис. 2).

Спектрограммы по нижней и верхней частям разреза аналогичны друг другу в плане кратности частот трех главных пиков: в обоих случаях высокая частота превышает среднюю в 2–2.2 раза, которая, в свою очередь, превышает низкую частоту в 4–4.2 раза (таблица, см. рис. 2). Таким образом, наиболее длинные периоды, отвечающие этим частотам, соотносятся как ~4 : 1, что совпадает с кратностью циклов Миланковича, соответствующих большому (~400 000 лет) и малому (~100 000 лет) циклам эксцентриситета земной орбиты (E2 и E1 соответственно). Кратность более коротких периодов (2.2 и 2 в нижней и верхней частях разреза соответственно) отличается, но не сильно, от величины 2.5, представляющей собой отношение продолжительности цикла E1 к длительности цикла O (Obliquity) – наклона оси вращения Земли к эклиптике (~40 000 лет). Аналогичные частоты (и, соответственно, периоды) четко выделяются и на вейвлет-диаграммах (см. рис. 2). В отличие от спектрограмм, свидетельствующих лишь о наличии в спектре сигнала определенной частоты, вейвлет-диаграммы визуализируют интервалы разреза, в которых циклы проявлены наиболее или наименее отчетливо. Так, циклы E2 с одинаковой степенью выразительности прослеживаются по всей исследованной толще, а циклы E1 чуть хуже проявлены в нижней части разреза (см. рис. 2). Более высокочастотные (короткопериодные) сигналы, как правило, подавляются шумовыми помехами, но в данном случае цикличность, отождествляемая нами с изменением угла наклона земной оси, хорошо заметна (см. рис. 2). Разная степень отчетливости, с которой проявлены циклы O в разрезе, неудивительна, если учитывать множество реальных факторов, искажающих идеальные представления о равномерности скорости осадконакопления и единственном источнике ферромагнитного материала, на которых базируется принятая нами модель формирования отложений. Та же многофакторность, вероятно, является причиной существенного отличия показателей отношения длительности выявленных в разрезе циклов (2.0–2.2) от теоретической кратности E1 и O (2.5).

По разрезу Такма (рис. 3) хорошие с точки зрения циклостратиграфического анализа результаты получаются только при исключении

Циклостратиграфические характеристики разрезов маастрихта долины р. Болрак (Юго-Западный Крым)

Разрез	Интервал разреза	Данные о цикличности												V_{cp} (см/тыс. лет)
		E2 (t = 400 000 лет)			E1 (t = 100 000 лет)			O (t = 40 000 лет)			Кратность циклов			
		$T=1/v$ (м)	n	V (см/тыс. лет)	$T=1/v$ (м)	n	V (см/тыс. лет)	$T=1/v$ (м)	n	V (см/тыс. лет)	T_{E2}/T_{E1}	T_{E1}/T_O		
Чахмахлы (обн. 3111)	55.2–91.2 м (обр. 277–457)	33.3	1.1	8.3	8.0	4.5	8.0	4.0	9.0	10.0	4.2	2.0	8.7	
	0.0–55.2 м (обр. 1–276)	52.6	1.0	13.1	13.3	4.1	6.1	9.1	15.1	4.0	2.2	13.9		
Такма (обн. 3110)	0.0–49.8 м (обр. 1–249)	50.0	1.0	12.5	12.5	3.9	5.0	10.0	12.5	4.0	2.5	12.5	12.5	

Примечание. E2, E1, O – циклы Миланковича (большого эксцентриситета, малого эксцентриситета и изменения угла наклона земной оси соответственно); t – продолжительность цикла; T, v – период и частота цикла соответственно; n – количество циклов в разрезе; V – скорость осадконакопления, определяемая для каждого цикла как отношение мощности к произведению $n \times t$; $V_{cp} = (V_{E2} + V_{E1} + V_O)/3$ – средняя скорость осадконакопления.

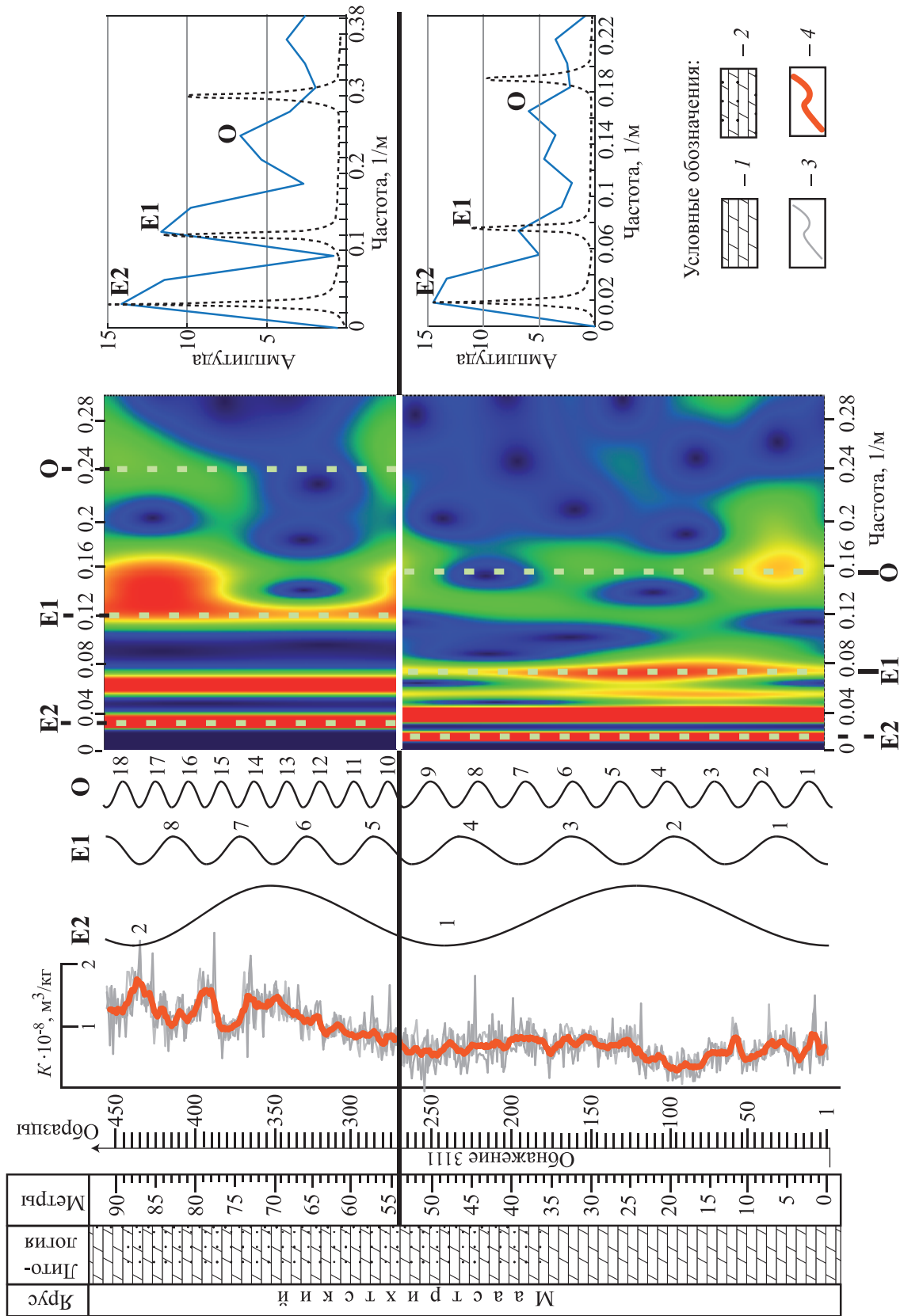


Рис. 2. Петромагнитная, циклостратиграфическая и спектральная (вейвлет-диаграмма и спектральные диаграммы, полученные при анализе вертикальных рядов K_{cp}) характеристика разреза маастрихта Чахмахлы. На спектральных диаграммах пунктиром вынесены спектры функции, являющейся суммой идеальных циклов E1, E2 и O1 с кратностью частот (1 : 4 : 10): 1 – мергель; 2 – алевролиты; 3 – мергель; 4 – алевролиты. 3 – измеренные значения K ; 4 – осредненные значения K .

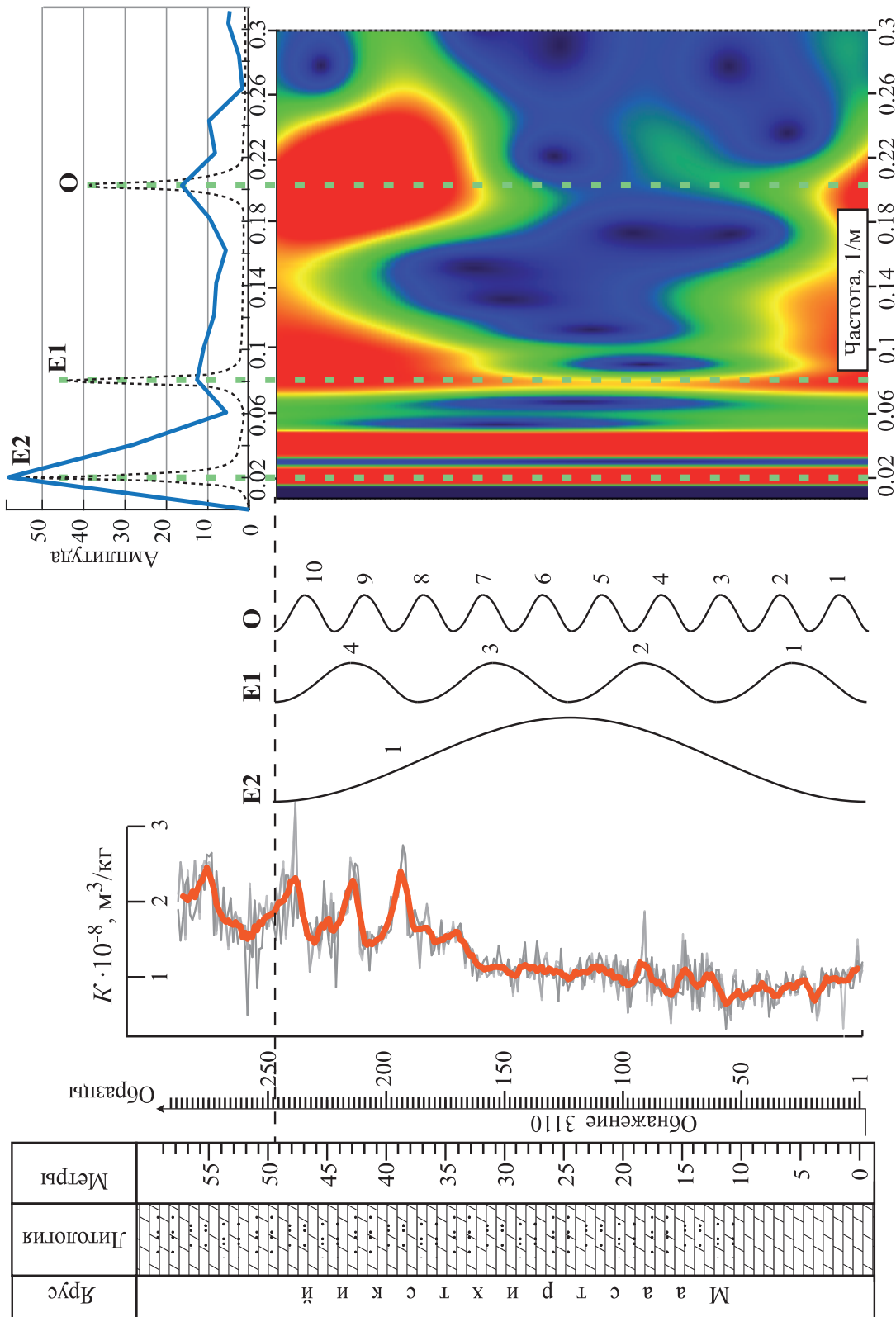


Рис. 3. Петромагнитная, циклостратиграфическая и спектральная (вейлет-диаграмма и спектрограмма, полученные при анализе вертикальных рядов K_{cp}) характеристистики разреза маастрихта Такма. На спектрограммах пунктиром вынесены спектры функции, являющейся суммой идеальных циклов E1, E2 и O1 с кратностью частот (1 : 4 : 10). Условные обозначения см. рис. 2



из рассмотрения петромагнитных данных по верхам разреза мощностью ~7 м (выше уровня обр. 3110/249). Причиной этого может быть значительное отличие скорости формирования верхов изученной толщи от среднего темпа седиментации, характерного для нижележащих отложений.

Результаты спектрального анализа значений K_{cp} по основной части разреза (уровень обр. 3110/1–3110/249) обнаруживают кратность периодов, соответствующих главным частотным пикам на спектрограммах, выражающуюся отношениями 4 : 1 и 2.5 : 1, что совпадает с теоретическими кратностями периодов **E2**, **E1** и **E1**, **O** соответственно (см. таблицу). Выявленные Фурье-преобразованием частоты весьма выразительно прослеживаются на вейвлет-диаграмме по всей толще. Качество сигнала, обусловленного изменением угла наклона земной оси, при этом предсказуемо хуже, чем у колебаний большого и малого эксцентриситетов, но гораздо лучше качества сигналов **O**, зарегистрированных в разрезе Чахмахлы.

Судя по результатам циклостратиграфической интерпретации данных спектрального анализа, отложения в интервале между уровнем образцов 1 и 249 в разрезе Такма образовались за период, почти равный длительности цикла **E2** или четырех циклов **E1**, или 10 циклов **O** (см. рис. 3), т. е. за ~0.4 млн лет. Поскольку кратности выявленных циклов совпали с теоретическими отношениями **E2** : **E1** и **E1** : **O** (4 : 1 и 2.5 : 1 соответственно), то и скорости осадконакопления, рассчитанные путем деления мощности исследуемой толщи на суммарную продолжительность **E2** либо **E1**, либо **O**, практически не отличаются друг от друга (см. таблицу). Средний темп формирования маастрихтской толщи мощностью 49.8 м получается при этом равным ~12.5 см/тыс. лет (см. таблицу).

Иная ситуация зафиксирована в разрезе Чахмахлы, где отношения длительностей разных периодов отличаются от теоретических значений, причем в случае **O** это отличие значительно (2–2.2 вместо 2.5) (см. таблицу). Поэтому при делении мощностей на продолжительность разных циклов и скорости осадконакопления будут получаться разными (см. таблицу). В качестве итоговых оценок скоростей формирования отложений нами взяты средние арифметические значения скоростей, рассчитанных по циклам **E2**, **E1** и **O** (см. таблицу). Средние скорости осадконакопления для нижних и верхних частей разреза Чахмахлы составили 13.9 см/тыс. лет и 8.7 см/тыс. лет соответственно (см. таблицу).

Выводы

Предложенные нами циклостратиграфические модели разрезов Чахмахлы и Такма, базирующиеся на результатах спектрального анализа вертикальных рядов магнитной восприимчивости, позволили выявить циклы Миланковича и дать количественную оценку скоростей формирования отложений. Согласно полученным данным, скорости карбонатного осадконакопления в маастрихте Юго-Западного Крыма варьируют от 8.7 до 13.9 см/тыс. лет, составляя в среднем 11.7 см/тыс. лет.

Благодарности

Авторы выражают благодарность А. С. Караваяеву (факультет нано- и биомедицинских технологий СГУ) за консультации при проведении математической обработки данных, а также В. А. Грищенко, А. А. Гужиковой, А. Г. Маникину (геологический факультет СГУ) за участие в левом изучении разрезов.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 18-05-00784-а).

Библиографический список

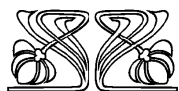
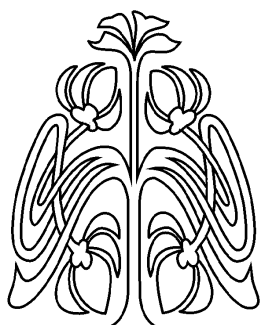
1. Alekseev A. S., Kopaevich L. F. Foraminiferal biostratigraphy of the uppermost Campanian-Maastrichtian in SW Crimea (Bakhchisaray and Chakhmakhly sections) // Bull. Inst. Roy. Sci. Natur. Belgique. Sci. Terre. 1997. Vol. 67. P. 103–118.
2. Сизанов Б. И., Рудакова А. В., Габдуллин Р. Р. Новая методика выделения ритмов и интерпретация их генезиса на примере нижнемаастрихтских отложений оврага Такма (Юго-Западный Крым, Украина) // Вестник Московского университета. Сер. 4, Геология. 2006. № 3. С. 25–31.
3. Гужикова А. А. Первые магнитостратиграфические данные по маастрихту Горного Крыма (Бахчисарайский район) // Изв. Саратов. ун-та. Нов. сер. Сер. Науки о Земле. 2018. Т. 18, вып. 1. С. 41–49. DOI: <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2018-18-1-41-49>
4. Strasser A., Higl F., Henkel P. Cyclostratigraphy – concepts, definitions and applications // Newsletters on Stratigraphy. 2006. Vol. 42, № 2. P. 75–114.
5. Kodama A., Hinnov L. Rock magnetic cyclostratigraphy. West Sussex : Wiley & Sons, 2015. 166 p.
6. Суринский А. М., Гужиков А. Ю. Опыт циклостратиграфического анализа петромагнитных данных по разрезу турона – маастрихта «Нижняя Банновка» (юг Саратовского Правобережья) // Изв. Саратов. ун-та. Нов. сер. Сер. Науки о Земле. 2017. Т. 17, вып. 2. С. 117–124. DOI: <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2017-17-2-117-124>
7. Гужиков А. Ю. Геологическая информативность магнетизма керн и шлама осадочных пород, полученных при бурении разведочных скважин // Приборы и системы разведочной геофизики. 2013. № 4. С. 51–61.

Образец для цитирования:

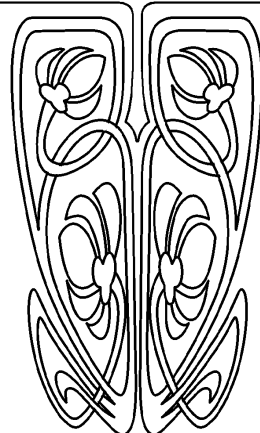
Суринский А. М., Гужиков А. Ю. Циклостратиграфический анализ петромагнитных данных по маастрихту долины р. Бодрак (Юго-Западный Крым) // Изв. Саратов. ун-та. Нов. сер. Сер. Науки о Земле. 2019. Т. 19, вып. 3. С. 206–211. DOI: <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2019-19-3-206-211>

Cite this article as:

Surinskiy A. M., Guzhikov A. Yu. Cyclostratigraphic Analysis of the Rock Magnetic Data on Maastrichtian of the Bodrak River (SW Crimea). *Izv. Saratov Univ. (N. S.), Ser. Earth Sciences*, 2019, vol. 19, iss. 3, pp. 206–211 (in Russian). DOI: <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2019-19-3-206-211>



ПОДПИСКА



Подписка на I полугодие 2020 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 издательства

Саратовского университета (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@info.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/>