

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

ИЗВЕСТИЯ САРАТОВСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

Новая серия

Серия: Науки о Земле

2023

Том 23

Выпуск 2



IZVESTIYA OF SARATOV UNIVERSITY
EARTH SCIENCES



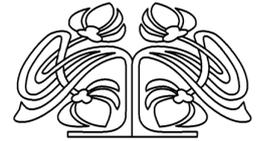
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского»

ИЗВЕСТИЯ САРАТОВСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

Новая серия

Серия Науки о Земле, выпуск 2

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



Научный журнал
2023 Том 23
ISSN 1819-7663 (Print)
ISSN 2542-1921 (Online)
Издается с 2006 года

СОДЕРЖАНИЕ

Научный отдел

География

Аблова И. М.

Оценка индекса континентальности Западной Сибири на фоне регионального изменения климата

76

Молочко А. В., Андрищенко П. А.

Интернет как элемент современной социальной инфраструктуры: социологический и территориальный аспекты

80

Морозова С. В., Диянова Ек. С., Диянова Ел. С., Никишова В. Д., Котова Ю. Ю., Попкова Е. Ю.

Оценка статистической значимости изменений температуры воздуха Северного полушария статистическими методами

87

Пряхина С. И., Котова А. А.

Мониторинг годовой изменчивости грозовой активности по климатическим станциям Западной Сибири

93

Геология

Губайдуллин М. Г., Турובה Т. А.

О миграции нефтезагрязнений в деятельном слое и возможность их проникновения в многолетнемерзлые породы

97

Николаенко С. В., Паршин А. Е., Мироненко С. А., Гаврилов Г. С., Иванкин А. В.

Результаты исследований высокоразрешающей широкоазимутальной сейсморазведкой нижнеартинских отложений Западного Прикаспия на территории Волгоградского Заволжья

103

Рихтер Я. А.

Гидротермально изменённые породы – индикаторы зон разгрузки углеводородов Красноленинского свода (Западная Сибирь)

111

Приложения

Personalia

Лапина С. Н., Червяков М. Ю.

Об участии в Великой Отечественной войне университетских метеорологов и их судьбах

131

Журнал «Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия “Науки о Земле”» зарегистрирован в Федеральной службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций.

Запись о регистрации СМИ ПИ № ФС77-76643 от 26 августа 2019 года

Журнал включен в Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук (категория К2, специальности: 1.6.1, 1.6.2, 1.6.9, 1.6.12, 1.6.13, 1.6.18, 1.6.20, 1.6.21)

Подписной индекс издания 36010. Подписку на печатные издания можно оформить в Интернет-каталоге ГК «Урал-Пресс» (ural-press.ru). Журнал выходит 4 раза в год. Цена свободная. Электронная версия находится в открытом доступе (geo.sgu.ru)

Директор издательства
Бучко Ирина Юрьевна

Редактор
Малютина Елена Анатольевна

Художник
Соколов Дмитрий Валерьевич

Редактор-стилист
Агафонов Андрей Петрович

Верстка
Степанова Наталия Ивановна

Технический редактор
Каргин Игорь Анатольевич

Корректор
Малютина Елена Анатольевна

Адрес учредителя, издателя и издательства (редакции):
410012, Саратов, ул. Астраханская, 83
Тел.: +7(845-2) 51-29-94, 51-45-49, 52-26-89
E-mail: publ@sgu.ru, izdat@sgu.ru

Подписано в печать 21.06.23.
Подписано в свет 30.06.23.
Формат 60 × 84 1/8.
Усл. печ. л. 7.9 (8.5).
Тираж 100 экз. Заказ 51-Т.

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

© Саратовский университет, 2023



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 редколлекцией, не возвращаются.

Адреса для переписки с редколлекцией серии: geoizvestiya@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

Ablova I. M.

Assessing the continentality index of Western Siberia against the background of regional climate change 76

Molochko A. V., Andryuschenko P. A.

Internet as an element of modern social infrastructure: Sociological and territorial aspects 80

Morozova S. V., Diyanova Ek. S., Diyanova El. S., Nikishova V. D., Kotova Yu. Yu., Popkova E. Yu.

Evaluating the statistical significance of air temperature changes in the Northern hemisphere by statistical methods 87

Pryakhina S. I., Kotova A. A.

Monitoring of annual variability of thunderstorm activity for climatic stations of Western Siberia 93

Geology

Gubaidullin M. G., Turobova T. A.

On the migration of oil pollution in the active layer and the possibility of their penetration into permafrost 97

Nikolaenko S. V., Parshin A. E., Mironenko S. A., Gavrilov G. S., Ivankin A. V.

The results of exploring the Lower Artinskian deposits of the western Caspian on the territory of the Volgogradskoe Zavolzhye area with high-resolution wide-azimuth seismic survey 103

Richter Ya. A.

Hydrothermally altered rocks – indicators of hydrocarbon unloading zones of the Krasnoleninsky arch (Western Siberia) 111

Appendices

Personalia

Lapina S. N., Cherviakov M. Yu.

About the participation of university meteorologists in the Great Patriotic War and their fates 131



**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, доцент (Саратов, Россия)

Члены редакционной коллегии:

Горбатенко Валентина Петровна, доктор геогр. наук, профессор (Томск, Россия)

Гужиков Андрей Юрьевич, доктор геол.-минерал. наук, профессор (Саратов, Россия)

Диденко Алексей Николаевич, доктор геол.-минерал. наук, член-корреспондент РАН (Хабаровск, Россия)

Казанский Алексей Юрьевич, доктор геол.-минерал. наук, профессор (Москва, Россия)

Калинин Николай Александрович, доктор геогр. наук, профессор (Пермь, Россия)

Катровский Александр Петрович, доктор геогр. наук, профессор (Смоленск, Россия)

Коробов Александр Дмитриевич, доктор геол.-минерал. наук, профессор (Саратов, Россия)

Носонов Артур Модестович, доктор геогр. наук, профессор (Саранск, Россия)

Переведенцев Юрий Петрович, доктор геогр. наук, профессор (Казань, Россия)

Семенов Юрий Михайлович, доктор геогр. наук, профессор (Иркутск, Россия)

Хоецян Ашот Владимирович, доктор геогр. наук, профессор (Ереван, Армения)

Чумаченко Алексей Николаевич, доктор геогр. наук, профессор (Саратов, Россия)

Шурыгин Борис Николаевич, доктор геол.-минерал. наук, профессор,

член-корреспондент РАН (Новосибирск, Россия)

Яковенко Наталия Владимировна, доктор геогр. наук, доцент (Воронеж, Россия)

**EDITORIAL BOARD OF THE JOURNAL
“IZVESTIYA OF SARATOV UNIVERSITY.
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:

Valentina P. Gorbatenko (Tomsk, Russia)

Andrey Yu. Guzhikov (Saratov, Russia)

Aleksey N. Didenko (Khabarovsk, Russia)

Aleksei Yu. Kazanskii (Moscow, Russia)

Nikolay A. Kalinin (Perm, Russia)

Aleksandr P. Katrovskii (Smolensk, Russia)

Aleksandr D. Korobov (Saratov, Russia)

Artur M. Nosonov (Saransk, Russia)

Yurij P. Perevedentsev (Kazan, Russia)

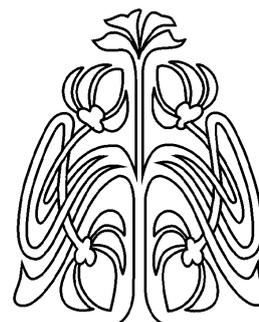
Yuriy M. Semenov (Irkutsk, Russia)

Ashot V. Khoetsyan (Erevan, Armenia)

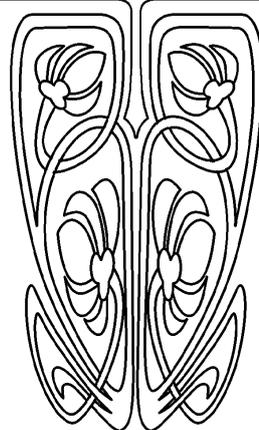
Aleksey N. Chumachenko (Saratov, Russia)

Boris N. Shurygin (Novosibirsk, Russia)

Nataliya V. Yakovenko (Voronezh, Russia)



**РЕДАКЦИОННАЯ
КОЛЛЕГИЯ**





ГЕОГРАФИЯ

Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2023. Т. 23, вып. 2. С. 76–79

Izvestiya of Saratov University. Earth Sciences, 2023, vol. 23, iss. 2, pp. 76–79

<https://geo.sgu.ru>

<https://doi.org/10.18500/1819-7663-2023-23-2-76-79>, EDN: CXBEAB

Научная статья

УДК 551.582

Оценка индекса континентальности Западной Сибири на фоне регионального изменения климата

И. М. Аблова

Омский государственный педагогический университет, Россия, 644099, г. Омск, Набережная Тухачевского, д. 14

Аблова Ирина Михайловна, кандидат биологических наук, доцент, ablovairina@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8709-071X>

Аннотация. Количественная оценка континентальности территории является актуальной задачей, так как в условиях изменения климата индекс континентальности учитывается при разработке географических прогнозов развития ландшафтов. Целью настоящего исследования является оценка изменения индекса континентальности Западной Сибири в условиях современной тенденции развития климата. Информационной базой исследования послужили статистические ряды наблюдений по семи метеорологическим станциям Западной Сибири. Были проанализированы многолетние изменения среднеянварской и среднеиюльской температур, а также количество осадков за холодный (октябрь – март) и теплый (апрель – сентябрь) периоды года. Расчеты за временные интервалы 1961–1990 гг. и 1991–2015 гг. позволили сделать вывод об ослаблении континентальности климата Западной Сибири в условиях развития регионального климата.

Ключевые слова: региональный климат, изменение климата, индекс континентальности, Западная Сибирь

Для цитирования: Аблова И. М. Оценка индекса континентальности Западной Сибири на фоне регионального изменения климата // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2023. Т. 23, вып. 2. С. 76–79. <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2023-23-2-76-79>, EDN: CXBEAB

Статья опубликована на условиях лицензии Creative Commons Attribution 4.0 International (CC-BY 4.0)

Article

Assessing the continentality index of Western Siberia against the background of regional climate change

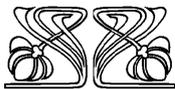
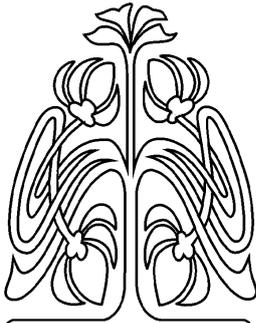
I. M. Ablova

Omsk State Pedagogical University (OmSPU), 14 Nab. Tukhachevsky, Omsk 644099, Russia

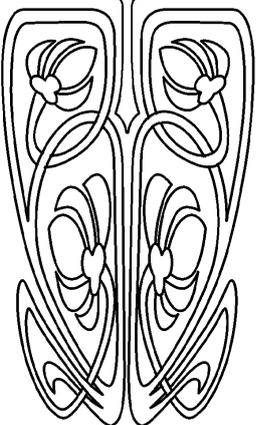
Irina M. Ablova, ablovairina@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8709-071X>

Abstract. Quantitative assessment of the territory continentality is an urgent task, because in the conditions of climate change, the index of continentality can be taken into account when developing geographical forecasts of landscape development. The purpose of this study is to assess the change in the index of continentality of Western Siberia in the conditions of the current trend in climate development. The statistical series of observations on seven meteorological stations in Western Siberia served as the information base of the study. The long-term changes in the average January and average July temperatures, as well as the amount of precipitation for the cold (October–March) and warm (April–September) periods of the year were analyzed. Calculations for the time intervals of 1961–1990 and 1991–2015 allowed us to conclude that the climate continentality of Western Siberia is weakening under the conditions of regional climate development.

Keywords: regional climate, climate change, continentality index, Western Siberia



НАУЧНЫЙ
ОТДЕЛ





For citation: Ablova I. M. Assessing the continentality index of Western Siberia against the background of regional climate change. *Izvestiya of Saratov University. Earth Sciences*, 2023, vol. 23, iss. 2, pp. 76–79 (in Russian). <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2023-23-2-76-79>, EDN: CXBEAB
This is an open access article distributed under the terms of Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC0-BY 4.0)

Введение

Многолетние исследования показали, что изменения климата являются одной из важнейших проблем географии и природопользования. Многочисленные научные работы посвящены изучению колебаний климатических переменных, прежде всего температуры приземного воздуха и количества осадков, позволяющих выявить их пространственные и временные изменения. При этом отмечается, что для территории России характерны более значительные изменения температурного режима в сравнении с изменением глобального климата, а также характерны региональные проявления пространственно-временной неоднородности климатических переменных. При оценке изменений климатических условий многие авторы используют индекс континентальности [1–3]. Индекс континентальности является важной интегральной характеристикой климата, которая может рассматриваться как количественный показатель состояния климатической системы для оценки тенденции развития регионального климата.

Материал и методика исследований

В научной практике используются методы расчета индекса континентальности климата, учитывающие амплитуду среднемесячных температур самого холодного и самого теплого месяцев, с учетом поправки на географическое положение метеостанции, выраженное через широту местности: индекс Л. Горчинского, С. П. Хромова, Н. Н. Иванова и др. Нарастание континентальности климата территории проявляется в увеличении амплитуды годовых температур и в уменьшении годового количества осадков. Поэтому при расчете индекса континентальности Ц. А. Швер [4] рекомендует использовать сумму осадков холодного и теплого сезонов года. В предыдущих работах автора данной статьи [5, 6] были проведены расчеты индекса континентальности климата Западной Сибири, которые являются функцией годовой амплитуды температуры приземного воздуха и географической широты места, а также расчеты индекса континентальности климата Западной Сибири на основе статистической оценки среднемесячных сумм осадков весенне – летнего и осенне – зимнего периодов.

В настоящем исследовании мы используем методику [7], где для расчета общей континентальности климата необходимо провести расчеты сезонной континентальности. Расчет индекса зимней континентальности проводился по формуле

$$K_w = ((1 - T_w/t_0) \times \cos \varphi + P_0/P_w - 2) / 2, \quad (1)$$

где T_w – средняя январская температура, t_0 – средняя годовая температура на уровне океана на широте умеренного пояса (приблизительно равная +8С), φ – широта местности (°с.ш.), P_0 – сумма осадков за год в открытом океане на широтах умеренного пояса (примерно равная 1000 мм); P_w – сумма осадков с октября по март (включительно).

При расчете индекса летней континентальности использовалась формула

$$K_s = ((T_s/t_0 - 1) \times \sin \varphi + P_0/P_s - 2) / 2, \quad (2)$$

где T_s – средняя июльская температура, t_0 – средняя годовая температура на уровне океана на широте умеренного пояса (приблизительно равная +8С), φ – широта местности (°с.ш.), P_0 – сумма осадков за год в открытом океане на широтах умеренного пояса (примерно равная 1000 мм), P_s – сумма осадков с апреля по сентябрь (включительно).

Базой исследования послужили статистические данные по семи метеостанциям Западной Сибири за период 1961–2015 гг. из архива ВНИИГМИ-МЦД, размещенные на сайте (<http://aisori.meteo.ru>). В качестве анализируемых климатических переменных приняты данные о среднемесячных температурах января и июля, сумме осадков за X–III и IV–IX месяцы. Метеорологические станции с указанием широты их географического положения, используемые при расчете, приведены в табл. 1.

Таблица 1

Географическая широта метеостанций Западной Сибири

Метеостанция	Широта
Ханты-Мансийск	61°01'
Леуши	59°37'
Тобольск	58°09'
Огурцово	57°15'
Курган	55°28'
Барабинск	55°20'
Омск	55°01'

В ряду наблюдений для оценки изменения индекса континентальности климата были выбраны два временных интервала – период 1961–1990 гг. и период 1991–2015 гг. Период 1961–1990 гг. рекомендован Всемирной метеорологической организацией как базовый, стандартный, относительно которого определялись тенденции развития климата расчетного периода 1991–2015 гг.

**Результаты и их обсуждение**

В результате анализа расчетных данных статистического ряда были определены климатические нормы базового периода 1961–1990 гг. и климатические показатели расчетного периода 1991–2015 гг. (табл. 2).

Анализ климатических показателей расчетного периода (см. табл. 2) в сравнении с климатической нормой базового периода позволяет отметить повышение зимних температур в среднем на +1,0–1,5°C. Заметный рост среднеянварской температуры для расчетного периода характерен для Барабинска (+1,8°C), Кургана (+1,5°C), Леуши (+1,4°C), Тобольска (+1,4°C). Повышение среднеиюльской температуры составляет в среднем +0,2–0,4°C, заметное повышение среднеиюльской температуры характерно для Огурцово (+1,0°C), Тобольска (+0,4°C). Повышение среднеянварской температуры при малозначительном увеличении среднеиюльской температуры ведет

к уменьшению годовой амплитуды и, соответственно, снижению индекса континентальности.

Отмечается также тенденция увеличения годового количества осадков, характерного для всех метеостанций Западной Сибири, при этом наблюдается увеличение доли зимних осадков во внутригодовом распределении осадков. Анализ осадков холодного сезона расчетного периода показал увеличение осадков в среднем на 105–110% относительно климатической нормы 1961–1990 гг.

На основе климатических показателей базового и расчетных периодов были проведены расчеты индекса сезонной и общей континентальности (табл. 3).

Анализ расчетов индекса общей континентальности климата Западной Сибири базового периода позволяет сделать вывод об изменении этого показателя с северо-запада на юго-восток: от $K = 3,3$ (Ханты-Мансийск) до $K = 5,4-5,1$ (Барабинск и Омск соответственно). Изменение

Таблица 2

Климатические показатели базового (1961–1990 гг.) и расчетного (1991–2015 гг.) периодов

Метеостанция	Климатические показатели							
	Базовый период 1961–1990 гг.				Расчетный период 1991–2015 гг.			
	T_w	P_w	T_s	P_s	T_w	P_w	T_s	P_s
Ханты-Мансийск	–20,0	192	18,0	353	–19,2	202	18,0	347
Леуши	–18,4	152	18,5	321	–17,0	167	18,2	343
Тобольск	–18,9	151	18,7	307	–17,5	163	18,3	330
Огурцово	–17,5	149	19,3	269	–17,2	177	20,3	283
Курган	–17,1	127	19,7	256	–15,6	129	19,5	257
Барабинск	–18,5	129	19,3	240	–16,7	147	19,0	243
Омск	–17,5	131	19,6	254	–17,0	156	19,3	268

Таблица 3

Индексы сезонной и общей континентальности Западной Сибири

Метеостанция	Временные интервалы, гг.	Расчеты индекса сезонной континентальности		Индекс общей континентальности
		зимнего сезона	летнего сезона	
Ханты –Мансийск	1961–1990	2,4	0,9	3,3
	1991–2015	2,2	1,0	3,2
Леуши	1961–1990	3,1	1,1	4,2
	1991–2015	2,7	1,0	3,7
Тобольск	1961–1990	3,1	1,1	4,2
	1991–2015	2,9	1,0	3,9
Огурцово	1961–1990	3,1	1,4	4,5
	1991–2015	2,7	1,4	4,1
Курган	1961–1990	3,8	1,5	5,3
	1991–2015	3,7	1,5	5,2
Барабинск	1961–1990	3,8	1,6	5,4
	1991–2015	3,2	1,6	4,8
Омск	1961–1990	3,6	1,5	5,1
	1991–2015	3,0	1,4	4,4



индекса континентальности в этом направлении связано с влиянием адвекции с акватории Баренцева моря и снижением частоты повторяемости воздушных масс западного переноса. Расчеты индекса общей континентальности за расчетный период (1991–2015 гг.) показали сохраняющуюся тенденцию к увеличению континентальности в этом же направлении: от $K = 3,2$ (Ханты-Мансийск) до $K = 4,8$ (Барабинск) и $K = 4,4$ (Омск). При сравнении индекса континентальности расчетного периода с аналогичными показателями базового отмечается его ослабление. Ослабление индекса континентальности заметно нарастает к юго-востоку: снижается на $0,6–0,7$ (Барабинск и Омск соответственно) в сравнении с расчетами для метеостанций, расположенных на северо-западе (Ханты-Мансийск). При этом ослабление континентальности проявляется за счет снижения индекса зимнего сезона.

Заключение

Анализ основных переменных регионального климата показывает снижение индекса континентальности на всех метеостанциях Западной Сибири в расчетный период 1991–2015 гг. по сравнению с нормой базового периода 1961–1990 гг. Ослабление континентальности связано с увеличением значений среднеянварской температуры, что приводит к уменьшению годовой амплитуды. Таким образом, ослабление континентальности определяется ее уменьшением в зимнем сезоне.

Результаты, полученные в настоящем исследовании, согласуются с выводами, которые были получены нами при расчетах индекса континентальности Западной Сибири по разным методикам, представленным в предыдущих работах, а также с расчетами других авторов [7,8]

при исследовании континентальности Сибирского региона.

Библиографический список

1. Андрейчик М. Ф., Монгуш Л. Д. Исследование индекса континентальности на фоне потепления климата в Хемчикской котловине Республики Тыва // Вестник КрасГАУ. 2013. № 7. С. 146–151. EDN: QJAMSJ
2. Лапина С. Н. Характеристика континентальности климата Саратова и Санкт-Петербурга на фоне глобального потепления // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия : Науки о Земле. 2017. Т. 17, вып. 4. С. 219–221. <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2017-17-4-219-221>
3. Пряхина С. И., Ормели Е. И. Расчет индексов континентальности климата для Среднего и Нижнего Поволжья // Известия Саратовского университета. Новая Серия. Серия : Науки о Земле. 2017. Т. 17, вып. 1. С. 17–19. <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2017-17-1-17-19>
4. Швер Ц. А. Атмосферные осадки на территории СССР. Ленинград : Гидрометеиздат, 1976. 304 с.
5. Аблова И. М. Континентальность Западной Сибири в условиях изменения климата // Познание и деятельность : от прошлого к настоящему : материалы I Всероссийской междисциплинарной научной конференции / ответственный редактор И. П. Геращенко. Омск : ОмГПУ, 2019. С. 322–325. EDN: OBDBEA
6. Аблова И. М. Расчет континентальности климата Западной Сибири по данным сезонных осадков // Использование и охрана природных ресурсов России. 2021. № 2. С. 61–64. EDN: CUGZJX
7. Соколов С. Н., Кузнецова Э. А. Континентальность климата Сибирского региона // Вестник Воронежского государственного университета. Серия География. Геология. 2020. № 4. С. 44–52. <https://doi.org/10.17308/geo.2020.4/3064> EDN: IPSBXS
8. Харламова Н. Ф. Оценка и прогноз современных изменений климата Алтайского региона. Барнаул : Издательство АлтГУ, 2013. 156 с. EDN: S1HPVF

Поступила в редакцию 14.02.2023; одобрена после рецензирования 01.03.2023; принята к публикации 13.03.2023
The article was submitted 14.02.2023; approved after reviewing 01.03.2023; accepted for publication 13.03.2023



Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2023. Т. 23, вып. 2. С. 80–86

Izvestiya of Saratov University. Earth Sciences, 2023, vol. 23, iss. 2, pp. 80–86

<https://geo.sgu.ru>

<https://doi.org/10.18500/1819-7663-2023-23-2-80-86>, EDN: BQODOR

Научная статья

УДК 316.77



Интернет как элемент современной социальной инфраструктуры: социологический и территориальный аспекты

А. В. Молочко, П. А. Андриященко✉

Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского, Россия, 410012, г. Саратов, ул. Астраханская, д. 83

Молочко Анна Вячеславовна, кандидат географических наук, доцент, заведующий кафедрой геоморфологии и геоэкологии,

farik26@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4877-207X>

Андриященко Полина Андреевна, студент, pollkeeee@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0294-5062>

Аннотация. Статья посвящена анализу путей использования и возможностей доступа к сети Интернет. В ходе исследования был проведен социологический опрос респондентов, проживающих в г. Саратове, результаты которого сравнивались со среднероссийскими статистическими данными.

Ключевые слова: социальная инфраструктура, Интернет, социологическое исследование, геоинформационное картографирование, г. Саратов

Для цитирования: Молочко А. В., Андриященко П. А. Интернет как элемент современной социальной инфраструктуры: социологический и территориальный аспекты // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2023. Т. 23, вып. 2. С. 80–86. <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2023-23-2-80-86>, EDN: BQODOR

Статья опубликована на условиях лицензии Creative Commons Attribution 4.0 International (CC-BY 4.0)

Article

Internet as an element of modern social infrastructure: Sociological and territorial aspects

A. V. Molochko, P. A. Andryuschenko✉

Saratov State University, 83 Astrakhanskaya St., Saratov 410012, Russia

Anna V. Molochko, farik26@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4877-207X>

Polina A. Andryuschenko, pollkeeee@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0294-5062>

Abstract. The article is devoted to the analysis of the ways of using and accessing the Internet. In the course of the study, a sociological survey of respondents living in the city of Saratov was conducted, the results of which were compared with the average Russian statistical data.

Keywords: social infrastructure, Internet, sociological research, geoinformation mapping, Saratov

For citation: Molochko A. V., Andryuschenko P. A. Internet as an element of modern social infrastructure: Sociological and territorial aspects. *Izvestiya of Saratov University. Earth Sciences*, 2023, vol. 23, iss. 2, pp. 80–86 (in Russian). <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2023-23-2-80-86>, EDN: BQODOR

This is an open access article distributed under the terms of Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC-BY 4.0)

Постановка проблемы

Представить современный мир без Интернета невозможно. Ресурсами сети, а также предоставляемыми ею услугами мы пользуемся, наверное, во всех сферах своей жизни. Это и работа (использование почтовых мессенджеров, поиск информации, непосредственная работа в сети, оплата рабочего времени, конференции и т. п.), и досуг (просмотр фильмов, сериалов, ТВ on-line, игры, общение с родными и близкими, покупки, простой «флуд» по приложениям для «убийства» времени и т. п.), и учеба (дистанционные за-

нятия с использованием видеоконференц связи, электронные журналы и дневники, размещение заданий и материалов для работы на облачных ресурсах и т. п.). Перечислять можно долго, но основной тезис всему вышеизложенному – если у современного человека изъять возможность пользоваться Всемирной глобальной сетью, то во многом это может оказать влияние на качество и само течение его жизни.

В инфраструктуру любого города включается прежде всего производственная (экономическая), к которой относят транспорт, энергоснабжение, связь и все другие блага, направленные



на функционирование основных городских экономических механизмов, и социальная [1].

Под социальной инфраструктурой чаще всего понимают совокупность отраслей и предприятий, существование и деятельность которых должны обеспечить нормальную жизнедеятельность населения (удовлетворять потребности, гарантировать качество и уровень жизни, поддерживать естественное движение населения и воспроизводство профессионально подготовленных кадров) [1].

К социальной инфраструктуре города можно отнести следующие предприятия и учреждения:

- образование и культуру;
- общественно-политическую деятельность;
- коммунально-бытовое обслуживание;
- торговлю и общественное питание;
- здравоохранение и поддержание физического и психологического здоровья;
- банковскую деятельность;
- телекоммуникации и сеть Интернет и др. [1].

Интернет можно отнести к элементам социальной инфраструктуры, которая ныне во многом определяет комфортность нашей жизни.

За период пандемии COVID-19 потребление интернет-услуг и Интернета в целом возросло в разы. Невозможность полноценного ведения привычного образа жизни и ограниченность в перемещениях не только повысили потребляемый трафик, но и способствовали развитию новых, ранее не распространенных в таких масштабах явлениях, не всегда, правда, положительных. Так, массовое увлечение стримами, TikTok активностью, появление так называемых «инфоцыган», on-line коучеров, марафонов желаний, стройности и т. п. привели к распространению еще одного вида социальных рисков и зависимостей (наряду с наркоманией, шопоголизмом, гейм-аддикцией, расстройством пищевого поведения и т. п.).

Материалы и методы

В настоящем исследовании был проведен анализ вовлеченности населения г. Саратова в использование сети Интернет по разным критериям, а также проведено сравнение с общероссийскими показателями (на основании данных регионального отчета по России «Digital 2021: The Russian Federation», подготовленного компаниями WeAreSocial и Hootsuite, а также базы результатов всероссийских телефонных опросов общественного мнения «ВЦИОМ-Спутник») [1].

Опрос активной части жителей Саратова проводился в ноябре 2022 г. на платформе социальной сети ВКонтакте путем использования наиболее популярного для этой цели продукта – форм-опросников от компании Google. За неделю в опросе приняли участие 145 респондентов. Вопросы были разделены на две стандартные в подобных исследованиях части:

- 1) общую (половозрастной, социально-экономический и территориально ориентированный блоки);
- 2) тематическую, включающую вопросы:
 - есть у вас постоянный доступ к сети Интернет?
 - с помощью какого устройства вы наиболее часто выходите в Интернет?
 - каким видом Интернета вы наиболее часто пользуетесь?
 - сколько времени вы тратите на использование Интернета в день?
 - для каких целей вы наиболее часто используете Интернет?
 - какой сайт (в основном вопрос касался поисковых ресурсов) вы наиболее часто посещаете?
 - каким браузером вы наиболее часто пользуетесь?
 - какой социальной сетью вы пользуетесь наиболее часто?
 - какими мессенджерами вы пользуетесь наиболее часто?

Вопросы и варианты ответов на них были составлены в соответствии с исследованием регионального отчета по России «Digital 2021: The Russian Federation», подготовленного компаниями WeAreSocial и Hootsuite [2].

Результаты и их обсуждение

Использование Интернета в России

На начало 2021 г. в России насчитывалось 124 млн пользователей сети Интернет. В период с 2020 по 2021 г. количество пользователей Интернета в Российской Федерации увеличилось на 5,1%, что подтверждается вышеизложенным. Для наглядности отображения диспропорции в региональном количестве пользователей сети Интернет была построена анаморфоза (рис. 1) [3].

В январе 2021 г. в Российской Федерации пользователями социальных сетей являлись 99 млн чел., что также по сравнению с 2020 г. показывает положительную динамику на 5,1% [2].

В январе 2021 г. в Российской Федерации насчитывалось 228,6 млн мобильных устройств с выходом в Интернет. Количество мобильных подключений по отношению к общей численности населения России составило 156,7% (рис. 2).

Среднестатистический пользователь в России проводит в Интернете 7 часов 52 минуты каждый день. Это почти на час больше среднего мирового значения – 6 часов 54 минуты [2]. При этом на телевидение у россиян уходит по 3 часа 13 минут, на социальные сети – 2 часа 28 минут, а на чтение прессы (учитываются on-line и печатные СМИ) – 55 минут. Онлайн-радио немного уступает музыкальным стриминговым сервисам – 47 минут против 41 минуты [2].

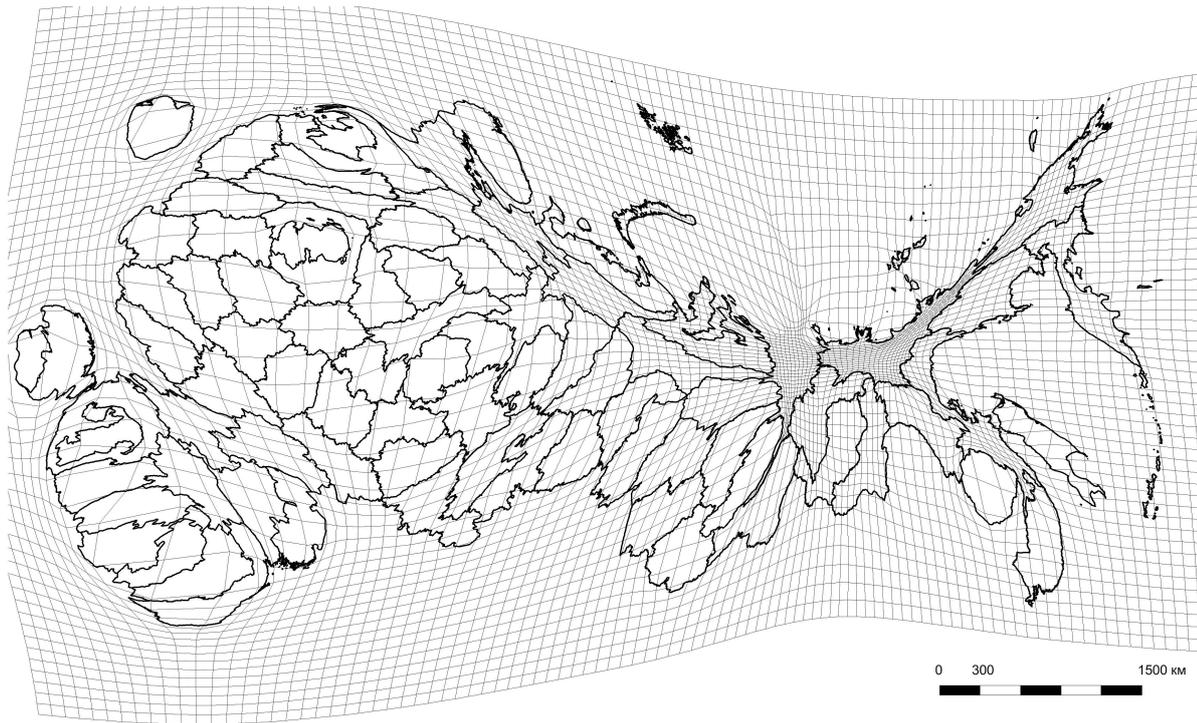


Рис. 1. Анаморфоза наличия доступа к сети Интернет по субъектам РФ (сост. по: [3])



Рис. 2. Наличие доступа к сети Интернет по субъектам Российской Федерации (сост. по: [3])
(по состоянию на 1 января 2021 г.)



Яндекс – самый популярный сайт среди российских интернет-пользователей в декабре 2020 г. (2,71 млрд визитов за месяц, по данным SEMRUSH). За ним идет Google.com (1,39 млрд визитов), а Google.ru при этом находится на 16-й строчке со 131 млн визитов за декабрь [2].

В начале 2021 г. на мобильном телефоне Интернетом пользовались 111,3 млн россиян. Это почти 90% всех пользователей Интернета в России. Люди в возрасте от 16 до 64 лет проводят в Интернете с мобильного телефона 3 часа 29 минут в день (рис. 3).

Во всем объеме веб-трафика в России 26% веб-страниц загружаются с мобильных телефонов (73,9% – с Android), на ПК и ноутбуки приходится 72,9%, с планшетов загружают 1,08% веб-трафика, а с других устройств – 0,02% [2].

Активнее всего пользуются Google Chrome – отвечает за 65,5% веб-трафика в России на начало 2021 г. В тройке Safari и Opera с 8,6% и 5% от объема веб-трафика соответственно [2].

Сегодня в России насчитывается 99 млн пользователей соцсетей. Это на 4,8 млн больше, чем в начале прошлого года. При этом 95,1% (94,15 млн) из них заходят в соцсети с мобильных телефонов. Для рабочих целей социальные сети используют 32% респондентов [2].

Самой популярной социальной площадкой у россиян является YouTube – 85% интернет-пользователей в возрасте от 16 до 64 лет

пользуются этой сетью. ВКонтakte популярен у 78%. Активная аудитория в российском сегменте ВКонтakte на начало 2021 г. составляет 74 млн человек, 54,7% из них женщины, а 45,3% – мужчины [3].

Использование Интернета в г. Саратове

В результате опроса жителей г. Саратова выяснилось, что:

- наиболее активное количество респондентов, принимавших участие в опросе, соответствует возрастной группе 19–25 лет (46,9%), далее – 26–35 (25,5%) и самое малочисленное количество – 56–65 (4,1%), люди старше 65 лет в опросе участие не приняли;
- более активным оказалось женское население города (66,2%, против 33,8 мужского);
- среди анализа занятости опрос показал, что больше участвовали респонденты, работающие по найму (44,1%) и студенты (44,1%), наименьшую долю показали безработные (0,7%) и школьники (1,4%);
- среди вариантов сферы деятельности самой популярной оказались наука и образование (53,1%), другое (23,1%) и сфера услуг (7,7%), тогда как финансы, медицина, сельское хозяйство, культура и искусство едва набрали в общей сложности 5%;

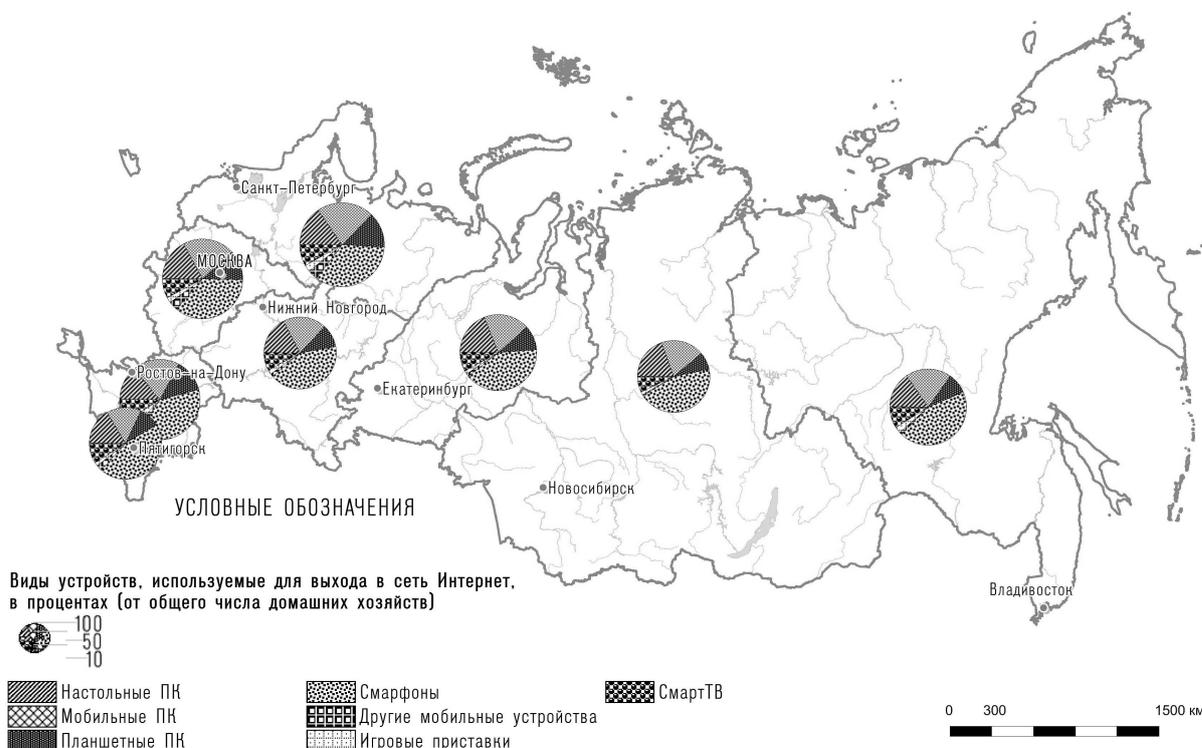


Рис. 3. Распределение видов устройств, используемых для выхода в сеть Интернет по федеральным округам РФ (сост. по: [3]) (по состоянию на 1 января 2021 г.)



- большая часть респондентов имеет высшее образование (50,3%), а неоконченное среднее – всего 2,1%;
- территориальное распределение по районам г. Саратова показало следующее: большая часть респондентов проживает в Кировском и Ленинском районах (29,1 и 27,6% соответственно). Из Октябрьского района оказалось 15,7%, Заводского – 11,2%, Фрунзенского – 10,4%, Волжского – 6%.

Анализ общей части опроса делает возможным создать усредненный «портрет» респондента – женщина, 19–25 лет, с окончанным высшим образованием (бакалавриат), работающая по найму в сфере образования и науки.

Для проведения сравнительного анализа результатов опроса жителей г. Саратова и выявления сходств и различий в ответах респондентов

были проанализированы материалы базы данных «ВЦИОМ-Спутник», связанные с сетью Интернет [4]. Для чистоты анализа, рассматривались ответы респондентов, проживающих в населенных пунктах с численностью населения 500–950 тыс. чел., что соизмеримо с численностью постоянного населения г. Саратова.

Тематическая часть опроса в сравнении с региональным отчетом по России «Digital 2021: The Russian Federation», статистическим сборником «Информационное общество в Российской Федерации. 2020» [2, 3]:

- постоянный доступ к сети Интернет имеется у 100% опрошенных респондентов;
- наиболее популярным устройством для доступа к сети стал мобильный телефон (86,1%), тогда как стационарный компьютер – только 12,5%;

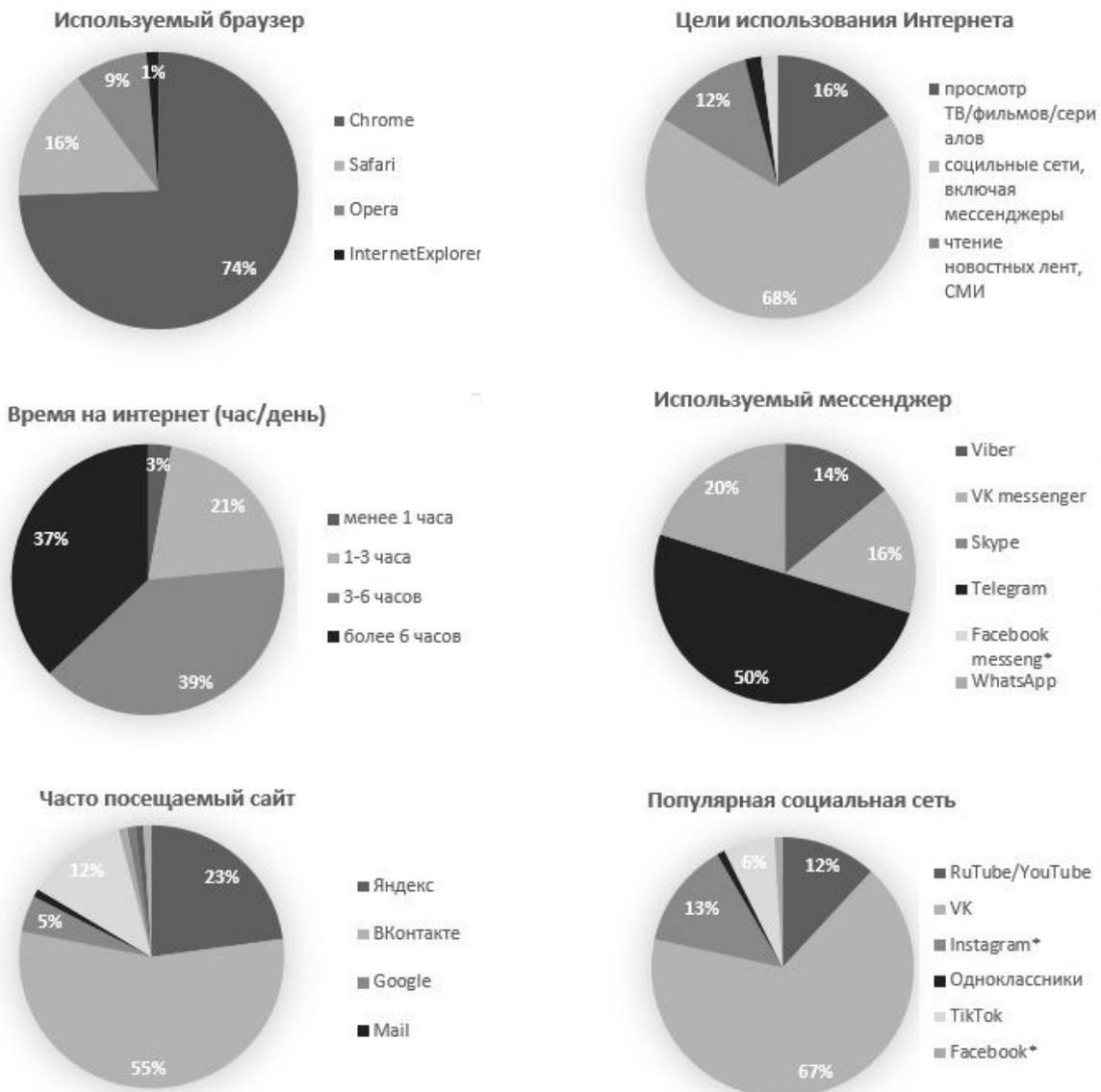


Рис. 4. Результаты опроса респондентов г. Саратова



- самым популярным среди жителей г. Саратова является мобильный Интернет (59,7%), второе место занимает выход в сеть через точки доступа Wi-Fi (35,4%), проводным Интернетом пользуются всего лишь 4,9% опрошенных;
- вопрос о времени, которое тратят респонденты на использование Интернета показало следующее: более 6 часов (37,2%), 3–6 часов – 39,3%, 1–3 часа – 2,7%, менее 1 часа – 2,8%;
- совершенно не удивительным оказался и тот факт, что главной целью использования Интернета для подавляющего большинства респондентов оказались социальные сети (67,6%), на просмотр телевидения, фильмов и сериалов тратят время 15,9% респондентов. Наименьшее время жители г. Саратова тратят на on-line-шопинг и радио с подкастами (по 2,1% соответственно);
- наиболее посещаемым сайтом результаты опроса показали ВКонтакте (55,2% опрошенных), социальная сеть Одноклассники оказалась на втором месте – 22,8%. Меньше всего респонденты пользуются ресурсами с метеоинформацией, в данном случае ГИС-Метео – 0,7%;
- самым популярным интернет-браузером стал Chrome компании Google (74,5%), второе место занял Safari компании Apple Inc. (15,8), наименее востребуемым стал Internet Explorer Microsoft;
- социальная сеть ВКонтакте стала самой популярной среди респондентов

(66,7%), Instagram (запрещенный в России) и RuTube/YouTube набрали по 13,2% и 11,8% соответственно. Наименее популярными социальными сетями стали Facebook (запрещенный в России) и Одноклассники, набравшие по 0,7%. Популярная среди подростков платформа TikTok оказалась на 4-ом месте опроса, получив 6,9% откликов респондентов;

– самым популярным мессенджером стал Telegram, который использует половина опрошенных. WhatsApp пользуется 20,1% респондентов, VK messenger – 16%, Viber – 13,9%. Такие мессенджеры, как Skype и Facebook messenger популярностью не пользуются (см. рис. 1).

Выводы

Проведя сравнение полученных результатов с материалами базы данных «ВЦИОМ-Спутник» можно сделать следующие выводы [3].

1. 39,3% опрошенных саратовцев ежедневно тратят 3–6 часов на использование Интернета, что соответствует данным опроса жителей условного населенного пункта с численностью населения 500–950 тыс. чел. из опроса ВЦИОМ-Спутник (39 %).

2. Социальные сети оказались также наиболее популярной целью использования Интернета как для жителей г. Саратова, так и для населения крупного российского города, согласно опросу ВЦИОМ-Спутник.

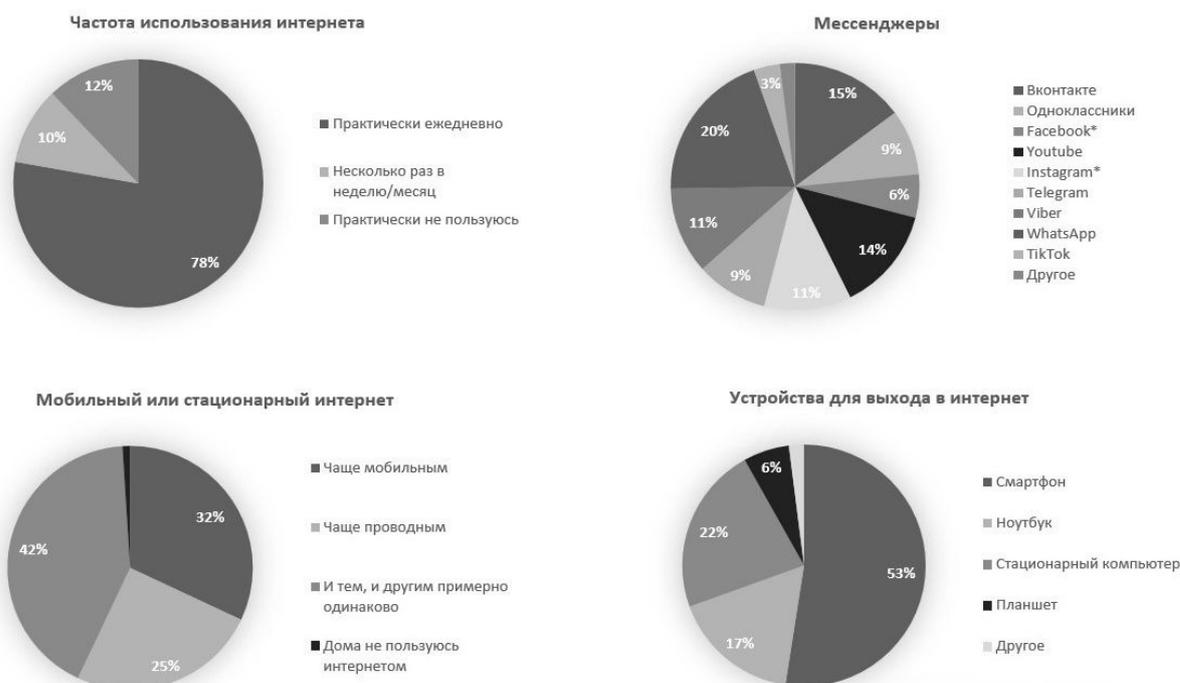


Рис. 5. Результаты опроса респондентов ВЦИОМ-Спутник [4]



3. Статистика по виду устройства доступа к сети Интернета также показала сходство в предпочтениях жителей г. Саратова и населения условного города из опроса ВЦИОМ-Спутник к смартфону (86,1% и 53% соответственно).

4. Популярность интернет-браузера Google Chrome подтверждают как общероссийские, так и региональные исследования (65,5% и 74,5% соответственно). Однако популярность браузера Safari у жителей г. Саратова выше среднероссийской (15,6% и 8,6% соответственно), что можно объяснить большим распространением устройств с операционной системой IOS.

5. Самой популярной социальной сетью (с большим перевесом по сравнению с остальными) у саратовцев оказался ВКонтакте, тогда как для респондентов крупного российского города из опроса ВЦИОМ-Спутник указанная сеть хоть и заняла первое место по популярности, но без явного перевеса. По России в целом лидирует RuTube/Youtube. Наименее популярной для россиян стал TikTok, а у саратовцев он занял 4-е место.

Несмотря на региональные отличия в целях, видах, потребителях использования сети Интернет, его популярность с каждым годом только возрастает. Это вполне ожидаемое социальное явление в условиях нарастающей информационной образованности и обеспеченности населения всевозможными девайсами. Однако

не стоит забывать и о социальных рисках, неотвратимо появляющихся с увеличением времени, проводимого в Интернете, уменьшением возраста потенциальных потребителей его ресурсов и возрастанием спектра предоставляемых услуг и возможностей.

Библиографический список

1. Прохорова Е. А. Социально-экономические карты: учебное пособие. Москва : КДУ, 2010. 424 с. EDN: QKJNON
2. Интернет и соцсети в России в 2021 году – вся статистика. URL: <https://www.web-canape.ru/business/internet-i-socseti-v-rossii-v-2021-godu-vsya-statistika/> (дата обращения: 14.11.2022).
3. Молочко А. В., Гусев В. А., Хворостухин Д. П. Географические информационные системы в территориальном планировании и управлении: методические указания к выполнению лабораторных и самостоятельных работ. Саратов : ИЦ «Наука», 2016. 96 с. EDN: VNQJOL
4. База результатов опросов россиян «Спутник». URL: https://bd.wciom.ru/baza_rezultatov_sputnik/ (дата обращения: 04.01.2023).
5. Информационное общество в Российской Федерации. 2020: статистический сборник / Федеральная служба государственной статистики ; Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики». Электрон. текст дан. (33,6 Мб). Москва : НИУ ВШЭ, 2020. URL: <https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/lqv3T0Rk/info-ob2020.pdf> (дата обращения: 14.11.2022).

Поступила в редакцию 16.11.2022; одобрена после рецензирования 10.01.2023; принята к публикации 13.03.2023
The article was submitted 16.11.2022; approved after reviewing 10.01.2023; accepted for publication 13.03.2023



Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2023. Т. 23, вып. 2. С. 87–92
Izvestiya of Saratov University. Earth Sciences, 2023, vol. 23, iss. 2, pp. 87–92
<https://geo.sgu.ru>

<https://doi.org/10.18500/1819-7663-2023-23-2-87-92>, EDN: HHCZEB

Научная статья
УДК 551.581+551.509.3



Оценка статистической значимости изменений температуры воздуха Северного полушария статистическими методами

С. В. Морозова[✉], Ек. С. Диянова, Ел. С. Диянова, В. Д. Никишова, Ю. Ю. Котова, Е. Ю. Попкова

Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского, Россия, 410012, г. Саратов, ул. Астраханская, д. 83

Морозова Светлана Владимировна, кандидат географических наук, доцент, swetwl@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5216-976X>
Диянова Екатерина Сергеевна, магистр 1-го года обучения, lzdianova@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-4713-8587>
Диянова Елизавета Сергеевна, магистр 1-го года обучения, lzdianova@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-2376-7418>
Никишова Валерия Дмитриевна, магистр 1-го года обучения, Nikishova.V@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5851-6603>
Котова Юлия Юрьевна, магистр 1-го года обучения, nesterovaj2000@gmail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2190-3025>
Попкова Екатерина Юрьевна, магистр 1-го года обучения, kropkova27@gmail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8314-9673>

Аннотация. Приводится анализ изменений приповерхностной температуры воздуха Северного полушария. Для выявления годов, в которых происходило нарушение однородности ряда, применялся метод ступенчатого тренда с использованием статистики Колмогорова. Показано, что выявленные однородные климатические интервалы в основном соответствуют естественным климатическим периодам состояния земной климатической системы. Оценка значимости изменений температуры на однородных климатических участках проводилась методом доверительных интервалов с применением критерия Стьюдента. На основе подтвержденной статистической значимости делается вывод о климатической важности изменений приземной температуры воздуха Северного полушария.

Ключевые слова: климатические изменения, статистические оценки, изменения приземной температуры воздуха Северного полушария

Для цитирования: Морозова С. В., Диянова Ек. С., Диянова Ел. С., Никишова В. Д., Котова Ю. Ю., Попкова Е. Ю. Оценка статистической значимости изменений температуры воздуха Северного полушария статистическими методами // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2023. Т. 23, вып. 2. С. 87–92. <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2023-23-2-87-92>, EDN: HHCZEB

Статья опубликована на условиях лицензии Creative Commons Attribution 4.0 International (CC-BY 4.0)

Article

Evaluating the statistical significance of air temperature changes in the Northern hemisphere by statistical methods

S. V. Morozova[✉], Ek. S. Diyanova, El. S. Diyanova, V. D. Nikishova, Yu. Yu. Kotova, E. Yu. Popkova

Saratov State University, 83 Astrakhanskaya St., Saratov 410012, Russia

Svetlana V. Morozova, swetwl@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5216-976X>
Ekaterina S. Diyanova, lzdianova@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-4713-8587>
Elisaveta S. Diyanova, lzdianova@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-2376-7418>
Valeria D. Nikishova, Nikishova.V@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5851-6603>
Yulia Yu. Kotova, nesterovaj2000@gmail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2190-3025>
Ekaterina Yu. Popkova, kropkova27@gmail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8314-9673>

Abstract. The analysis of changes in the near-surface air temperature of the Northern Hemisphere is given. To identify years in which there was a violation of the series homogeneity, the stepwise trend method was applied using Kolmogorov statistics. It is shown that the identified homogeneous climatic intervals basically correspond to the natural climatic periods of the state of the Earth's climate system. The assessment of the significance of temperature changes in homogeneous climatic areas was carried out by the method of confidence intervals using Student's t-test. Based on the confirmed statistical significance, the conclusion is made about the climatic significance of changes in the surface air temperature of the Northern Hemisphere.

Keywords: climate change, statistical estimates, surface air temperature changes in the Northern Hemisphere

For citation: Morozova S. V., Diyanova Ek. S., Diyanova El. S., Nikishova V. D., Kotova Yu. Yu., Popkova E. Yu. Evaluating the statistical significance of air temperature changes in the Northern hemisphere by statistical methods. *Izvestiya of Saratov University. Earth Sciences*, 2023, vol. 23, iss. 2, pp. 87–92 (in Russian). <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2023-23-2-87-92>, EDN: HHCZEB

This is an open access article distributed under the terms of Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC0-BY 4.0)



Ведение

Современные изменения приповерхностной температуры воздуха в целом по земному шару и в каждом из полушарий показывает ее прогрессивный рост. Графики изменения приповерхностной температуры воздуха регулярно публикуются в Оценочных докладах ИРСС, в Оценочных докладах Росгидромета [1–4]. Прогрессивный рост приземной температуры воздуха фиксируется с конца XIX века, однако на фоне ее роста имеются интервалы, в которых среднеглобальная температура земного шара и полушарий либо не изменяется, либо даже обнаруживает тенденцию к понижению. Наиболее известные из них – период стабилизации в 50–60-х гг. XX века, приостановка потепления в нулевых годах XXI века. В научной литературе для них закрепились определенные названия – малый ледниковый период в Европе, первая волна глобального потепления, период стабилизации, вторая волна глобального потепления [1, 5, 6].

Интересно выявить границы климатических интервалов, в которых температура воздуха показывает однонаправленную тенденцию изменения, и оценить статистическую и климатическую значимость изменений приповерхностной температуры воздуха Северного полушария.

Считаем, что исследования климатических изменений целесообразнее проводить не по стандартным климатическим промежуткам (десяти-, тридцатилетиям и т. п.), а с привязкой к циклическим климатическим изменениям. Безусловно, циклическость изменений температуры обуслована с действием природных факторов. На интервалах времени масштабов нескольких десятилетий главным фактором климатической изменчивости является общая циркуляция атмосферы. Надежные пространственные данные о режиме общей циркуляции атмосферы имеются с 1949 г., поэтому целью настоящей статьи стала оценка значимости изменений приповерхностной температуры воздуха Северного полушария с 1949 по 2021 г. различными статистическими методами.

Исходные данные. Методика исследования

Исходными материалами для выполнения исследования послужили данные об аномалиях приповерхностных средних месячных и годовых температур воздуха Северного полушария [7]. Выбранный для исследования временной интервал (с 1949 по 2021 г.) охватывает два естественных климатических периода состояния земной климатической системы (ЗКС) – период стабилизации и вторую волну глобального потепления. Термин «естественный климатический период» был введен С. В. Морозовой [8–11].

Исследования проводились для средних годовых значений температуры и температур центральных месяцев основных и переходных сезонов года – января, апреля, июля и октября. Для достижения поставленной цели к исходным временным рядам применялись разные статистические методы: тренд-анализ (линейный и ступенчатый), скользящее осреднение, а также рассчитывались некоторые статистические показатели – стандартные статистические моменты (среднее значение, дисперсия, среднеквадратическое отклонение) [12–14]. Объективность статистических расчетов и климатических обоснований проверялась с помощью статистики Колмогорова, критериев Стьюдента и Фишера. [15–16].

Результаты и их обсуждение

С помощью линейного тренда оценена скорость роста температуры воздуха Северного полушария в период с 1949 по 2021 г., охватывающий два естественных климатических периода состояния ЗКС – период стабилизации и вторую волну глобального потепления. Статистические характеристики изменения температуры за этот интервал приведены в табл. 1.

Согласно данным, приведенным в табл. 1, самые большие средние аномалии температуры воздуха Северного полушария оказались в январе, что подтверждается самой большой скоростью ее роста в этом месяце ($\alpha = 0,0355$). Самый слабый рост и, соответственно, самые малые аномалии температуры воздуха характерны для лета. Средние аномалии температуры в переходные

Таблица 1

Статистические характеристики изменения средней приповерхностной температуры воздуха Северного полушария с 1949 по 2021 г.

Месяц	Статистические характеристики			Год нарушения однородности
	\bar{X}	α	σ^2	
Январь	0,59	0,0355	0,054	1978
Апрель	0,33	0,0193	0,171	1988
Июль	0,28	0,0166	0,119	1986
Октябрь	0,32	0,0202	0,152	1976
Среднее многолетнее	0,31	0,0018	0,140	1978



сезоны года оказались примерно одинаковыми. Следует отметить интересный факт: скорость роста температуры на исследуемом временном промежутке в октябре оказалась выше, чем в апреле (0,0202 и 0,0193 соответственно).

Кроме того, дисперсия оказывается самой большой в переходные сезоны года, а самой малой – зимой (январь). Данный факт сам по себе интересен тем, что наибольшая изменчивость погодно-климатического режима, а следовательно, и температур, характерны для зимы. Полученный авторами результат, выходящий за «климатические правила», объясняется, по видимому, тем, что анализ проводился для средней глобальной температуры всего Северного полушария, включая и Арктический регион, и тропическую зону. Сформулированное «климатическое правило» о наибольшей изменчивости температурного режима зимой характерно только для умеренных широт.

Поскольку выбранный временной интервал включает в себя два естественных климатических периода состояния земной климатической системы, то важным представляется вопрос об объективном выделении границы между этими периодами. Как указывалось ранее, данная задача решалась статистическими приемами – методом ступенчатого тренда и методом доверительных интервалов.

С применением методики ступенчатого тренда и статистики Колмогорова в каждом временном ряду выявлялись годы нарушения однородности ряда. Для годовых значений это 1964 и 1978 гг.; для января – 1978 и 1995 гг.; для апреля – 1955 и 1988 гг.; для июля – 1964, 1977, 1985, 1988, 1997, 2002 и 2015 гг.; и для октября – 1954, 1962, 1964, 1967, 1971, 1973, 1976, 1978, 1983, 1986 и 1989 гг. Укажем, что из всех этих лет выбирался только один, в котором наблюдалось самое большое колебание уровня ряда. Именно этот год и помещался в табл. 1 как год нарушения статистической однородности. Укажем, что, согласно методике, год нарушения однородности считается годом начала нового стационарного участка [12, 13].

Известно, что статистические методы в применении к природным процессам имеют определенную долю условности. Интересно оценить визуально корректность статистического выделения года нарушения однородности ряда. Для этого рассмотрим графики изменения аномалий приповерхностной температуры воздуха Северного полушария.

Ход аномалии годовой температуры Северного полушария представлен на рис. 1. Видно, что изгиб в ходе температурной кривой приходится на начало 70-х годов XX века. Статистически выявленным годом нарушения однородности стал 1978 год (см. табл. 1) Таким образом, статистически выделенный год нарушения однородности отличается от визуальной оценки.

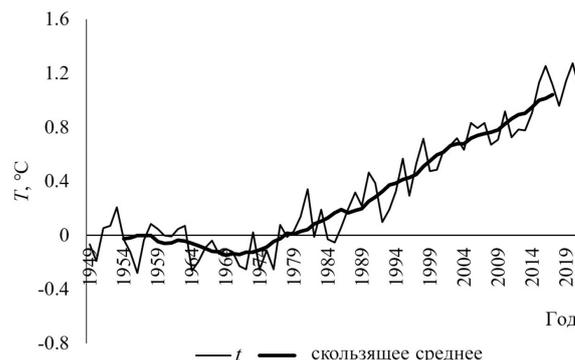
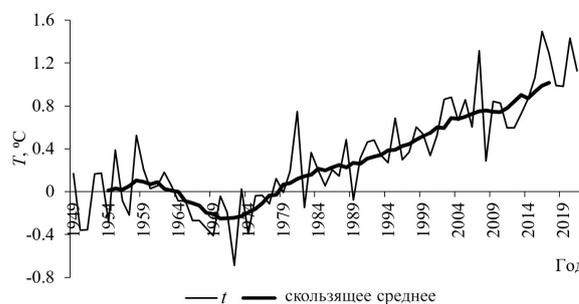
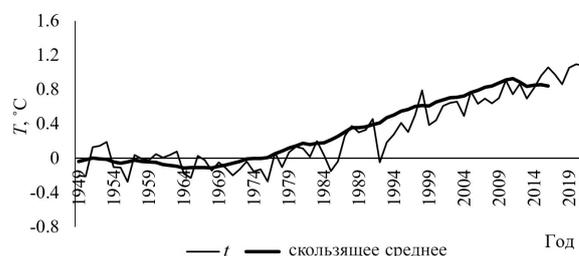


Рис. 1. Ход аномалии годовой температуры (t) Северного полушария, °С, по: [7]. Жирной линией показано 11-летнее скользящее среднее

Аналогично оценим корректность статистического выделения года нарушения однородности для временных рядов анализируемых месяцев. Анализ графиков температур января и июля также показал несоответствие выявляемого графически и статистически года нарушения однородности. Согласно визуальной оценке (рис. 2, а, б), изгиб в ходе кривой аномалии температуры приходится в обоих этих месяцах на конец 60-х гг. XX века. По методике ступенчатого тренда годы нарушения однородности тоже оказались существенно сдвинуты. Так, для января сдвиг составил примерно одно десятилетие, а для июля – около двух десятилетий.



а



б

Рис. 2. Ход аномалии средней месячной температуры (t) Северного полушария, °С, по: [7]. Жирной линией показано 11-летнее скользящее среднее (а – январь, б – июль)

Отметим, что июльский «сдвиг» наиболее сильно расходится с результатами визуального анализа. Поэтому в качестве года нарушения однородности в июле выбран 1977 г., показавший



второй по значимости перепад температур от одного стационарного участка к другому. Считаем, что выбор именно этого года годом нарушения однородности ряда лучше отражает естественную климатическую изменчивость.

Анализ графиков аномалий средних месячных температур в центральные месяцы переходных сезонов года (рис. 3, а, б) показал довольно большое расхождение статистической и визуальной оценки в апреле (около двух десятилетий) и довольно хорошее согласование в октябре. В октябре статистическим годом нарушения однородности стал 1976 г., графически изгиб кривой приходится на начало 70-х гг. XX века.

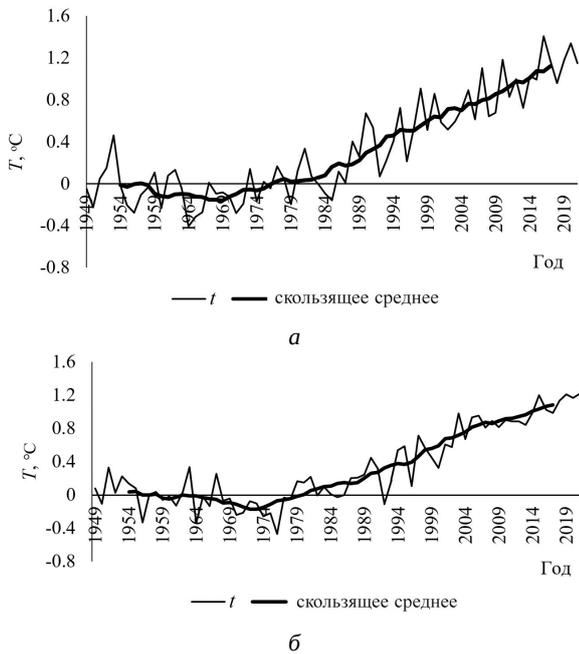


Рис. 3. Ход аномалии средней месячной температуры (t) Северного полушария, °С, по: [7]. Жирной линией показано 11-летнее скользящее среднее (а – апрель, б – октябрь)

Поскольку для апреля все выявленные статистически годы нарушения однородности (1955 г., 1988 г.) плохо согласуются с визуальными оценками, то в дальнейшем для апреля за начало нового стационарного участка принят 1988 г.

Согласно помещенным в табл. 1 данным, рассчитаны статистические характеристики на стационарных участках, соответствующих периоду стабилизации и второй волне глобального потепления (табл. 2).

Как видно из табл. 2, средние значения аномалий приповерхностной температуры воздуха Северного полушария от периода стабилизации ко второй волне глобального потепления повышаются. В период стабилизации средние приповерхностные аномалии температуры в целом снижались ($\alpha_{\text{год}} = -0,004$), однако такая устойчивая тенденция прослеживается не во все месяцы. Снижение температур в период стабилизации устойчиво проявляется в осенне-зимний сезон ($\alpha_{\text{январь}} = -0,007$, $\alpha_{\text{октябрь}} = -0,003$). В июле не обнаружено ни роста, ни повышения температуры. В апреле в период стабилизации средние глобальные температуры очень слабо, но росли ($\alpha_{\text{апрель}} = 0,002$).

Во вторую волну глобального потепления отмечен рост средней полушарной температуры воздуха и во все сезоны, и в целом за год. Наиболее сильный рост отмечается в январе ($\alpha_{\text{январь}} = 0,028$). Интересно, что во все остальные месяцы (апрель, июль, октябрь) температуры растут примерно с одинаковой скоростью.

Наибольшая дисперсия в период стабилизации (см. табл. 2) имеет место в январе, а наименьшая – летом, что соответствует сезонным климатическим особенностям. Кроме того, во вторую волну глобального потепления наибольшая изменчивость температуры наблюдается в октябре, а наименьшая – в январе. Такое выявленное несоответствие изменчивости глобальных температур во вторую волну глобального потепления основным климатическим правилам, возможно, связано с довольно активными климатическими процессами в земной климатической системе.

Анализ значимости изменения температуры в исследуемые климатические периоды и оценка изменчивости температур внутри периодов представлен в табл. 3.

Доверительные интервалы показали статистическую значимость изменения температуры от одного периода к другому в январе, апреле,

Таблица 2

Статистические характеристики изменения температуры в период стабилизации и во вторую волну глобального потепления

Месяц	I период			II период		
	\bar{X}	α	σ^2	\bar{X}	α	σ^2
Январь	-0,07	-0,007	0,042	0,61	0,028	0,041
Апрель	-0,04	0,002	0,019	0,74	0,020	0,078
Июль	-0,04	0,000	0,012	0,63	0,025	0,052
Октябрь	0,04	-0,003	0,015	0,39	0,026	0,176
Среднее многолетнее	-0,07	-0,004	0,010	0,56	0,020	0,096



Таблица 3

Оценка статистической значимости температуры воздуха в период стабилизации и вторую волну глобального потепления

Месяц	Доверительные интервалы		Уровень значимости, %	Критерий Фишера	
	I	II		F	F _{кр.}
Январь	[-0,29; 0,15]	[0,25; 0,97]	95	1,06	2,3
Апрель	[-0,28; 0,19]	[0,50; 1,21]	95	3,9	1,94
Июль	[-0,23; 0,15]	[0,24; 1,02]	95	4,4	1,8
Октябрь	[-0,12; 0,20]	[-0,14; 0,90]	90	11,7	3,48
Среднее многолетнее	[-0,21; 0,07]	[0,15; 0,96]	90	8,5	1,7

июле на 95%-ном уровне. В октябре и в целом за год отсутствие перекрытия интервалов от одного климатического периода к другому обнаружено только на 90%-ном уровне значимости.

Оценка изменчивости температуры в два климатических периода, согласно критерию Фишера, показала значимость изменений во все исследуемые месяцы, кроме января, и в целом за год. Изменчивость температур в более теплый период оказалась выше, чем в более холодный, что также не характерно для земной климатической системы. Выявленный рост изменчивости согласуется с возрастающей повторяемостью аномальных явлений погоды на фоне второй волны глобального потепления [1, 2].

Выводы

В результате проведенного анализа по выявлению статистической значимости изменения приповерхностной температуры воздуха Северного полушария было получено.

1. Метод ступенчатого тренда в применении к рядам аномалий приповерхностной температуры воздуха Северного полушария не продемонстрировал достаточную надежность, не всегда годы нарушения однородности совпадали с визуальным графическим отображением климатической изменчивости. Следовательно, в статистическом анализе рядов температуры метод ступенчатого тренда не обнаруживает нужной чувствительности.

2. Применение метода доверительных интервалов с использованием критерия Стьюдента показало значимость изменений температуры воздуха от периода стабилизации ко второй волне глобального потепления при 95%-ном уровне в январе, апреле и июле. Статистическая, а следовательно, и климатическая значимость изменений приповерхностной температуры воздуха Северного полушария от одного естественного климатического периода к другому для температур января и средних годовых значений обнаруживается только при 90%-ном уровне значимости.

3. Изменчивость температур в период стабилизации соответствует сезонным изменениям – наиболее сильная изменчивость наблюдается

зимой, наиболее слабая – летом. Во вторую волну глобального потепления, наоборот, изменчивость летних температур оказалась больше, чем зимних. Такое несоответствие «климатическим» правилам во вторую волну глобального потепления может указывать на развитие нехарактерных процессов в земной климатической системе, стремящихся сохранить климатическое равновесие и стабильность в ЗКС.

4. Возрастающая изменчивость температурного режима от периода стабилизации ко второй волне глобального потепления, подтвержденная критерием Фишера, позволяет сделать вывод о развивающейся нестабильности в земной климатической системе.

Библиографический список

1. Второй оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. Общее резюме. Москва : Группа море, 2014. 60 с.
2. Третий оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации / под редакцией В. М. Катцова ; Росгидромет. Санкт-Петербург : Научное издание, 2022. 676 с.
3. IPCC–Intergovernmental Panel on Climate Change / editors : R. K. Pachauri, L. A. Meyer. New York : Cambridge University Press, 2014. 1535 p.
4. IPCC 2022 : Climate Change 2022 : Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change / editors H.-O. Pörtner, D. C. Roberts, M. Tignor, E. S. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Löschke, V. Möller, A. Okem, B. Rama. Cambridge University Press. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, 2022. 3056 p. <https://doi.org/10.1017/9781009325844>
5. *Переведенцев Ю. П.* Теория климата. Казань : Издательство Казанского университета, 2009. 504 с. EDN: KUITEN
6. *Шерстюков Б. Г.* Региональные и сезонные закономерности изменений современного климата. Обнинск : ВНИГМИ-МЦД, 2008. 246 с. EDN: QKIDLB
7. Global temperature datasets // Climatic Research Unit. URL: <http://www.cru.uea.ac.uk/cru/data/temperature/#> (дата обращения: 10.10.2022).



8. Морозова С. В. Роль планетарных объектов циркуляции в глобальных климатических процессах. Саратов : Издательство Саратовского университета, 2019. 132 с. EDN: YGUSDA
9. Morozova S. V., Polyanskaya E. A., Molchanova N. P., Solodovnikov A. P. Peculiarities of the global climate tendencies in the south-east Russian plains // IOP Conference Series : Earth and Environmental Science. 2019. Vol. 381. P. 18–24.
10. Морозова С. В., Полянская Е. А., Алимпиева М. А. Исследование синоптических процессов на юго-востоке Русской равнины в различные климатические периоды // Гидрометеорология и образование. 2021. № 2. С. 47–55.
11. Морозова С. В. Исследование влияния общей циркуляции атмосферы на глобальный климат // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2014. Т. 14, № 1. С. 25–27. <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2014-14-1-25-27>
12. Гмурман В. Е. Теория вероятностей и математическая статистика. Москва : Высшая школа, 1972. 368 с.
13. Кобьшева Н. В., Наровлянский Г. Я. Климатологическая обработка метеорологической информации. Москва : Гидромеоиздат, 1978. 292 с.
14. Mohorji A. M., Şen Z., Almazroui M. Trend Analyses Revision and Global Monthly Temperature Innovative Multi-Duration Analysis // Springer. 2017. Earth Syst Environ. Vol. 1, article number 9. P. 25–34. <https://doi.org/10.1007/s41748-017-0014-x>
15. Малинин В. Н. Статистические методы анализа гидрометеорологической информации. Санкт-Петербург : РГГМУ, 2007. 407 с. EDN: QKIFPF
16. Сикан А. В. Методы статистической обработки гидрометеорологической информации. Москва : РГГМУ, 2007. 279 с. EDN: QKGTBH

Поступила в редакцию 01.03.2023; одобрена после рецензирования 10.03.2023; принята к публикации 13.03.2023
The article was submitted 01.03.2023; approved after reviewing 10.03.2023; accepted for publication 13.03.2023



Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2023. Т. 23, вып. 2. С. 93–96
Izvestiya of Saratov University. Earth Sciences, 2023, vol. 23, iss. 2, pp. 93–96
<https://geo.sgu.ru>

<https://doi.org/10.18500/1819-7663-2023-23-2-93-96>, EDN: AGFDOU

Научная статья
УДК 633.551.5



Мониторинг годовой изменчивости грозовой активности по климатическим станциям Западной Сибири

С. И. Пряхина, А. А. Котова 

Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского, Россия, 410012, г. Саратов, ул. Астраханская, д. 83

Пряхина Софья Ивановна, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, psi267269@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7226-6129>
Котова Анна Анатольевна, аспирант, anna_kotova_1995@list.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6147-4037>

Аннотация. В статье представлены результаты исследования годовой изменчивости грозовой активности по девяти климатическим станциям Западной Сибири за пятидесятилетний период с 1971 по 2020 г. В ходе исследования выявлена сложная квазипериодическая структура рядов грозовой активности с наличием в них наиболее ярко выраженной амплитуды 7–8-летних для лесотундры и 2–4-летнего цикла для таёжной зоны, а также лесостепей. Выявлен также синхронный ход периодов увеличения и спада повторяемости гроз по отдельным десятилетиям на исследуемых климатических станциях Западной Сибири.

Ключевые слова: опасные конвективные явления, гроза, Западная Сибирь

Для цитирования: Пряхина С. И., Котова А. А. Мониторинг годовой изменчивости грозовой активности по климатическим станциям Западной Сибири // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2023. Т. 23, вып. 2. С. 93–96. <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2023-23-2-93-96>, EDN: AGFDOU

Статья опубликована на условиях лицензии Creative Commons Attribution 4.0 International (CC-BY 4.0)

Article

Monitoring of annual variability of thunderstorm activity for climatic stations of Western Siberia

S. I. Pryakhina, A. A. Kotova 

Saratov State University, 83 Astrakhanskaya St., Saratov 410012, Russia

Sofya I. Pryakhina, psi267269@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7226-6129>

Anna A. Kotova, anna_kotova_1995@list.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6147-4037>

Abstract. The article presents the study results of the annual variability of thunderstorm activity at nine climatic stations in Western Siberia over a fifty-year period from 1971 to 2020. The study revealed a complex quasi-periodic structure of thunderstorm activity series with the most pronounced amplitude of 7–8-year cycles for the forest-tundra and a 2–4-year cycle for the taiga zone, as well as forest-steppes. A synchronous course of increase and decrease periods in the frequency of thunderstorms for individual decades at the studied climatic stations in Western Siberia was revealed.

Keywords: dangerous convective phenomena, thunderstorm, Western Siberia

For citation: Pryakhina S. I., Kotova A. A. Monitoring of annual variability of thunderstorm activity for climatic stations of Western Siberia. *Izvestiya of Saratov University. Earth Sciences*, 2023, vol. 23, iss. 2, pp. 93–96 (in Russian). <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2023-23-2-93-96>, EDN: AGFDOU

This is an open access article distributed under the terms of Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC-BY 4.0)

Введение

Данная статья посвящена исследованию годовой изменчивости грозовой активности на территории Западной Сибири. Гроза относится к опасным для авиации явлениям погоды конвективного происхождения, так как с ней связаны турбулентность, обледенение, сдвиги ветра, шквалы и сильные ливневые осадки. Конвективные явления погоды одни из самых труднопрогнозируемых, сведения о которых представляют

актуальность как в научном плане, так и для решения ряда прикладных задач, в частности для авиационного прогноза.

Для исследования выбрана территория Западной Сибири, так как для этого района региональные исследования процессов формирования конвективных явлений погоды наиболее актуальны для обеспечения авиационной безопасности. Важность авиации для районов Западной Сибири, особенно её северной части, определяются тем,



что на воздушный транспорт ложится основная логистическая нагрузка, так как многие населенные пункты региона не обеспечены постоянным круглогодичным сообщением по автомобильным дорогам с твердым покрытием. Первостепенное значение в связи со слаборазвитой транспортной сетью имеет региональная авиация. Она играет важную роль в обеспечении жителей труднодоступных районов медицинской и социальной помощью.

Территория Западной Сибири имеет стратегическое значение для всей России, так как обеспечивает ее энергетическую безопасность, являясь одним из крупнейших районов нефтегазовой разработки в мире. Субъекты, расположенные на территории исследуемого региона, Ямало-Ненецкий и Ханты-Мансийский автономные округа, являются регионами-донорами для российского бюджета. На территории региона ведется не только добыча углеводородного сырья, но и активная разработка леса, достаточно хорошо развиты пушной и рыбный промыслы.

Западная Сибирь – это природный регион, который находится между Уральскими горами на западе и долиной реки Енисей на востоке, его площадь составляет около 2,8 млн км². Почти 80% площади Западной Сибири занимает Западно-Сибирская равнина. С севера на юг территория региона протянулась почти на 2500 км: от северного Ледовитого океана до возвышенностей Казахского мелкосопочника, и на 1900 км с запада на восток: от Уральских гор до Средне-сибирского плоскогорья.

К физико-географическим особенностям Западной Сибири относится большая площадь заболоченной территории, которая составляет 800 тыс. км. [1]. В исследуемом регионе расположено самое большое болото в мире – Васюганское, его площадь составляет 55 тыс. км².

Западная Сибирь расположена в центре Азиатского материка, где ощущается влияние как океана, так и континента. Влияние континента выражается в большой повторяемости антициклональной погоды, в интенсивной трансформации воздушных масс летом и зимой. Открытость территории с севера обеспечивает проникновение холодной арктической воздушной массы со стороны северного Ледовитого океана на континент в течение всего года. Открытость со стороны степей Казахстана обеспечивает вынос теплой умеренной или даже тропической воздушной массы с юга на север [2].

Протяженность территории в меридиональном направлении при преимущественно равнинном рельефе обуславливает ярко выраженную широтную зональность размещения природных зон: тундры, лесотундры, тайги, лесостепей и степей. Протяженность исследуемого региона в долготном направлении обуславливает разницу в климатическом режиме и проявление

синоптических процессов над разными частями Западной Сибири, поэтому в исследовании годовая динамика грозовой активности рассматривалась отдельно для северной и южной частей Западной Сибири

Объект, материал и метод исследования

Материалом для исследования послужили материалы из базы данных ВНИИГМИ–МЦД [3] по атмосферным явлениям по данным ежедневных восьми срочных наблюдений за пятидесятилетний период с 1971–2021 г. по девяти климатическим станциям Западной Сибири: Салехард, Березово, Ханты-Мансийск, Леуши, Курган, Ишим, Омск, Томск и Барнаул. В качестве характеристики грозовой активности рассматривалось число дней с грозой в году, по данным визуальных наблюдений на климатических станциях.

Выбор перечисленных климатических станций обусловлен протяженностью исследуемого региона с севера на юг. Территорию севера Западной Сибири характеризуют следующие климатические станции: метеостанция Салехард – расположена на границе двух природных зон: тундры, лесотундры и также в зоне перехода из субарктического в умеренный климатический пояс. Остальные станции севера исследуемой территории расположены в умеренном климатическом поясе, но в разных природных зонах: Березово в лесотундре, а Ханты-Мансийск и Леуши в тайге.

Климатические станции южной части Западной Сибири находятся под влиянием континентального климата и характеризуют следующие природные зоны: Томск – смешанные леса, Ишим и Барнаул – лесостепи, Омск и Курган – степи.

Объектом исследования является годовая изменчивость грозовой активности на территории Западной Сибири. В качестве характеристики грозовой активности рассматривается число дней с грозой в год, т. е. считалась сумма дней, когда хотя бы в один из восьми сроков по ежедневным круглосуточным климатическим наблюдениям на указанных метеорологических станциях отмечалась гроза. Необходимо сказать, что для всех выбранных станций, за исключением метеостанций Барнаула и Томска, отсутствуют данные за 1977 г. в базе ВНИИГМИ–МЦД.

Для анализа данных в статье использовались стандартные методы математической статистики.

Результаты и их обсуждение

Проанализировав ряд климатических данных с 1971–2020 г., полученных по ежедневным восьми срочным наблюдениям, был построен график, который характеризует динамику изменения грозовой активности по пяти десятилетиям на территории Западной Сибири в зависимости



от природной зоны: тундры, лесотундры, тайги, зоны смешанных лесов, лесостепи и степи.

На рис. 1, а, б, которые характеризует динамику грозовой активности для северной и южных частей исследуемой территории соответственно, показан синхронный ход общего числа дней с грозой по десятилетиям. На всех исследуемых станциях отмечается синхронный ход грозовой активности: рост в период 1981–1990 гг. по сравнению с предыдущим десятилетием, сменяется падением в следующем десятилетии 1991–2000 гг., затем отмечается рост и падение в последнем десятилетии.

Наиболее четко выраженный синхронный ход прослеживается на станциях севера Западной Сибири: Салехард, Ханты-Мансийск и Леуши, на остальных станциях, в южной части исследуемой территории, падению повторяемости числа дней с грозой соответствуют слабый рост или ровный ход.

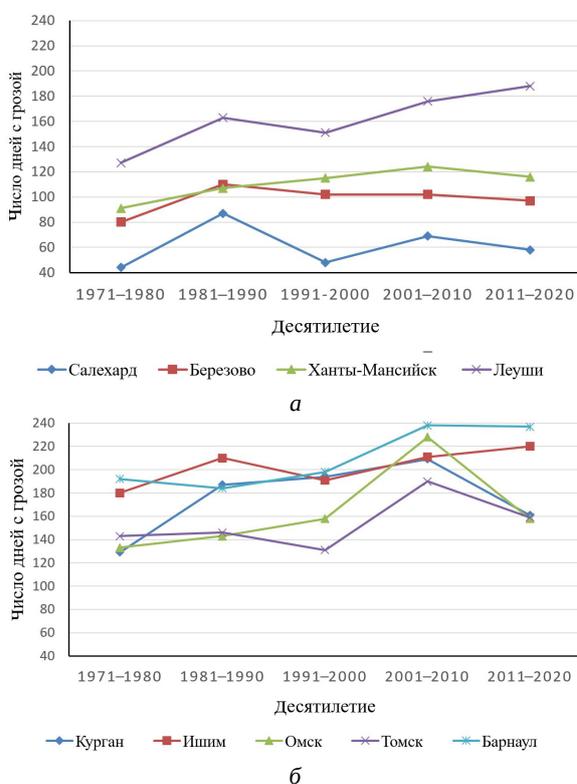


Рис. 1. Динамика грозовой активности с 1971 по 2020 г. на территории Западной Сибири: а – северная часть: климатические станции Салехард, Березово, Ханты-Мансийск, Леуши; б – южная часть: климатические станции Курган, Ишим, Томск, Омск, Барнаул

В ходе исследования рассматривалась также динамика грозовой активности отдельно за каждый год по выбранным климатическим станциям. Были построены графики, представленные на рис. 2–4. На графиках отмечено две горизонтальные линии: нижняя очерчивает года с низкой грозовой активностью, а верхняя – с высокой. Все годы, в которых отмечалось более

120% от среднего числа дней с грозой за пятидесятилетний период с 1971 до 2020 г., были отнесены к годам высокой грозовой активности, а менее 80% от среднего годового значения – к годам низкой грозовой активности.

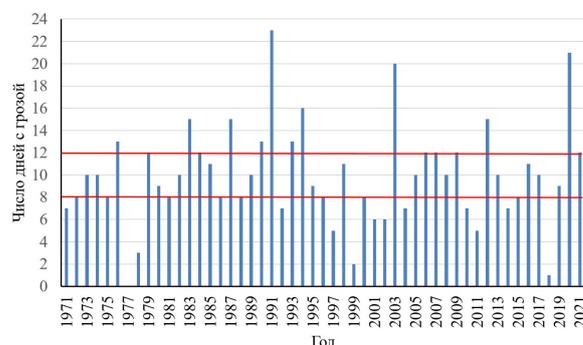


Рис. 2. График общего числа дней с грозой за год с 1971 по 2021 г. для климатической станции Березово

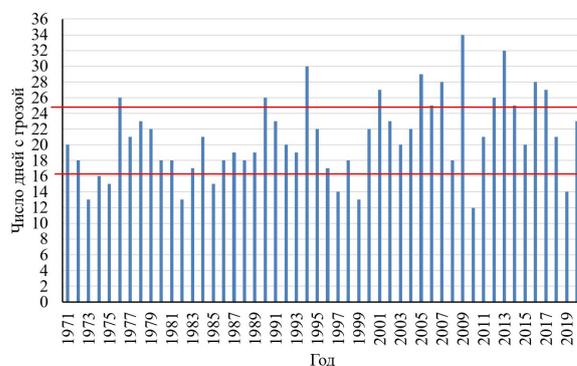


Рис. 3. График общего числа дней с грозой за год с 1971 по 2021 г. для климатической станции Барнаул

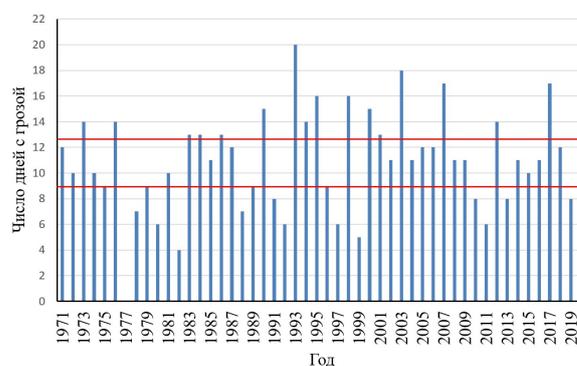


Рис. 4. График общего числа дней с грозой за год с 1971 по 2021 г. для климатической станции Ханты-Мансийск

Проанализировав полученные графики, можно сделать вывод, что в последние три десятилетия в динамике грозовой активности выделяется квазипериодическая структура: 2–4 года и 7–8 лет, в зависимости от природной зоны. Для климатической станции Березово (см. рис. 2), которая находится в природной зоне лесотундра, выделяются периоды 7–8 лет между пиками грозовой активности. Наиболее отчетливо прослеживаются периоды 2–4 года на рис. 3, 4,



на которых изображены графики грозовой активности на климатических станциях Ханты-Мансийск и Барнаул соответственно. Ханты-Мансийску соответствует природная зона тайга, Барнаулу – лесостепи.

Рассмотрим структуру периодичности грозовой активности для климатической станции Ханты-Мансийск:

- 1) в 1990 г. наблюдается высокая грозовая активность – 15 дней с грозой за год, затем в течение двух лет отмечается спад грозовой активности: 6–8 дней с грозой за год. Сразу после минимального значения следует период высокой грозовой активности в течение трёх лет, когда отмечалось от 14 до 20 дней с грозой в год;
- 2) следующий период спада начинается с 1996 г. и длится также 2 года, затем наблюдается пик грозовой активности (16 дней с грозой) и далее динамика сохраняется: за одним пиком грозовой активности, когда отмечается от 14 до 20 дней с грозой в год, следует период спада в течение 2–4 лет.

Выводы

На климатических станциях севера Западной Сибири отмечается синхронное резкое увеличение грозовой активности с середины 70-х гг. XX века. Можно предположить, что резкий рост повторяемости гроз вызван антропогенным фактором, так как именно в этот период на исследуемой территории началось крупномасштабное освоение нефтегазовых месторождений, что связано с изменением рельефа местности, вырубкой лесов, что способствует заболачиванию местности и приводит к изменению температурно-влажностного режима подстилающей поверхности, а следовательно, и к усилению грозовой деятельности.

Отчетливо прослеживается широтное распределение увеличения числа дней с грозой: при продвижении с севера на юг грозовая активность увеличивается в среднем на 30% за пять десятилетий с 1971 по 2020 г.

Рассматривая динамику грозовой активности отдельно по десятилетиям, можно сказать, что общий рост в одном десятилетии сменяется спадом в следующем десятилетии. В последнем десятилетии отмечается спад грозовой активности на большинстве выбранных климатических станциях.

В процессе исследования выявлена сложная квазипериодическая структура многолетних

рядов грозовой активности над разными природными зонами территории Западной Сибири с наличием в них наиболее ярко выраженной амплитуды 7–8-летних для лесотундры и 2–4-летнего цикла для таёжной зоны, а также лесостепей. Максимумы грозовой активности, наблюдаемые на всех исследуемых климатических станциях, согласуются с квазидвухлетней циклическостью атмосферы. Наличие периода 2–4-летнего цикла грозовой активности согласуется с повторяемостью местных циклонов для таёжной зоны в районе междуречья Обь–Иртыш, согласно ранее проведенным исследованиям местного циклогенеза над Западно-Сибирским регионом В. П. Горбатенко с соавторами [4].

Изучение и выделение циклов грозовой активности для каждого отдельно взятого прогностического подразделения имеет важное прикладное значение для улучшения качества авиационного прогнозирования опасных конвективных явлений. Таким образом, синхронный ход грозовой активности и квазипериодическая структура рядов числа дней с грозой могут учитываться при прогнозировании опасных явлений погоды конвективного происхождения. Например, для прогностического подразделения Ханты-Мансийск следует учитывать, что за самым минимальным значением (5–8 дней с грозой) следует значение более 13, что соответствует показателю высокой грозовой активности, затем наблюдается период спада, когда значения вновь опускаются до 5–8 дней с грозой в год. Исходя из этого можно предположить, что для климатической станции Ханты-Мансийск после пика грозовой активности в 2020 г., когда отмечалось 19 дней с грозой, наступил период спада, и следующий пик грозовой активности будет в 2023 г., предположительно общее число дней с грозой за год составит 16–20 дней.

Библиографический список

1. *Инишева Л. И.* Болота Западной Сибири: книга-альбом. Томск : Издательство ТГПУ, 2007. 63 с.
2. *Орлова В. В.* Климат СССР. Западная Сибирь. Ленинград : Гидрометеоздат, 1962. 360 с.
3. Данные о температуре воздуха, облачности и числе дней с грозой (с начала XX века и по настоящее время) // ВНИИГМИ МЦД : [сайт]. URL: <http://meteo.ru> (дата обращения: 11.11.2022).
4. *Горбатенко В. П., Тунаев Е. Л., Пустовалов К. Н., Волкова М. А., Нечепуренко О. Е.* Изменения циклогенеза над Западной Сибирью в 1976–2017 гг. // *Фундаментальная и прикладная климатология*. 2020. № 8. С. 35–57. <https://doi.org/10.21513/2410-8758-2020-2-35-57>, EDN: YRYHVV

Поступила в редакцию 16.02.2023; одобрена после рецензирования 10.03.2023; принята к публикации 13.03.2023
The article was submitted 16.02.2023; approved after reviewing 10.03.2023; accepted for publication 13.03.2023



ГЕОЛОГИЯ

Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2023. Т. 23, вып. 2. С. 97–102

Izvestiya of Saratov University. Earth Sciences, 2023, vol. 23, iss. 2, pp. 97–102

<https://geo.sgu.ru>

<https://doi.org/10.18500/1819-7663-2023-23-2-97-102>, EDN: OMWDII

Научная статья

УДК [504.5:55:622](98)(045)

О миграции нефтезагрязнений в деятельном слое и возможность их проникновения в многолетнемерзлые породы

М. Г. Губайдуллин, Т. А. Турובה✉

Северный (Арктический) федеральный университет им. М. В. Ломоносова, Россия, 163002, г. Архангельск, набережная Северной Двины, д. 17

Губайдуллин Марсель Галиулович, доктор геолого-минералогических наук, профессор, m.gubaidulin@narfu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4413-4807>

Турובה Татьяна Александровна, аспирант, turobova.t@edu.narfu.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5626-5807>

Аннотация. В статье дан анализ изученности проблемы миграции нефтезагрязнений в верхней части геологической среды в условиях Крайнего Севера, где перемещение нефтезагрязнений происходит преимущественно в слое сезонного промерзания и оттаивания криолитозоны. Рассмотрены факторы, влияющие на растекаемость и перенос нефти, в том числе акцентировано внимание на процессы формирования возможных миграционных путей в мерзлые породы. Был сделан вывод о том, что наибольшее влияние на характер и распределение нефтезагрязнений оказывают процессы оттаивания и промерзания деятельного слоя за счет вытеснения нефти из зоны промерзания в зону оттаивания. Сделано заключение о возможности проникновения нефтезагрязнения из загрязненного деятельного слоя в нижележащие многолетнемерзлые породы.

Ключевые слова: Крайний Север, разлив нефти, геологическая среда, миграция нефтезагрязнения, деятельный слой, многолетнемерзлые породы

Для цитирования: Губайдуллин М. Г., Турובה Т. А. О миграции нефтезагрязнений в деятельном слое и возможность их проникновения в многолетнемерзлые породы // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2023. Т. 23, вып. 2. С. 97–102. <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2023-23-2-97-102>, EDN: OMWDII

Статья опубликована на условиях лицензии Creative Commons Attribution 4.0 International (CC-BY 4.0)

Article

On the migration of oil pollution in the active layer and the possibility of their penetration into permafrost

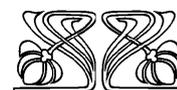
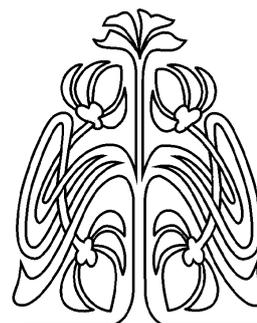
М. G. Gubaidullin, T. A. Turobova✉

Northern (Arctic) Federal University named after M. V. Lomonosov, 17 Naberezhnaya Severnoy Dviny, Arkhangelsk 163002, Russia

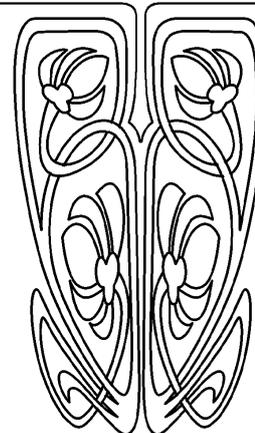
Marsel G. Gubaidulin, m.gubaidulin@narfu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4413-4807>

Tatyana A. Turobova, turobova.t@edu.narfu.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5626-5807>

Abstract. Based on the review of the published data, the article analyzes the study of the problem of oil pollution migration in the upper part of the geological environment in the conditions of the Far North, where the movement of oil pollution occurs mainly in the layer of seasonal freezing and thawing of the cryolithozone. The factors influencing the spreadability and transport of oil, including the focus on the processes of formation of possible migration routes into frozen rocks are considered. It was concluded that the processes of thawing and freezing of the active



**НАУЧНЫЙ
ОТДЕЛ**





layer due to the displacement of oil from the freezing zone into the thawing zone have the biggest impact on the nature and distribution of oil pollution. The conclusion is made about the possibility of penetration of oil pollution from the contaminated active layer into the underlying permafrost.

Keywords: Far North, oil spill, geological environment, oil pollution migration, active layer, permafrost

For citation: Gubaidullin M. G., Turobova T. A. On the migration of oil pollution in the active layer and the possibility of their penetration into permafrost. *Izvestiya of Saratov University. Earth Sciences*, 2023, vol. 23, iss. 2, pp. 97–102 (in Russian). <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2023-23-2-97-102>, EDN: OMWDII

This is an open access article distributed under the terms of Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC0-BY 4.0)

Введение

Большая часть исследований по загрязнению почв углеводородами проводилась за пределами районов многолетней мерзлоты, в местах с положительными среднегодовыми температурами почвы [1, 2]. Основное внимание в этих исследованиях уделялось негативному влиянию разливов нефти на биоту, свойства почвы, а также на поверхностные и подземные воды.

За последние годы исследователями [3–5] были предприняты значительные усилия в понимании закономерностей миграции нефтезагрязнений в геологической среде, подверженной распространению многолетнемерзлых пород. Эти усилия основаны на желании лучше охарактеризовать их возможные последствия и подобрать наиболее эффективные методы санации последствий от разливов нефти.

Многолетняя мерзлота, надмерзлотные воды, тундра, устойчивые к холоду микроорганизмы, короткое лето, длительная и темная зима, низкие температуры воздуха и грунта, ежегодное замерзание и оттаивание деятельного слоя – вот лишь некоторые специфические экологические характеристики регионов Крайнего Севера. Их распространенность ограничивает практическое применение имеющихся методов восстановления и существенным образом отражается на миграции нефтезагрязнений, при этом механизмы будут отличаться от условий в умеренном климате [6].

Для выработки тактики реагирования на нештатные ситуации и подбора наиболее подходящих технологий очистки верхней части геологической среды (ГС) от нефтезагрязнений в условиях распространения многолетнемерзлых пород (ММП) необходимо знать факторы, влияющие на техногенный поток и его распределение в горизонтальном и вертикальном направлениях криолитозоны. Понимание подвижности загрязняющих веществ (ЗВ) в этих средах становится актуальным, если учесть высокую стоимость проведения исследований и мероприятий по очистке арктических регионов [7]. Наряду с этим, имеющаяся неопределенность в отношении того, какие мероприятия по ликвидации нефтеразливов могут повысить мобильность ЗВ и деградацию экосистемы из-за нарушения хрупкого теплового баланса, вызывает дополнительные вопросы при подборе

способа санации нефтезагрязненных территорий Крайнего Севера.

Цель настоящей статьи – сбор и анализ имеющейся информации о закономерностях миграции нефтезагрязнений в деятельном слое, а также рассмотрение вопроса о возможности проникновения нефтезагрязнителей в многолетнемерзлые породы.

Методы исследования

Сбор научной информации по изучаемой проблеме осуществлялся при помощи следующих поисковых систем и научных электронных библиотек: Google Scholar, ScienceDirect, eLIBRARY.RU, ЛАНЬ. В статье пристальное внимание уделялось научным статьям на английском и русском языках, опубликованных в изданиях с высоким импакт-фактором. Охват анализа с 1997 г. Поиск научных источников производился по следующим ключевым словам: миграция нефти, деятельный слой, многолетнемерзлые породы, биodeградация.

Поведение нефтезагрязнений в деятельном слое

Общепринято, что в деятельном слое (слое сезонного оттаивания и промерзания) скапливается наибольшее количество нефтезагрязнений, поэтому он является преобладающим местом биологической активности [6]. Деятельный слой подвергается сезонному промерзанию и оттаиванию в зависимости от времени года. Следовательно, распределение и размеры нефтяного загрязнения в арктических регионах напрямую зависят от того, в какое время года может произойти разлив нефти.

В периоды, когда деятельный слой замерзает, на миграцию нефти будет сильно влиять наличие льда в грунте, поэтому зимой нефтезагрязнение распространяется главным образом по поверхности снежного покрова или мерзлой почвы; при этом зимний разлив может охватить большую площадь поверхности, чем летний [8].

Летом боковое распределение вероятностного разлива нефти снижается за счет ее задержания растительным покровом. Инфильтрация атмосферного осадка может увеличить проникновение нефти в талые породы. Нефтяное загрязнение может распространяться в боковом направлении, когда оно проникает дальше в грунт и достигает поверхности мерзлых грунтов, насыщенных



льдом (поверх слоя многолетней мерзлоты). Стоит также добавить, что ЗВ могут накапливаться в зонах с повышенной глубиной оттаивания, где могут наблюдаться сезонные водонасыщенные зоны.

Распространение разливов нефти в районах с ММП в летних и зимних условиях с разными временными интервалами иллюстрирует рис. 1. В летнее время (см. рис. 1, а) нефть на поверхности оттаявшей почвы растекается и проникает в сезонно оттаявший слой, достигая верхней части мерзлоты. Нефть концентрируется на замерзшей поверхности, и начинает распространяться, накапливаясь в местных понижениях и через таликовые зоны. В этом случае появляется вероятность проникновения углеводородов в ММП [9].

Напротив, во время разлива, когда отсутствует сезонный слой оттаивания, нефть растекается только по поверхности мерзлой почвы (см. рис. 1, б). Просачивания нефтезагрязнения вниз, когда в холодные месяцы сезонно-талый слой отсутствует, не происходит. Только отдельные компоненты нефти все же могут проникать внутрь.

Миграция нефти в незамерзший грунт. В породах с плохим дренажом мощность деятельного слоя будет минимальной (от сантиметров

до 2,5 м), в зависимости от местных условий. Деятельный слой начинает оттаивать во время весеннего таяния снега и продолжает возрастать до достижения максимальной толщины в конце августа или сентябре [11]. По мере оттаивания деятельного слоя образуется водонасыщенный слой, мощность которого может достигать всей оттаявшей толщины. Из-за высокой водонасыщенности грунта и низкой относительной проницаемости для нефти ее нисходящий поток будет затруднен. При этом происходит увеличение потока через приповерхностный слой с частично разложившейся растительностью, который обычно присутствует во многих арктических экосистемах.

Результаты полевых исследований [11, 12], когда нефть попадала в незамерзший грунт, иллюстрируют, как высокое содержание воды в плохо дренированных почвах препятствует миграции нефти вниз. Однако даже в этих условиях нефть способна просочиться вниз через нижележащие минеральные породы. В районах больших скоплений нефти грунтовые воды будут вытесняться, и нефть будет переходить в породы с низким содержанием минеральных веществ. Кроме того, со временем нефть может мигрировать глубже в нижележащий горизонт по мере замерзания и оттаивания активного слоя.

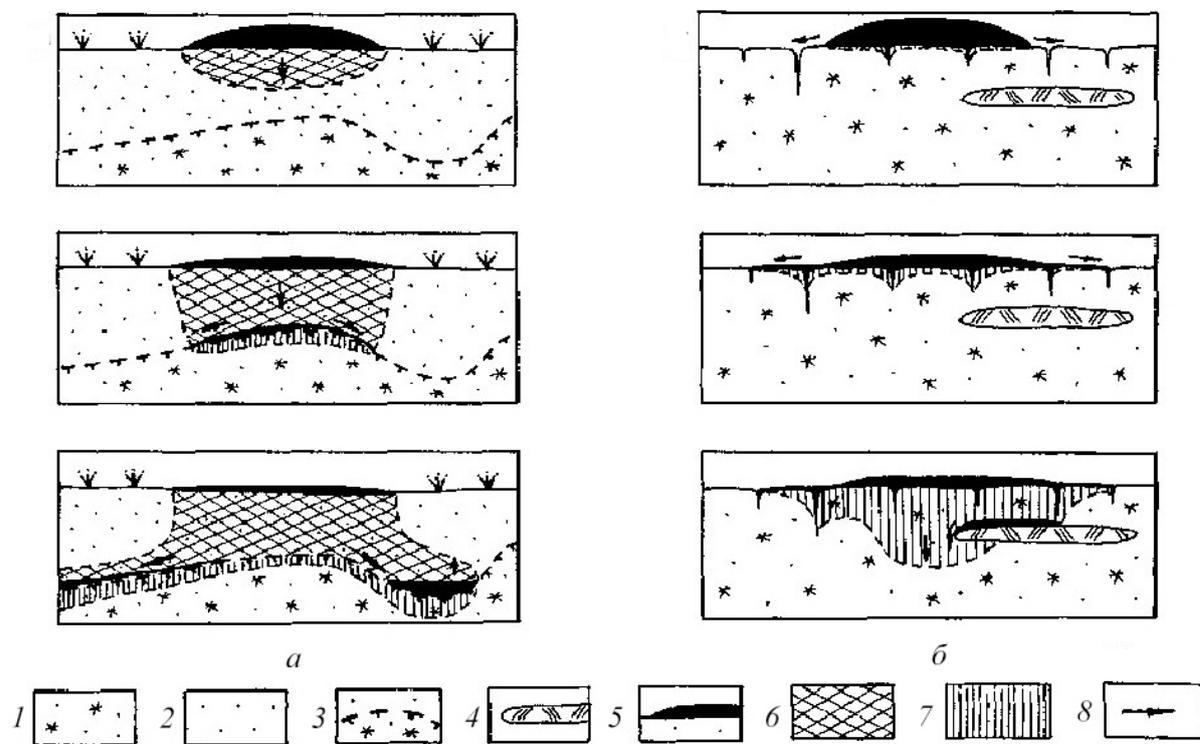


Рис. 1. Схема распределения нефтяного загрязнения в результате разлива в пределах зоны распространения многолетней мерзлоты [10]: а – с поверхности сезонно-талых грунтов в летнее время; б – с поверхности мерзлых грунтов в зимнее время; 1 – мерзлые грунты; 2 – незамерзшие грунты; 3 – граница талых и мерзлых грунтов; 4 – линза подземного льда; 5 – разлив нефти; 6 – загрязнение талых грунтов нефтью; 7 – загрязнение мерзлых грунтов нефтью; 8 – направление миграции нефти



Напротив, испытание с попаданием нефти на поверхность талых ненасыщенных водой грунтов показало возможность проникновения нефти в верхнюю часть линии замерзания или до уровня грунтовых вод [13]. В дальнейшем нефть перемещалась вниз по градиенту (вниз по уклону) через относительно тонкий горизонтальный слой проницаемых грунтов непосредственно над линией замерзания.

Колебания уровня грунтовых вод, цикличность замерзания и оттаивания, неоднородность состава пород, а также их проницаемость является существенными факторами распределения нефти в грунтах. Под воздействием этих факторов в деятельном слое с малой толщиной насыщенной зоны происходит формирование тонкой пленки нефти, характеризующейся сравнительно большей начальной подвижностью, что может привести к более интенсивному боковому распределению нефти.

Миграция нефти в промерзающий грунт
На миграцию нефти в результате ее попадания в мерзлые грунты значительное влияние оказывает содержащийся в грунте поровый лед, который будет действовать как твердое вещество, изменяя геометрию пор и, следовательно, капиллярность и проницаемость пород. Зависимость предельной нагрузки от температуры грунта показана на рис. 2. Эта зависимость обратно пропор-

циональна: чем выше температура, тем ниже прочность грунта, и наоборот.

Предельная нагрузка зависит также от влажности грунта и степени его заморозки, т. е. от температуры постоянного нахождения в среде. Грунты, находящиеся при более низкой температуре, подвержены в меньшей степени возможности потери своей устойчивости и разрушения от внешних нагрузок [14].

Лед оказывает существенное влияние на распределение нефти в мерзлых грунтах. Присутствующий в порах пород лед воздействует на пути техногенного потока, проходимость просачивающейся нефтью, что приводит к расширенному вертикальному распределению и, возможно, более глубокому проникновению по разрезу, поскольку нефть движется преимущественно по путям с относительно низким содержанием льда. В слоистых мерзлых грунтах будет развиваться сложное распределение нефти, поскольку просачивающаяся нефть сталкивается со слоями пород, насыщенными поровым льдом. Сегрегированный лед (ледяные линзы) образующийся в мелкозернистых породах, также повлияет на пути техногенного потока за счет создания эффекта непроницаемого барьера [12]. Во время оттаивания нефть, попадающая в мерзлую толщу, будет перераспределяться по мере изменения свойств пористой среды и уровня воды в резуль-

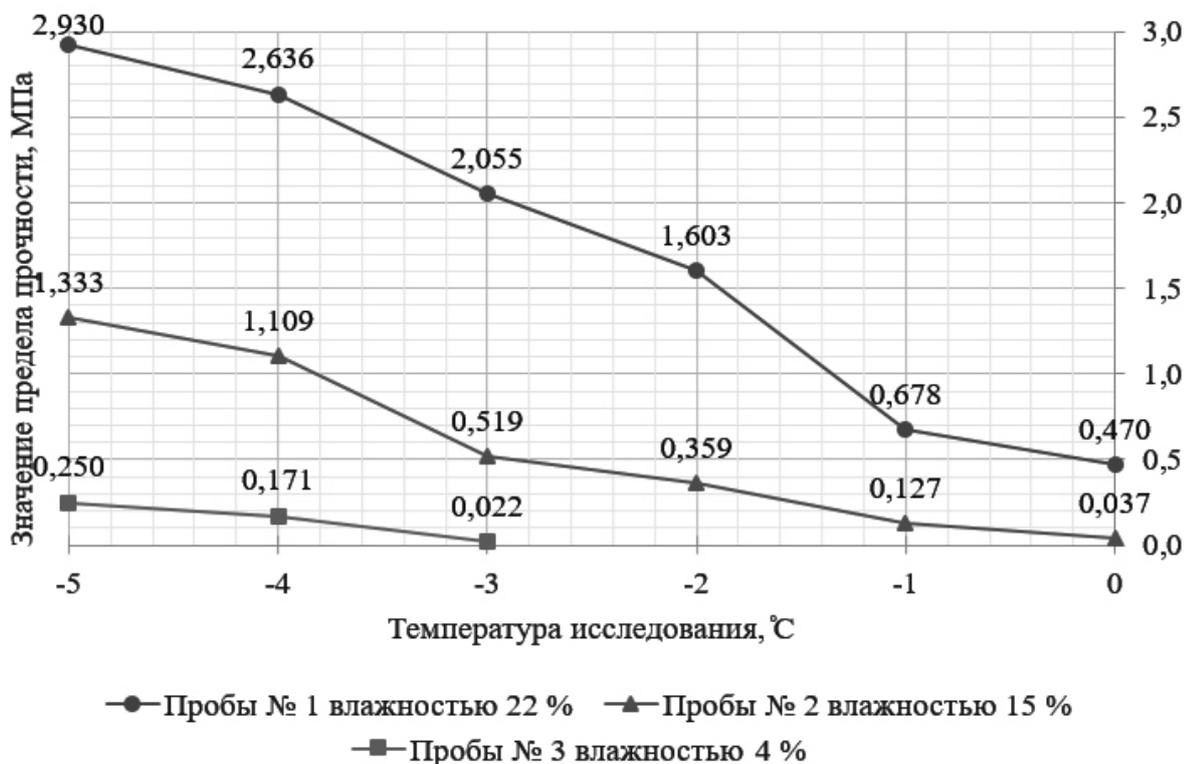


Рис. 2. Результаты исследования прочностных характеристик проб грунтов (сост. по: [14])



тате таяния льда и инфильтрации тающего снега и льда на земной поверхности

Влияние цикла промерзания-оттаивания на миграцию нефти. Как известно, промерзание-оттаивание сопровождаются структурообразующими процессами, которые приводят к изменению свойств пород, что, в свою очередь, влияет на перераспределение и трансформацию (фракционирование) нефти в верхней части геологической среды. Результаты экспериментальных исследований Е. М. Чувиллина с соавторами [12, 13] показали возможность криогенного вытеснения нефти из зоны замерзания в зону оттаивания промерзающих грунтов. Д. Барнс с соавторами [3, 4] отметили, что основной способ нисходящей нефтяной миграции в промерзающий грунт происходит за счет образования льда в поровом пространстве, в результате которого происходит удаление нефти из пор по мере заполнения пустоты льдом. Результирующего давления кристаллизации обычно достаточно для вытеснения нефти из-за неполярной природы жидкости, приводящей лишь к незначительному взаимодействию с минеральными частицами.

Распределение нефти в поровом пространстве, ее состав, начальное содержание в почвах и скорость замерзания – все это влияет на эффективность криогенного перемещения. Коэффициент вытеснения нефти, равный отношению вытесненной нефти к исходному ее содержанию, может быть использован для количественной оценки эффективности криогенного вытеснения [12] Частично можно предположить, что криогенное вытеснение связано с «криогенной метаморфизацией» нефти – отделением более подвижных углеводородных компонентов, например нафтенов. Однако данный процесс плохо изучен. В природе криогенное вытеснение может быть значительным фактором, способствующим продвижению нефти и ее дальнейшему рассеиванию.

Миграция нефтезагрязнения в ММП

До недавнего времени многолетнемерзлые породы было принято считать практически непроницаемым барьером как для минеральных, так и для органических загрязнителей [6]. Позднее было установлено, что наличие ненасыщенных пустот и трещин в мерзлых грунтах может способствовать миграции углеводородов из загрязненного деятельного слоя в нижележащие ММП [9]. Об этом свидетельствуют также результаты полевых и лабораторных исследований, которые показывают, что нефтяные загрязнители обладают достаточно высокой подвижностью в мерзлых грунтах, а это позволяет мигрировать им вертикально вниз [10, 13].

Полевые исследования нефтяных разливов в 1995–1996 гг. на территории канадской Арктики показали, что даже насыщенные льдом грунты

не в полной мере препятствуют миграции нефтезагрязнений [5]. В то же время отмечено, что ледяные шлиры препятствовали миграции, так как над ними наблюдалась высокая концентрация загрязняющих веществ. В качестве механизмов миграции нефтезагрязнений в данном исследовании предполагается диффузия водорастворимых компонентов нефти в пленках незамерзшей воды, а также их перенос по неоднородностям пород, заполненным воздухом. Возможность проникновения нефти в льдонасыщенные грунты (со степенью заполнения пор льдом и незамерзшей водой до 0,8 и выше) также была экспериментально показана в работе [11].

Нефтяные углеводороды были обнаружены в многолетней мерзлоте (по результатам [12] нефтяное загрязнение проникло в породы многолетней мерзлоты на глубину 70 см – глубина опробования), хотя миграция нефти в ММП обычно должна быть минимальной из-за высокой насыщенности мерзлых пород льдом. Присутствие нефтяных углеводородов объяснялось перемещением нефти в свободной фазе через соединенные воздушные пустоты в мерзлом грунте. Эти воздушные пустоты могут образовываться в результате трещин, возникающих в процессе термического сжатия.

Мерзлые мелкозернистые почвы могут содержать незамерзшую воду. При отсутствии путей для адвективного поступления нефти в богатую льдом многолетнюю мерзлоту возможным механизмом транспортировки является диффузия нефтяных углеводородов через незамерзшую воду. Диффузия в водной фазе является относительно медленным процессом переноса по сравнению с адвекцией. Вклад, который вносит этот транспортный механизм в перемещение загрязняющих веществ в многолетнемерзлые породы, скорее всего, минимален.

Результаты экспериментов подтвердили [10, 11], что нефтяные загрязнители все же могут проникать в мерзлые породы. Объем пор в мерзлых породах может не быть насыщенным льдом, и микротрещины, существующие в насыщенных льдом мерзлых грунтах, могут объяснить транспортировку и распространение углеводородов в ММП. Наличие объема пор, не заполненного льдом, может привести к проникновению нефти в мерзлую породу не только под действием гравитационных сил, но и под действием поверхностных сил минерального скелета [4].

То, что насыщенные льдом грунты не являются абсолютным непроницаемым барьером для проникновения нефти, было подтверждено также рядом лабораторных экспериментов [3] и полевыми исследованиями [12]. Было показано, что хотя наличие ледяных линз и порового льда является важным препятствием для переноса и распространения нефтяного загрязнения в мерзлых грунтах, миграция загрязняющих веществ не прерывается полностью. Перенос



загрязняющих веществ в насыщенных льдом грунтах, скорее всего, вызван наличием пленок незамерзшей воды на поверхности минеральных частиц и льда. Незамерзшая вода может быть средой для транспортировки водорастворимых компонентов нефти.

Заключение

Характер поведения и распределения нефтезагрязнения в арктических регионах зависит в первую очередь от сезона, в который произошёл разлив нефти. При этом миграционный путь нефтезагрязнения будет определяться свойствами слагающих геологический разрез пород (литологический состав, проницаемость, пористость, наличие льда), а также свойствами самой нефти (фракционный состав, температура застывания). Летом нисходящий поток нефти будет затруднен высокой насыщенностью деятельного слоя грунтовой водой. В зимние же месяцы из-за высокого содержания порового льда миграция нефти в сезонно промерзающий слой в большинстве случаев должна быть минимальной.

Следует добавить, что существенное влияние на распределение нефтезагрязнений оказывают процессы оттаивания и промерзания деятельного слоя. Здесь имеет место криогенное вытеснение нефти. Распределение нефти в поровом пространстве, ее состав, начальное содержание и скорость застывания – все это влияет на эффективность криогенного удаления нефти из зоны промерзания в зону оттаивания.

Кроме того, анализ опубликованных работ позволяет утверждать о возможности проникновения нефтезагрязнений из загрязненного деятельного слоя в нижележащие многолетнемерзлые породы. Это связано с диффузией компонентов нефти в поверхностных пленках частиц незамерзшей воды, а также с гравитационным течением через соединенные воздушные пустоты в мерзлом грунте. Эти воздушные пустоты могут образовываться в трещинах, возникающих в результате термического сжатия.

Библиографический список

1. Губайдуллин М. Г., Крайнева О. В. Оценка возможного загрязнения геологической среды нефтью с учетом ее свойств. Архангельск : ИПЦ САФУ, 2015. 132 с.
2. Середин В. В. Оценка геоэкологических условий санации территорий, загрязненных нефтью и нефтепродук-

тами. Пермь : Пермский государственный технический университет, 1998. 153 с.

3. Barnes D. L., Biggar K. W. Movement of petroleum through freezing and frozen soils // *Bioremediation of Petroleum Hydrocarbons in Cold Regions*. 2008. Vol. 21. P. 55–68. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511535956.004>

4. Barnes D. L., Chuvilin E. Migration of petroleum in Permafrost-Affected Regions // *Permafrost Soils*. 2009. Vol. 16. P. 263–278. https://doi.org/10.1007/978-3-540-69371-0_18

5. Biggar K. W., Haidar S., Nahir M., Jarrett P. M. Site investigations of fuel spill migration into permafrost // *Journal of Cold Regions Engineering*. 1998. Vol. 12. P. 84–104. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0887-381X\(1998\)12:2\(84\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0887-381X(1998)12:2(84))

6. Солнцева Н. П. Добыча нефти и геохимия природных ландшафтов. Москва : Издательство Московского университета, 1998. 376 с

7. Губайдуллин М. Г., Макарский Н. А., Хамидов Б. Х. Методы защиты верхней части геологической среды на основе локального мониторинга при эксплуатации нефтяных месторождений Европейского Севера России. Архангельск : ИПЦ САФУ, 2013. 168 с.

8. Пиковский Ю. И. Природные и техногенные потоки углеводородов в окружающей среде. Москва : ИНФРАМ, 2019. 207 с.

9. Chuvilin E. M., Miklyaeva E. S. An experimental investigation of the influence of salinity and cryogenic structure on the dispersion of oil and oil products in frozen soils // *Cold Regions Science and Technology*. 2002. Vol. 37, № 2. P. 89–95. [https://doi.org/10.1016/S0165-232X\(03\)00063-6](https://doi.org/10.1016/S0165-232X(03)00063-6)

10. Chuvilin E. M., Naletova N. S., Miklyaeva E. S. Factors affecting spreadability and transportation of oil in regions of frozen ground // *Polar Record*. 2001. Vol. 37, № 202. P. 229–238. <https://doi.org/10.1017/S003224740002725X>

11. Collins C. M., Racine C. H., Walsh M. E. Fate and Effects of Crude Oil Spilled on Subarctic Permafrost Terrain in Interior Alaska: Fifteen Years Later // *Cold Regions Research and Engineering Laboratory*. 1993. Vol. 93, № 13. P. 1–20.

12. Yershov E. D., Chuvilin E. M., Smirnova O. G., Naletova N. S. Interaction of oil with frozen soils // *Ground Freezing*. 1997. Vol. 97. P. 381–384.

13. William W. Mohn, Gordon R. Stewart. Limiting factors for hydrocarbon biodegradation at low temperature in Arctic soil // *Soil Biology and Biochemistry*. 2000. Vol. 32. P. 1161–1172. [https://doi.org/10.1016/S0038-0717\(00\)00032-8](https://doi.org/10.1016/S0038-0717(00)00032-8)

14. Губайдуллин М. Г., Пашилов М. В. Анализ динамики изменения температурного режима верхней части многолетнемерзлых пород при эксплуатации нефтяного месторождения на Европейском Севере России // *Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе*. 2018. № 1. С. 35–40.

Поступила в редакцию 20.02.2023; одобрена после рецензирования 04.03.2023; принята к публикации 13.03.2023
The article was submitted 20.02.2023; approved after reviewing 04.03.2023; accepted for publication 13.03.2023



Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2023. Т. 23, вып. 2. С. 103–110

Izvestiya of Saratov University. Earth Sciences, 2023, vol. 23, iss. 2, pp. 103–110

<https://geo.sgu.ru>

<https://doi.org/10.18500/1819-7663-2023-23-2-103-110>, EDN: XGCKGM

Научная статья

УДК 550.834.05



Результаты исследований высокоразрешающей широкоазимутальной сейсморазведкой нижнеартинских отложений Западного Прикаспия на территории Волгоградского Заволжья

С. В. Николаенко¹✉, А. Е. Паршин¹, С. А. Мироненко¹, Г. С. Гаврилов¹, А. В. Иванкин²

¹Филиал ООО «ЛУКОЙЛ-Инжиниринг» «ПермНИПинефть», Россия, 400078, г. Волгоград, проспект им. В. И. Ленина, д. 96

²ООО «РИТЭК», Россия, 400048, г. Волгоград, ул. Лесогорская, д. 85

Николаенко Сергей Викторович, ведущий геофизик отдела интерпретации сейсмических данных Уральского района управления сейсмических исследований, Sergey.Nikolaenko@lukoil.com, <https://orcid.org/0009-0004-9609-7624>

Паршин Алексей Егорович, начальник отдела интерпретации сейсмических данных Уральского района управления сейсмических исследований, Alexey.Parshin@lukoil.com, <https://orcid.org/0009-0001-4971-6697>

Мироненко Светлана Александровна, ведущий геофизик отдела интерпретации сейсмических данных Уральского района управления сейсмических исследований, Svetlana.Mironenko@lukoil.com, <https://orcid.org/0009-0009-0535-0628>

Гаврилов Глеб Сергеевич, начальник отдела технологий сейсмических исследований управления сейсмических исследований, Gleb.Gavrilov@lukoil.com, <https://orcid.org/0009-0006-3590-9347>

Иванкин Андрей Васильевич, ведущий геолог отдела планирования геологоразведочных работ, Andrey.Ivankin@lukoil.com, <https://orcid.org/0009-0009-3831-1211>

Аннотация. В статье приведены итоги комплексного анализа результатов интерпретации материалов широкоазимутальной сейсморазведки МОГТ-3D с целью детального изучения геологического строения одного из участков Волгоградского Заволжья для выявления и подготовки к бурению нефтегазоперспективных объектов.

Ключевые слова: сейсморазведка МОГТ-3D, интерпретация, геологическое строение, динамический анализ

Для цитирования: Николаенко С. В., Паршин А. Е., Мироненко С. А., Гаврилов Г. С., Иванкин А. В. Результаты исследований высокоразрешающей широкоазимутальной сейсморазведкой нижнеартинских отложений Западного Прикаспия на территории Волгоградского Заволжья // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2023. Т. 23, вып. 2. С. 103–110. <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2023-23-2-103-110>, EDN: XGCKGM

Статья опубликована на условиях лицензии Creative Commons Attribution 4.0 International (CC-BY 4.0)

Article

The results of exploring the Lower Artinskian deposits of the western Caspian on the territory of the Volgogradskoe Zavolzhye area with high-resolution wide-azimuth seismic survey

S. V. Nikolaenko¹✉, A. E. Parshin¹, S. A. Mironenko¹, G. S. Gavrilov¹, A. V. Ivankin²

¹Branch of LLC LUKOIL-Engineering PermNIPIneft, 96 Lenina St., Volgograd 400078, Russia

²LLC RITEC, 85 Lesogorskaia St., Volgograd 400048, Russia

Sergey V. Nikolaenko, Sergey.Nikolaenko@lukoil.com <https://orcid.org/0009-0004-9609-7624>

Aleksey E. Parshin, Alexey.Parshin@lukoil.com, <https://orcid.org/0009-0001-4971-6697>

Svetlana A. Mironenko, Svetlana.Mironenko@lukoil.com, <https://orcid.org/0009-0009-0535-0628>

Gleb S. Gavrilov, Gleb.Gavrilov@lukoil.com, <https://orcid.org/0009-0006-3590-9347>

Andrey V. Ivankin, Andrey.Ivankin@lukoil.com, <https://orcid.org/0009-0009-3831-1211>

Abstract. The article summarizes the comprehensive analysis of the results of interpretation for the materials of the wide-azimuth seismic survey MOGT-3D for the purpose of a detailed study of the geological structure of one of the sites of the Volgogradskoe Zavolzhye area to identify and prepare for drilling oil and gas prospective objects.

Keywords: seismic exploration of MOGT-3D, interpretation, geological structure, dynamic analysis



For citation: Nikolaenko S. V., Parshin A. E., Mironenko S. A., Gavrillov G. S., Ivankin A. V. The results of exploring the Lower Artinskian deposits of the western Caspian on the territory of the Volgogradskoe Zavolzhye area with high-resolution wide-azimuth seismic survey. *Izvestiya of Saratov University. Earth Sciences*, 2023, vol. 23, iss. 2, pp. 103–110 (in Russian). <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2023-23-2-103-110>, EDN: XGCKGM
This is an open access article distributed under the terms of Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC0-BY 4.0)

Введение

По количеству потенциальных ресурсов Прикаспийская впадина относится к числу крупнейших нефтегазовых провинций Русской платформы. Более 90 % начальных суммарных ресурсов углеводородов Прикаспийской впадины связаны с подсолевыми отложениями, что обусловлено рядом обстоятельств: совпадением разведанных зон нефтегазонакопления с крупными тектоническими элементами (сводами, валами, зонами поднятий), широким развитием карбонатных массивов, наличием региональных галогенно-глинистых покрывающих, большой толщиной углеводородогенерирующих пород и сопутствующими им благоприятными геохимическими и термобарическими условиями [1]. Перспективность подсолевых отложений подтверждается открытием таких месторождений, как Астраханское ГКМ, Кашаган (Казахстан), Карачаганак (Казахстан) и выявлением крупных подсолевых объектов в пределах западной части Волгоградского Левобережья (Кумысолечебное поднятие).

Материал и методика исследований

Основные перспективы нефтегазоносности связываются с нижнепермскими, каменноугольными (верхневизейско-нижнебашкирскими) и верхнедевонско-турнейскими карбонатными отложениями, залегающими на глубинах от 4 до 7 км и более, что, наряду со слабой геолого-геофизической изученностью и сложными сейсмогеологическими условиями, является основным сдерживающим фактором освоения больших потенциальных ресурсов Западного Прикаспия. В этих условиях нижнепермские отложения являются наиболее перспективными для поиска УВ, поскольку залегают на достаточно доступных для бурения глубинах.

Перспективность нижнеартинских отложений подтверждается результатами бурения скважин на сопредельных площадях. Нефть была получена из верхней части нижнеартинских отложений, вскрытых одной из скважин нефтяного месторождения на территории Республики Калмыкия и представленных трещиноватой тонкослойной сланцеватой кремнисто-битуминозно-карбонатной толщей, содержащей остатки кремнистых радиолярий и спикул губок [2]. Ниже по разрезу были вскрыты отложения конгломерато-брекчий, представленных обломками известняков плохо отсортированных, разной степени окатанности, разного состава и возраста (карбон, пермь), сцементированных кремнисто-битуминозно-карбонатными образованиями и глинами известковистыми.

На сопредельной площади кремнисто-битуминозно-карбонатные отложения толщиной более 80 м также вскрыты скважинами глубокого бурения. При исследовании керна нижнеартинских отложений, отобранного в одной из скважин, в призабойном интервале зафиксированы прямые признаки нефтегазоносности. По результатам проведенного в 1998 г. геохимического анализа доктором геолого-минералогических наук Г. И. Тимофеевым в указанных отложениях установлены аномальные концентрации свободных УВ, находящиеся на уровне $n \cdot 10^{-1}$ – $10^{-2}\%$, что на порядок выше фоновых ($n \cdot 10^{-3}$). В другой скважине, также находящейся на сопредельной площади, по данным геохимического анализа, проведенного кандидатом химических наук А. Я. Куклинским, в керне из кремнисто-битуминозно-карбонатной пачки молекулярный анализ экстрактов показал насыщенность исследуемых пород газоконденсатом, хотя нельзя полностью исключить легкую нефть.

На площади исследований нижнеартинские отложения вскрыты скважинами № 1 и № 2. По данным литолого-палеонтологических исследований, в скв. № 1 подсолевые отложения представлены известняковыми конгломерациями и гравелитами, радиоляриями и спонголитами.

В скв. № 2 в строении перспективных отложений принимают участие аргиллиты тонко отмученные, известняки криодно-спикуловые. В указанной пачке были выделены радиолярии, редкий детрит мшанок, фораминиферы *Nodozoria* sp., фузулиниды *Schubertella* sp., *Tuberitina collosa* Reit., *Tetrataxis* sp.

Перекрывают перспективную кремнисто-битуминозно-карбонатную толщу верхнеартинские ангидрит-доломитовые отложения, являющиеся региональной покрывкой.

Наряду с бурением в волгоградской части Прикаспийской впадины проводились сейсмические работы, которые первоначально носили в основном рекогносцировочный характер, но уже начиная с 1998 г. выполняются планомерные сейсморазведочные исследования МОГТ-2D на основе бюджетного финансирования по целевым Федеральным программам.

Полученные результаты

На территории Волгоградского Заволжья в 2019 г. проведены полевые сейсморазведочные работы МОГТ-3D в объеме 404 км² по технологии широкоазимутальных исследований с применением широкополосного низкочастотного вибрационного сигнала (3–96 Гц, 5 октав).



В результате были зарегистрированы сейсмические данные высокого качества, которые позволили получить весомый прирост геологической информации.

На составном глубинно-динамическом разрезе из куба данных МОГТ-3D, положение которого соответствует профилю МОГТ-2D, наблюдается существенное улучшение когерентности сейсмической записи, что позволило провести уверенную корреляцию отражающих горизонтов в подсолевых отложениях (рис. 1).

На основе данных литолого-стратиграфического расчленения артинского яруса в скв. № 1 по сейсмическим разрезам из куба данных МОГТ-3D была проведена корреляция кровли и подошвы продуктивной артинской пачки и получена карта толщин между этими границами (рис. 2).

Анализ карты толщин перспективной пачки в артинских отложениях позволяет сделать вывод, что в плане локальные участки увеличенных толщин образуют конусы выноса потоков, периодически заполнявших понижения в рельефе дна

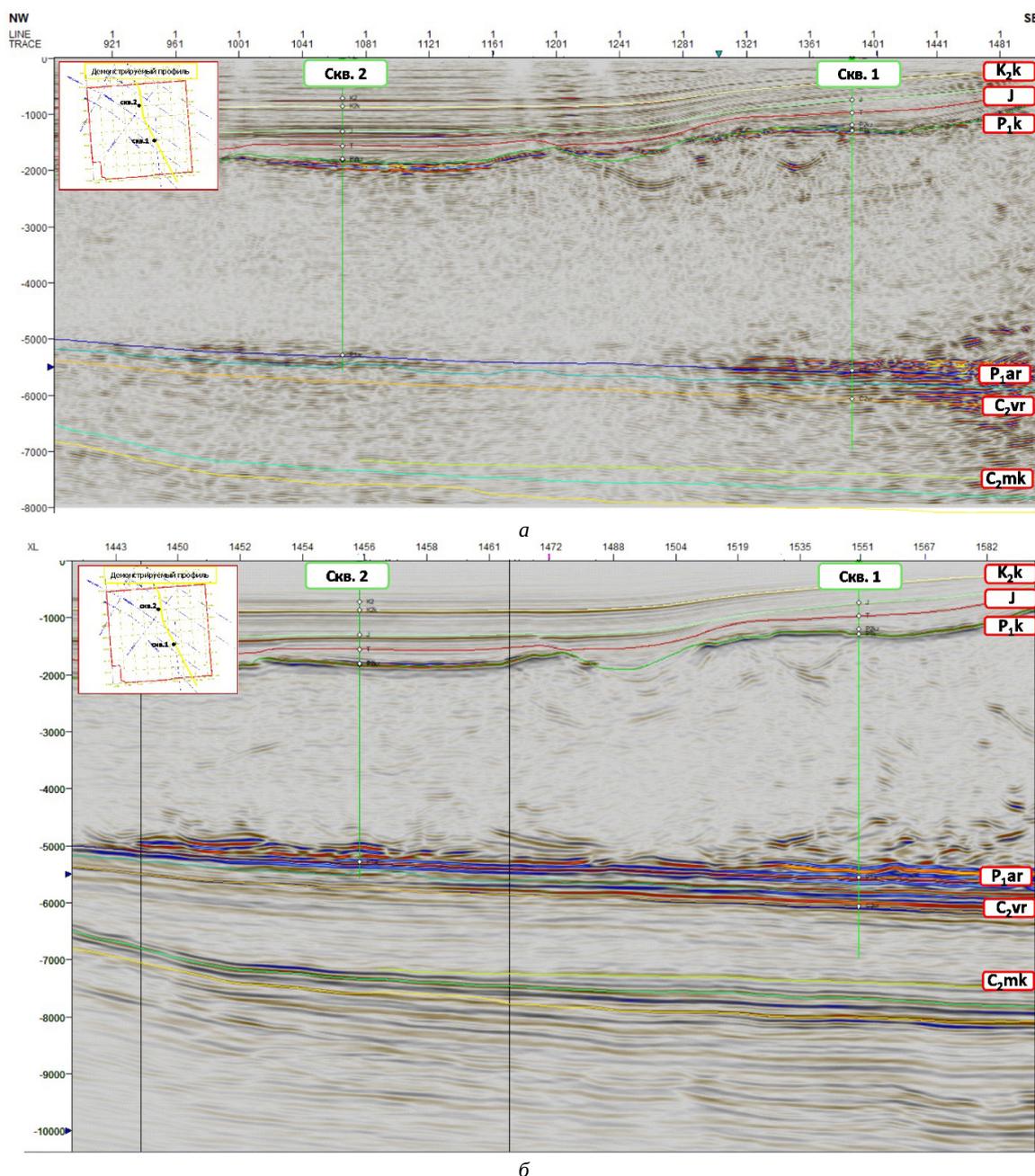


Рис. 1. Сравнение волнового поля глубинно-динамического разреза: а – МОГТ-2D прошлых лет; б – композитного разреза из куба данных МОГТ-3D (цвет онлайн)

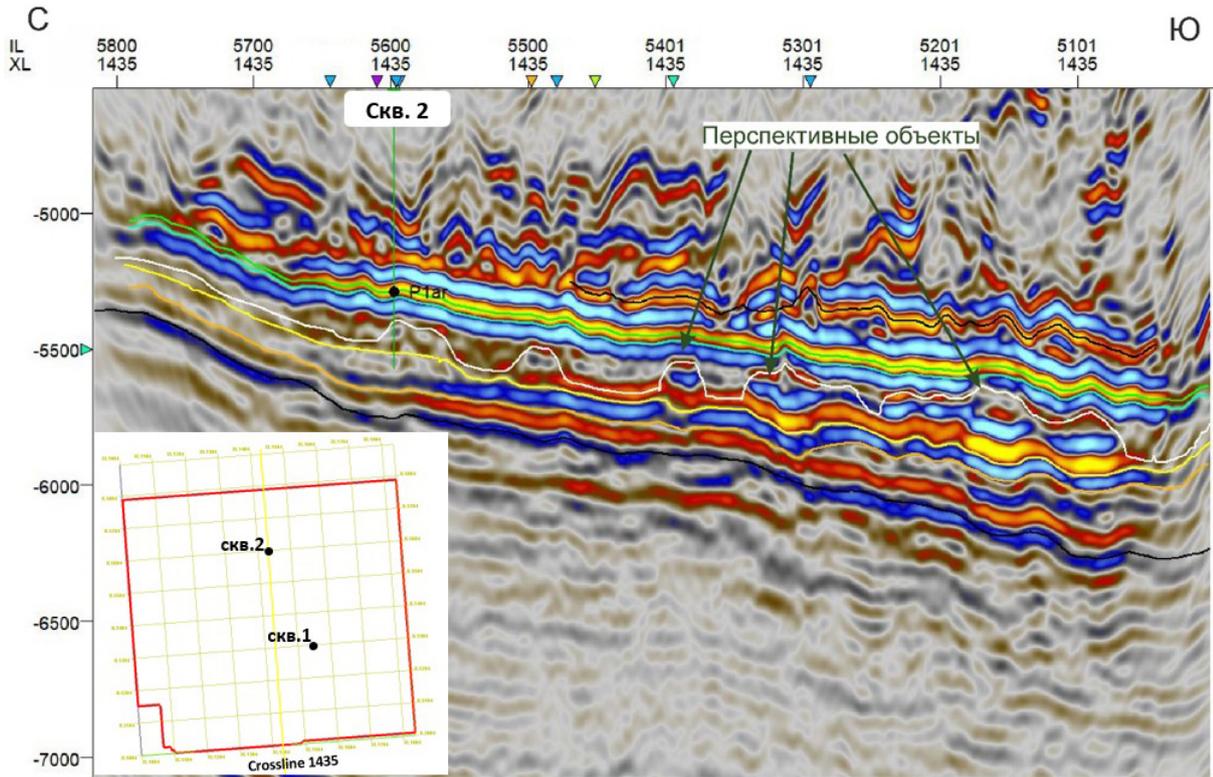


Рис. 2. Волновое поле глубинно-динамического разреза по линии crossline1435 (цвет онлайн)

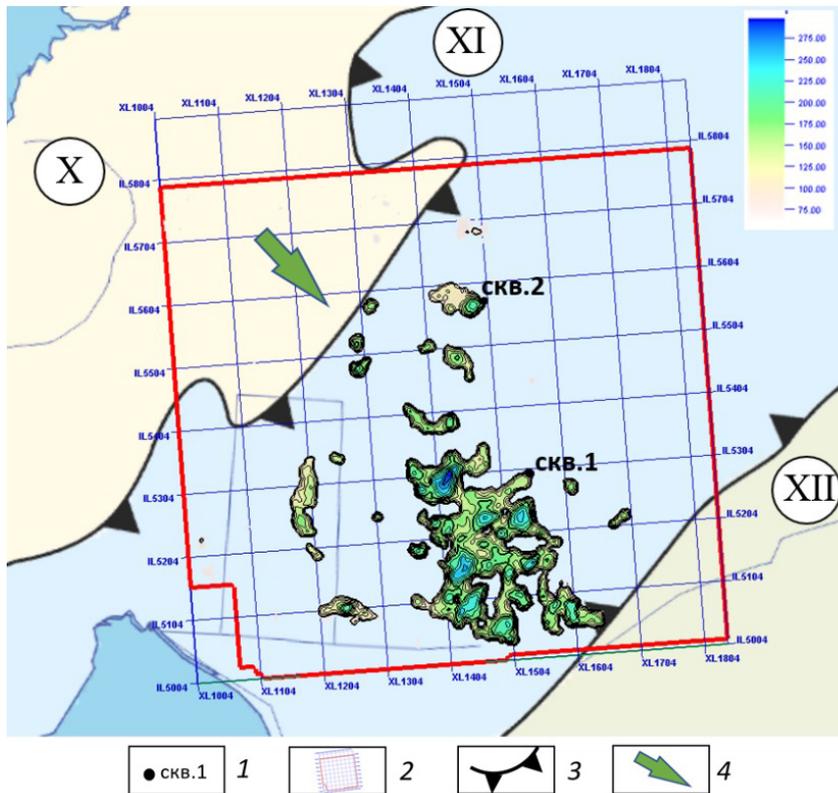


Рис. 3. Карта толщин с выделенными объектами артинских отложений: 1 – скважины глубокого бурения; 2 – съемка МОГТ-3D; 3 – границы тектонических элементов; 4 – направление сноса обломков. Элементы тектонического районирования: X – зона нижнепермского бортового уступа, XI – Волгоградский прибортовой прогиб, XII – Ахтубинско-Ерусланский мегавал (цвет онлайн)

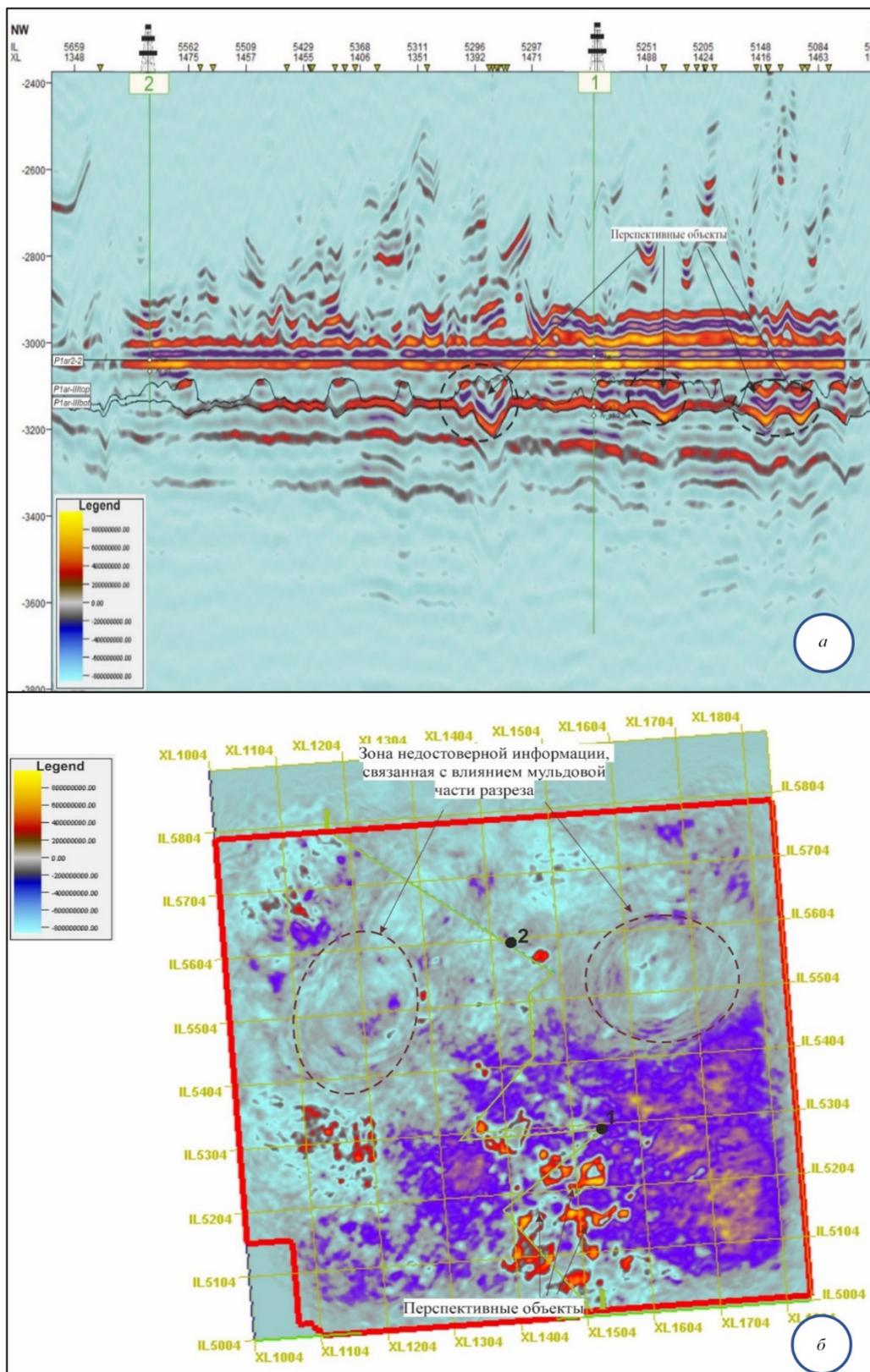


Рис. 4. Результат расчета атрибута «Акустический импеданс» (“Acoustic Impedance”) на: а – на временном разрезе, б – распределение атрибута «Акустический импеданс» (“Acoustic Impedance”) по площади исследования на горизонтальном срезе 3104 мс (цвет онлайн)

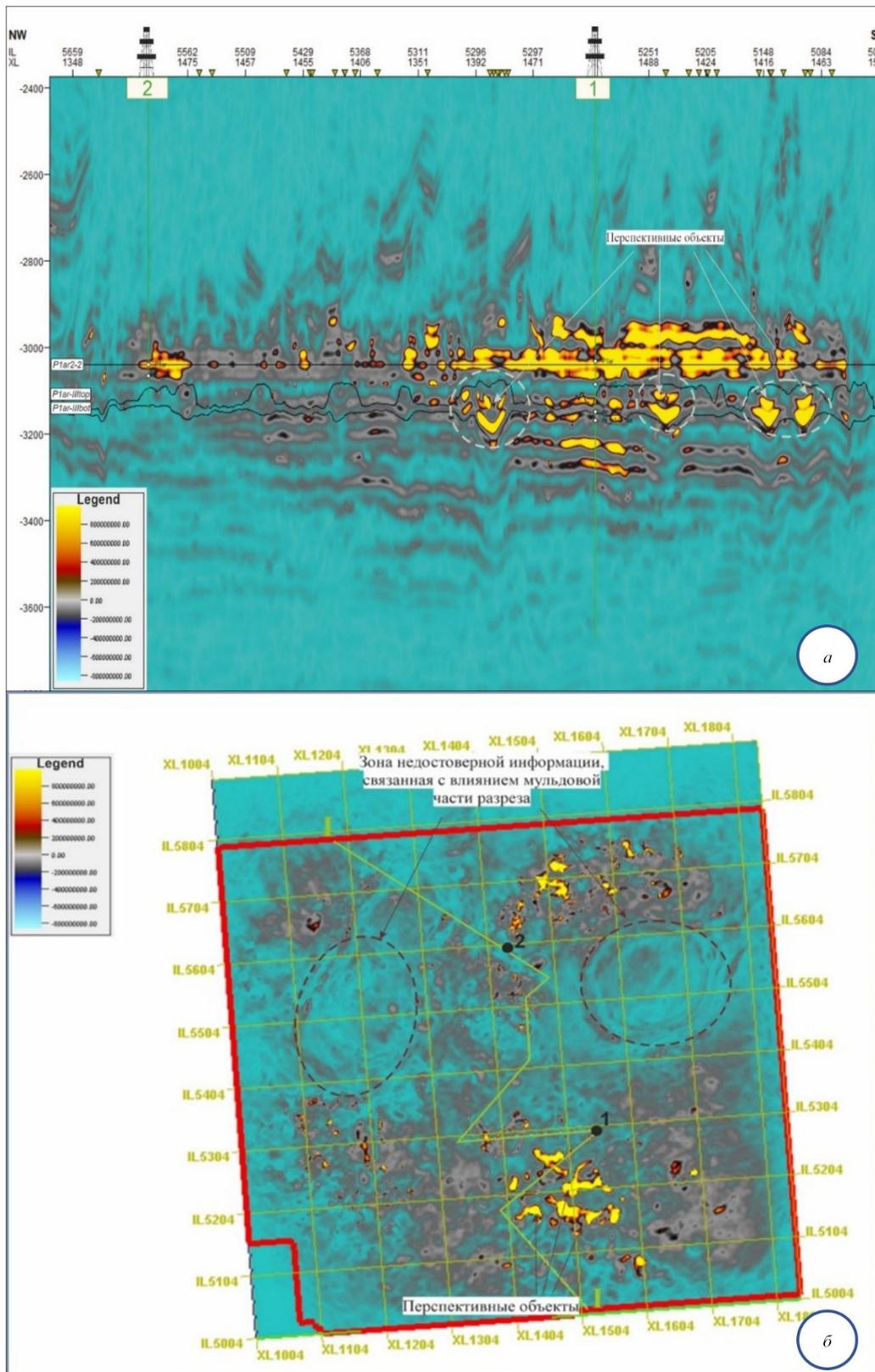


Рис. 5. Результат расчета атрибута “Swetness” на: а – временном разрезе из куба МОГТ-3D, выровненного на кровлю P1a2-2 на уровне 3104 мс; б – распределение атрибута “Swetness” по площади исследования на горизонтальном срезе 3104 мс (цвет онлайн)



мелководного шельфа восточнее бортового уступа, являющегося источником сноса.

Конусы выноса, сложенные конглобрекциями, в разрезе имеют линзообразную форму, толщины их значительно изменяются по площади исследования – от 304 м до полного выклинивания в пределах бортовой зоны (рис. 3).

На основе куба данных МОГТ-3D был проведен атрибутный анализ, что позволило проследить положение перспективных объектов как на вертикальном срезе, так и в плане.

Расчет атрибута «Акустический импеданс» (“Acoustic Impedance”) позволил наглядно изобразить разницу в акустических свойствах. Он также может служить индикатором пористости и флюидосодержания в коллекторе. На схеме распределения перспективных объектов выделяются в виде контрастных зон (рис. 4).

Атрибут “Sweetness” является крайне полезным инструментом для обнаружения зон смены литологического состава пород. “Sweetness” определяется путем отношения амплитуды огибающей сейсмического отражения к квадратному корню из мгновенной частоты [3]. Это математическое определение отражает атрибутивную взаимосвязь, которая позволила выявить изолированные линзообразные тела, которые сгенерировали более интенсивные отражения, чем вмещающие их породы. На горизонтальном срезе куба такие области маркируются повышенными значениями атрибута, что позволило подтвердить положение перспективных объектов (рис. 5).

Зарегистрированные высокоразрешенные данные МОГТ-3D позволили провести исследование с применением методики спектральной декомпозиции волнового поля, направленной

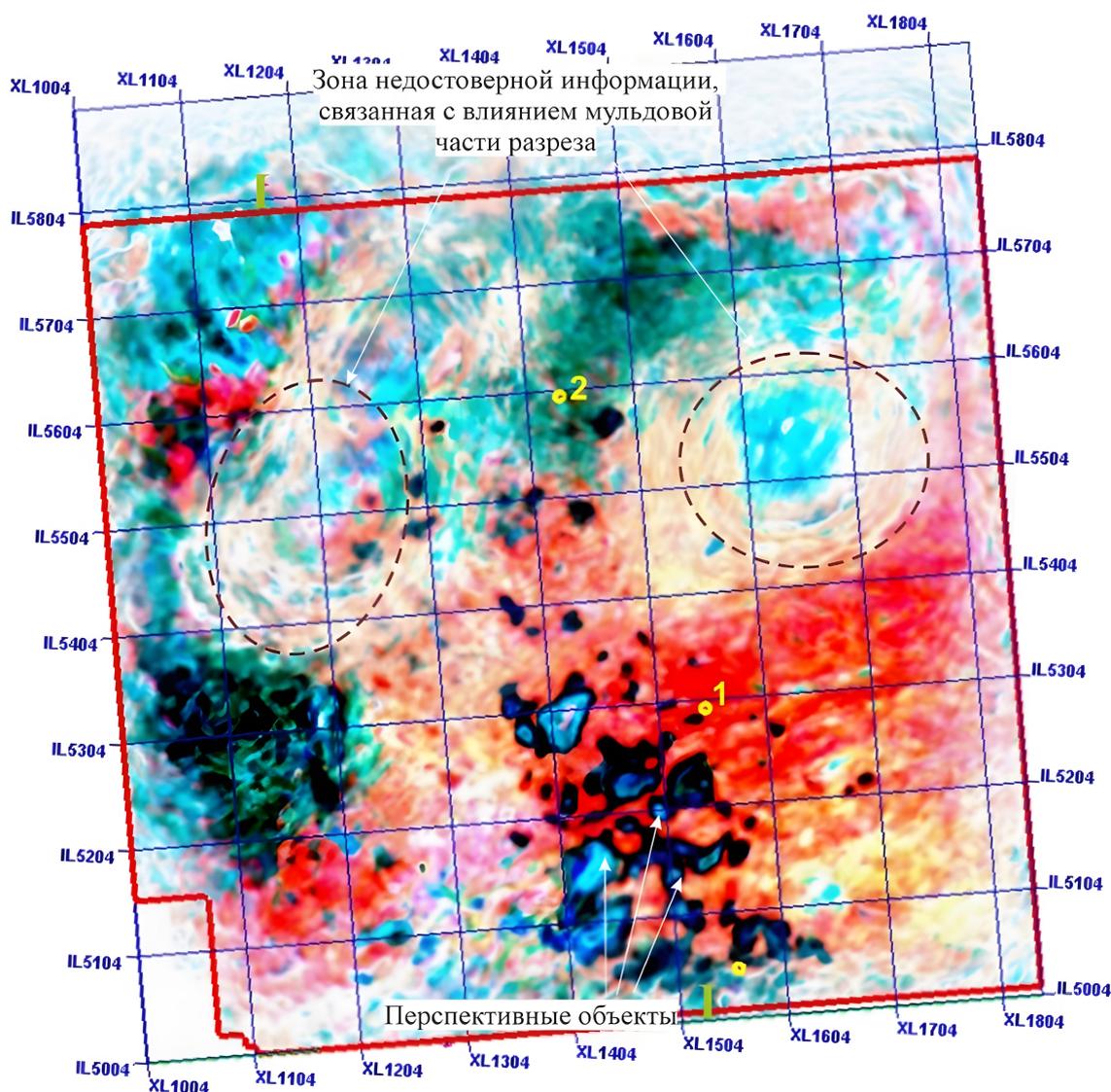


Рис. 6. Срез куба спектральной декомпозиции (цвет онлайн)



на определение пространственного положения и уточнения геометрии таких важных геологических тел, как каналы, конусы выноса. В результате на горизонтальном срезе на уровне перспективного нижнеартинского горизонта выделяются контрастные области, ассоциируемые с перспективными объектами (рис. 6).

Заключение

Таким образом, по результатам проведенных исследований можно отметить следующее:

- волновое поле куба данных широкоазимутальной сейсморазведки МОГТ-3D характеризуется существенным повышением когерентности отражений во всем интервале записи по сравнению с данными наземной сейсморазведки МОГТ-2D прошлых лет;
- улучшение прослеживаемости горизонтов в рисунке сейсмической записи позволило провести уверенную корреляцию подсолевых отложений, а также проследить целевые горизонты и уточнить морфологию перспективных объектов, залегающих на глубинах до 7–10 км;
- высокая разрешающая способность данных МОГТ-3D сделала возможным проведение атрибутного анализа, который подтвердил наличие перспективных артинских объектов, а по результатам спектральной декомпозиции были уточнены их контуры.

Широкое распространение перспективных нижнеартинских отложений – кремнисто-битуминозно-карбонатной толщи и подстилающих её конглобрекчий – по периметру Прикаспийской впадины, а также сходство их литологического состава в пределах западного, северо-западного

и юго-восточного Прикаспия подтверждает перспективность этих отложений.

На основе комплексной интерпретации сейсмических данных МОГТ-3D были выявлены зоны увеличенных толщин битуминозных сланцев, конглобрекчий и области их выклинивания в пределах бортовой зоны. По картам толщин перспективных артинских отложений установлено положение ближайшего источника сноса, нахождение которого предполагается в районе бортовой зоны на северо-западе участка. В результате был выявлен целый ряд локальных поднятий, находящихся на доступных для бурения глубинах.

Кроме выявленных перспективных артинских отложений стало возможным подтвердить и детально изучить объекты, залегающие на существенно больших глубинах в девонских и каменноугольных отложениях. Указанные комплексы пород сохраняют свою поисковую значимость. Их дальнейшее изучение является существенным фактором для наращивания сырьевой базы региона.

Библиографический список

1. Соловьев Б. Д. Этапы эволюции и нефтегазоносность осадочного чехла Прикаспийской впадины // Геология нефти и газа. 1992. № 8. С. 13–18.
2. Остроухов С. Б., Цыганкова В. А., Попова П. Ф., Крук П. Н. Нефтегазоносность подсолевых нижнеартинских отложений Западного Прикаспия // Недра Поволжья и Прикаспия. 2019. Вып. 100. С. 49–61. <https://doi.org/10.24411/1997-8316-2019-11004>, EDN: QBLQJO
3. Bruce S. Hart. Channel detection in 3-D seismic data using sweetness // AAPG Bulletin. 2008. Vol. 92, № 6. P. 733–742. <https://doi.org/10.1306/02050807127>

Поступила в редакцию 20.02.2023; одобрена после рецензирования 11.03.2023; принята к публикации 13.03.2023
The article was submitted 20.02.2023; approved after reviewing 11.03.2023; accepted for publication 13.03.2023



Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2023. Т. 23, вып. 2. С. 111–130

Izvestiya of Saratov University. Earth Sciences, 2023, vol. 23, iss. 2, pp. 111–130

<https://geo.sgu.ru>

<https://doi.org/10.18500/1819-7663-2023-23-2-111-130>, EDN: VJBGND

Научная статья
УДК 553.982.23



Гидротермально изменённые породы – индикаторы зон разгрузки углеводородов Красноленинского свода (Западная Сибирь)

Я. А. Рихтер

Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского, Россия, 410012, г. Саратов, ул. Астраханская, д. 83

Рихтер Яков Андреевич, доктор геолого-минералогических наук, профессор, <https://orcid.org/0000-0003-2511-8550>

Аннотация. Использован материал собственных исследований, а также многочисленных публикаций последних лет по современным проблемам нефтеносности Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции. На примерах Пальяновской, Талинской и смежных площадей Красноленинского свода рассматриваются вопросы строения месторождений, их приуроченности к определённым региональным уровням разреза, а также проблемы формирования коллекторов нетрадиционного типа в зонах тектонических деформаций и гидротермально-метасоматических изменений пород доюрского фундамента (палеозойских гранитов), проблемы высокопроницаемого «суперколлектора» на примере нижних горизонтов юрского комплекса (шеркалинская свита) и почти непроницаемого коллектора с трудно извлекаемыми огромными запасами УВ – в его верхних горизонтах (баженовская свита). Показано, что распределение залежей нефти в юрской части разреза соответствует флюидомиграционной модели с участием глубинного УВ-флюида. Выявлены новые типы нетрадиционных коллекторов в гранитах фундамента и в зонах разгрузки в юрских отложениях осадочного чехла.

Ключевые слова: нетрадиционные коллекторы, граниты фундамента, гидротермы, баженины, уровни разгрузки, Красноленинское месторождение, углеводороды

Для цитирования: Рихтер Я. А. Гидротермально изменённые породы – индикаторы зон разгрузки углеводородов Красноленинского свода (Западная Сибирь) // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2023. Т. 23, вып. 2. С. 111–130. <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2023-23-2-111-130>, EDN: VJBGND

Статья опубликована на условиях лицензии Creative Commons Attribution 4.0 International (CC-BY 4.0)

Article

Hydrothermally altered rocks – indicators of hydrocarbon unloading zones of the Krasnoleninsky arch (Western Siberia)

Ya. A. Richter

Saratov State University, 83 Astrakhanskaya St., Saratov 410012, Russia

Yakov A. Richter, <https://orcid.org/0000-0003-2511-8550>

Abstract. Our own research data as well as numerous publications of recent years on modern problems of oil potential in the West Siberian oil and gas province were used in this study. Based on the Palyanovskaya, Talinskaya and adjacent areas of the Krasnoleninsky arch, the issues of deposits structure and confinement to certain regional levels of the section, the problems of unconventional reservoirs formation in the zones of tectonic deformations and hydrothermal-metasomatic changes in pre-Jurassic basement rocks (Paleozoic granites), as well as problems of highly permeable “supercollector” (the lower horizons of the Jurassic complex – Sherkalinskaya formation) and an almost impermeable reservoir with difficult to recover huge hydrocarbon reserves (its upper horizons – Bazhenov formation) are discussed. The oil deposits distribution in the Jurassic part of the section was shown to comply with the fluid migration model with the participation of deep hydrocarbon fluid. New types of unconventional reservoirs have been identified in the basement granites and in the unloading zones in the Jurassic deposits of the sedimentary cover.

Keywords: unconventional reservoirs, basement granites, hydrothermal fluids, bazhenites, upload levels, Krasnoleninskoye field, hydrocarbons

For citation: Richter Ya. A. Hydrothermally altered rocks – indicators of hydrocarbon unloading zones of the Krasnoleninsky arch (Western Siberia). *Izvestiya of Saratov University. Earth Sciences*, 2023, vol. 23, iss. 2, pp. 111–130 (in Russian). <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2023-23-2-111-130>, EDN: VJBGND

This is an open access article distributed under the terms of Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC-BY 4.0)



Введение. Зоны гидротермально-метасоматического преобразования пород нефтеносных районов оказались в центре внимания сравнительно недавно, в ходе освоения и изучения этих районов, когда было установлено их значение как индикаторов процессов миграции углеводородов и формирования залежей нефти и природного газа. Традиционные представления нефтяной геологии о рождении УВ в нефтематеринских свитах и накоплении нефти в осадочных породах-коллекторах, залегающих в сводах антиклиналей или в других локальных структурах («ловушках», под непроницаемыми экранами-«покрышками»), оказались недостаточными и неудовлетворительными. Они стали приходить в противоречие с вновь открытыми фактами. Были найдены новые типы залежей (неструктурного типа), новые типы коллекторов (так называемых вторичных), и наконец, были найдены скопления и настоящие месторождения нефти и газа там, где их никто не ожидал – среди метаморфических пород и гранитов докембрийских кристаллических щитов Канады и Скандинавии, в гранитах на шельфе Вьетнама, на сверхбольших глубинах осадочных бассейнов Мексиканского залива и в других «неподходящих» местах.

Это потребовало развития новых подходов в исследованиях в научно-методическом отношении, создания новой основы прогноза и поисков перспективных объектов. Потребовались обращение к другим областям геологических знаний и разработка новых теоретических представлений, новые способы и методы изучения. В частности, было выяснено, что формирование пустотного пространства пород вторичных коллекторов обязано инфильтрации флюида и его выщелачивающему действию. При этом они либо улучшают коллекторские свойства пород в процессе выщелачивания, либо ухудшают их при вторичном минералообразовании. В целом инфильтрация флюидов оказывает решающее влияние на формирование вторичных коллекторов нефти и газа. Возраст инфильтрируемых отложений не имеет значения, важны лишь физические свойства и физико-химические условия, благоприятные для создания достаточной емкости коллекторов. Не имеют того значения, которое до сих пор им придают, присутствие или отсутствие в породах биогенного органического вещества (ОВ), с которым обычно связывалось представление о происхождении нефти (например, в осадочно-миграционной теории Н. Б. Вассоевича [1]).

Наиболее актуальными и интересными за последние два десятилетия оказались результаты исследований недр Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции. Установлена закономерная приуроченность многочисленных месторождений к приконтактовой зоне палеозойского фундамента и отложений мезозоя, сверх того обнаружены существенные проявления углеводородов значительно ниже этого контакта [2]. На многих ме-

сторождениях нефти было установлено многоэтажное расположение залежей нефти, их приуроченность к проницаемым зонам повышенной трещиноватости и разуплотнения, открыты и изучены сопровождающие их зоны гидротермально-метасоматического преобразования вмещающих залежи пород, выявлено их парагенетическое значение в процессах миграции и локализации углеводородов.

Одним из наиболее изученных нефтеносных районов Западно-Сибирской провинции является Красноленинский, расположенный в пределах одноименного свода (рис. 1). Здесь обычно выделяется единое крупное месторождение – Красноленинское. Свод осложнен большим числом локальных поднятий и вершин – Ем-Еговским, Пальяновским, Каменным и др., поэтому месторождение имеет сложное строение и не является единым по разным нефтегазоносным комплексам.

Локальные структуры в своем большинстве имеют самостоятельный этаж нефтеносности и фактически вмещают отдельные месторождения. В единое Красноленинское месторождение их объединяет массивная залежь пластов ЮК₂₋₉ средней юры. Месторождение включает 9 площадей: Талинскую, Ем-Еговскую, Пальяновскую, Каменную, Сосново-Мысскую, Лебяжью, Поттымскую, Елизаровскую и Поснокортскую. Талинская площадь расположена в западной части Красноленинского свода. Основные структурные элементы – Талинское и Южно-Талинское поднятия – разделенные прогибом широтного простирания. Промышленная нефтеносность установлена в интервале глубин 1462–2800 м в нижнемеловых (викуловская свита, пласт ВК₁), верхнеюрских (абалакская и баженовская – тутлеймская свиты), среднеюрских (тюменская свита, пласты ЮК₂₋₉), нижнеюрских (шеркалинский горизонт, пласты ЮК₁₀, ЮК₁₁) отложениях. Основная часть запасов нефти содержится в пластах ЮК₁₀, ЮК₁₁, к которым приурочены экранированные залежи «жильного» типа субмеридионального простирания. Для базальных горизонтов юрской системы (ЮК₁₀, ЮК₁₁) характерны частые выклинивания и эрозионные прислонения слоев, обусловленные рельефом доюрского фундамента. Дебиты нефти изменяются в пределах от 0,5–3,0 до 100 и более т/сут, что обусловлено неоднородным строением коллекторов трещинного и трещинно-кавернозного типов.

Вертикальная амплитуда распространения нефтеносности на Красноленинском своде достигает 1300 м, обнимая стратиграфический разрез от верхов викуловской свиты (пласты ВК₁₋₃) и фроловской свиты (пласты АК₁₋₃) нижнемелового возраста и весь разрез юрской системы (пласты ЮК₀, ЮК₁, ЮК₂₋₉, ЮК₁₀, ЮК₁₁), образования коры выветривания, а также трещиноватые и раздробленные породы доюрского фундамента. Наибольшие начальные запасы сосредоточены в среднеюрском (тюменская свита, пласты ЮК₂₋₉)

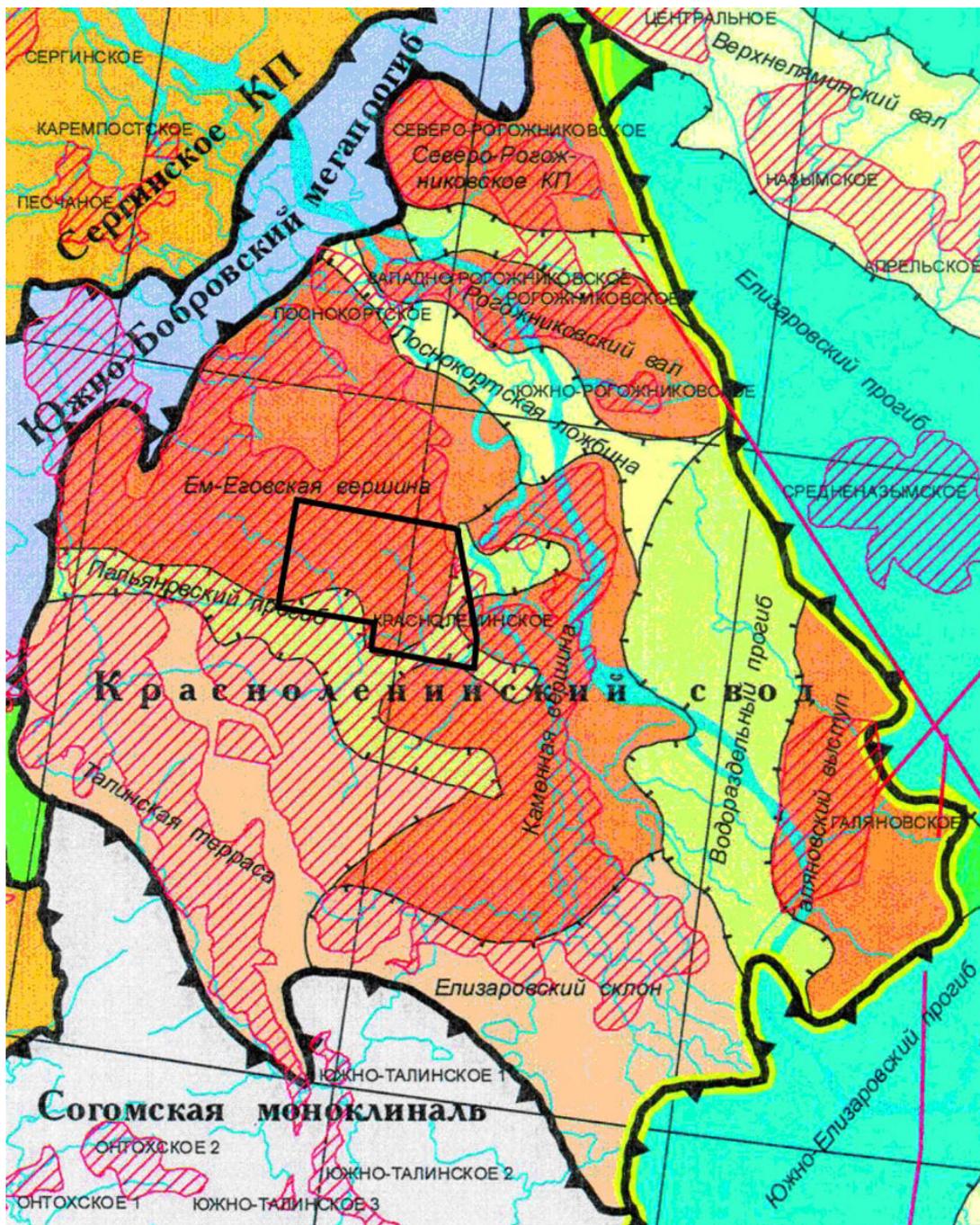


Рис. 1. Структурно-тектоническая схема Красноленинского свода [3]. Контуром выделен район исследований, красным цветом – выступы гранитов палеозойского фундамента, штриховкой – площади с доказанной нефтеносностью (цвет онлайн)

Fig. 1. Structural-tectonic scheme of the Krasnoleninsky arch [3]. The study area is outlined, the Paleozoic basement granite protrusions are marked in red, and the areas with proven oil content are shaded (color online)

и аптском (викуловская свита, пласты 1–3) нефтегазоносных комплексах.

Основная доля накопленной добычи нефти приходится на продуктивные пласты юрского осадочного комплекса, а основные ресурсы района по-прежнему сосредоточены в юрских отложениях, начиная с базальных слоев толщи, а также

в верхней части доюрского фундамента, и заканчивая продуктивным пластом баженовской свиты в кровле юрского комплекса (рис. 2). Мощность отложений сильно изменчива – от 30 до 240 м, вследствие выклинивания слоев в нижней части разреза юрского комплекса и последовательного налегания на фундамент более высоких его слоев.

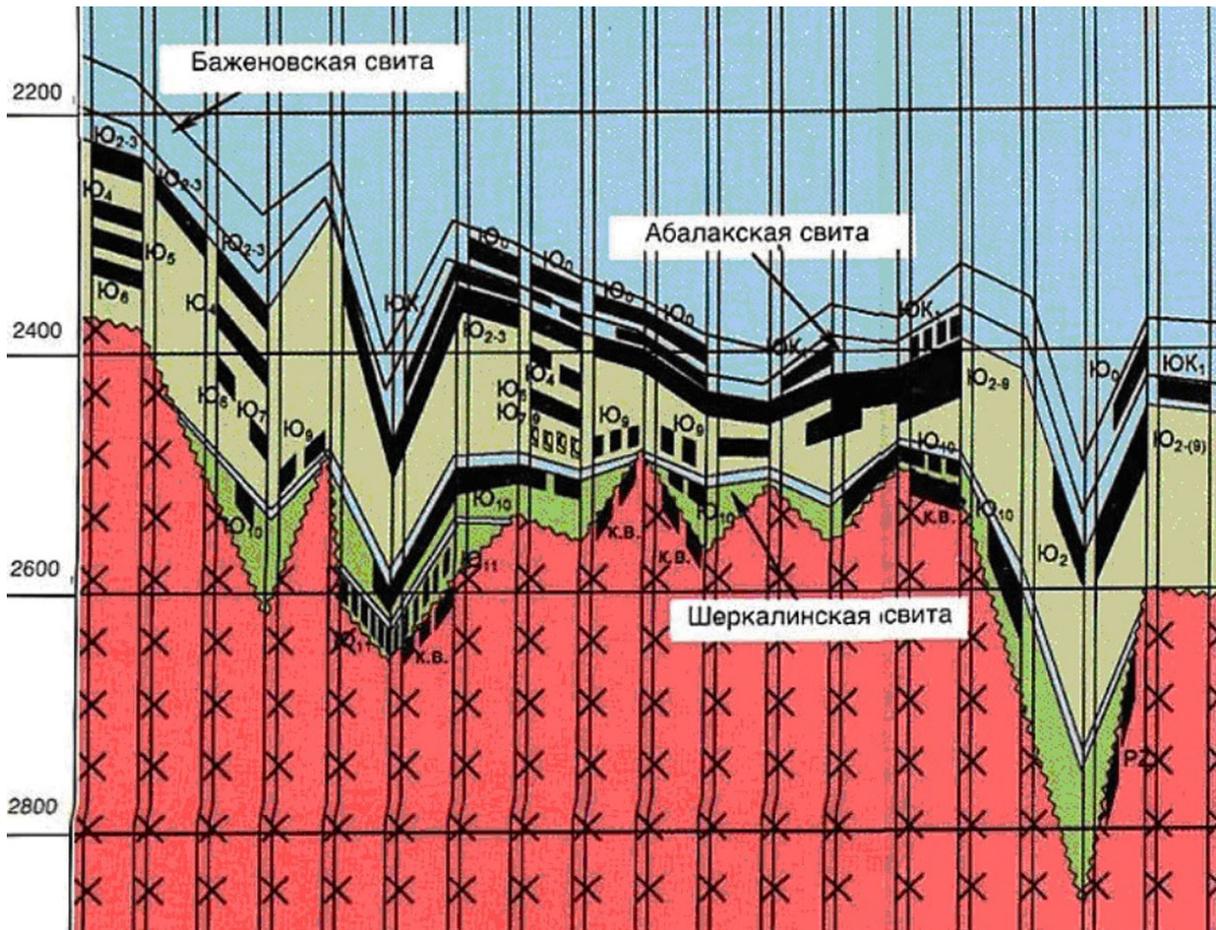


Рис. 2. Уровни разгрузки УВ-флюида и формирования залежей нефти в кровле палеозойского фундамента, в базальных слоях (шеркалинская свита) и в кровле юрских отложений (абалакская и баженовская свиты) Красноленинского свода. Слева – глубина в метрах. Месторождения в колонках (слева направо): Яхлинское, Малопотанайское, Западно-Талинское, Онтохское, Красноленинское (площади Южно-Талинская, Талинская, Ем-Егловская, Пальяновская, Айтурская, Каменная, Елизаровская, Лебяжья, Поттымская, Ингинская, Постнокортская), Гальяновское, Рогожниковское и Северо-Рогожниковское. Модифицировано по [4] (цвет онлайн)

Fig. 2. Levels of HC-fluid unloading and oil deposits formation in the Paleozoic basement top, in the basal layers (Sherkalinsky suite) and in the Jurassic deposits top (Abalak and Bazhenov formations) of the Krasnoleninsky arch. On the left – depth in meters. Deposits in columns (left to right): Yakhlińskoye, Malopotanayskoye, West-Talinskoye, Ontokhskoye, Krasnoleninskoye (South-Talinskaya, Talinskaya, Em-Egovskaya, Palyanovskaya, Aitorskaya, Kamennaya, Elizarovskaya, Lebyazhya, Pottymorskaya, Inginskaya, Postnokortskaya fields), Galyanovskoye, Rogozhnikovskoye and North-Rogozhnikovskoye. Modified from [4] (color online)

Второй нефтеносный комплекс – нижнемеловой (аптский) – находится гораздо выше, примерно в 700–800 м. Он имеет более локальное развитие и представлен лишь одним-двумя продуктивными пластами в кровле викуловской свиты. Его залежи разрабатывались первыми, ресурсы оцениваются скромнее, чем для первого комплекса. Залежи месторождений в значительной степени истощены, а перспективы восполнения запасов за счет приращения на флангах ограничены. Между этими двумя нефтеносными комплексами залегает мощная толща глин фроловской свиты нижнего мела. Она является для нижнего комплекса мощным экраном, в ней нет коллекторов обычного пористого типа, поэтому проницаемость

толщи обусловлена лишь развитием трещин сдвига и скольжения в зонах тектонических нарушений и расщепления.

Физические параметры нефтей. По данным Оксенойд [5], пластовые температуры залежей нефти в отложениях тюменской свиты Красноленинского свода растут с СЗ от 68°C на Бобровском месторождении (на западе Полуийского свода) на ЮВ к Каменной вершине (105°C) и Елизаровскому склону (более 105°C).

Плотность нефти в залежах тюменской свиты и в породах доюрского фундамента Красноленинского свода не превышает 0,83 г/см³ (при минимуме 0,735 для Каменной вершины) в отличие от структур окружения свода, где плотность нефти



возрастает до $0,85 \text{ г/см}^3$ и более. Соответственно первые выделяются как особо легкие, а вторые отнесены к легким и средним нефтям. Иная картина наблюдается для нижнемеловых отложений викуловской свиты: залежи с особо легкими нефтями составляют не более трети от общего их числа. Общая тенденция видна из следующего ряда цифр (%): фундамент – 83 → тюменская свита – 85 → баженовская свита – 44 → викуловская свита – 33. Доля особо легких нефтей убывает снизу вверх от фундамента и отложений базальной тюменской свиты до викуловской свиты на протяжении около 1,5 км.

Распределение плотности нефти вполне коррелируется со значениями газового фактора (коэффициент корреляции равен 0,75). Для тюменской свиты эти значения увеличиваются от границ рассматриваемого района к центру – Красноленинскому своду, в пределах которого выделяется зона со значениями газового фактора более 120 (максимум свыше 200 приурочен к Каменной вершине).

По содержанию серы нефти тюменской свиты в большинстве залежей (более 80%) относятся к малосернистым. Распределение значений её содержания в пределах Красноленинского свода практически совпадает с картиной распределения плотности. Нефти баженовской и викуловской свит также в основном малосернистые, с небольшой долей сернистых разностей. В то же время в породах баженовской свиты наиболее ярко проявляется различие в содержании сульфидов и сернистости нефтей, особенно в районе Красноленинского свода (сернистость $< 0,4\%$, содержание пирита $> 9,0\%$), что не находит удовлетворительного объяснения. Например, «снижение содержания серы в нефтях» в этой зоне объясняется возрастанием уровня зрелости керогена, обусловленным, в свою очередь, повышенными значениями теплового потока [6].

Нефти доюрского фундамента малосернистые, но отмечаются участки с аномально высоким содержанием серы (до 3,25%) в нескольких залежах Красноленинского месторождения (в коре выветривания на юго-западе Талинской террасы).

По динамической вязкости все нефти Красноленинского района маловязкие, за исключением викуловской свиты. Около трети нефтей этой свиты средневязкие.

Важно иметь в виду, что с увеличением уровня теплового потока плотность и сернистость нефти уменьшаются, что находит отражение на картах распределения значений этих параметров для тюменской свиты. Большая часть Красноленинского свода оконтуривается изолинией 65 мВт/м^2 , обозначающей высокий уровень теплового потока.

Изотопный состав. По данным Н. В. Лопатина и соавторов [7], для нефтей и битумов тюменской свиты Талинской, Пальяновской и Ем-Еговской площадей Красноленинского месторождения характерно контрастное различие изотопного состава углерода тюменской и баженовской

свит: наиболее изотопно утяжеленные нефти и битумы находятся в первой из них, а изотопно-облегченные – во второй свите. Так, изотопный состав нефтей тюменской свиты изменяется от -29.58 до -30.69 (гексановая фракция) при среднем значении -30.30, что неразличимо близко значению пробы нефти № 53 из скв. 99, достигнутой фундамента на Пальяновской площади (-30.10). Результаты измерений по фракциям (гексан-бензольной, бензольной, бензол-метанольной и асфальтеновой) обнаруживают монотонное общее «облегчение» изотопного состава вверх по разрезу.

Результаты геолого-поисковых и геофизических работ последних лет. Наиболее актуальными и интересными в последнее десятилетие оказались результаты исследований нефтеносных недр Красноленинского свода Западно-Сибирской провинции. На многих месторождениях здесь было установлено многоэтажное расположение залежей нефти в осадочном чехле, открыты новые типы трещинных коллекторов в фундаменте и перекрывающих отложениях, а также сопровождающие их зоны гидротермально-метасоматического преобразования вмещающих пород, выявлено парагенетическое значение зон трещиноватости и минерализации пород в условиях активной флюидодинамики.

Мы приведём примеры таких исследований, освещающих перспективы прогноза и поисков залежей нефти на двух важнейших уровнях: 1) в области контакта мезозойских осадочных образований плитного комплекса и палеозойского доюрского фундамента, а также в его прикровлевой части; 2) в осадочном чехле на уровне так называемой «баженовской» свиты.

Наиболее показательными оказались результаты по Пальяновской площади, расположенной в центральной части Красноленинского свода. Важнейшие объекты поисковых работ связаны с породами баженовской (K_1-J_3), абалакской (J_3), тюменской (J_2) свит, базального горизонта последней (J_{1-2}) и верхней части фундамента (Pz). По результатам петрофизических исследований (ГИС и изучение керн) было установлено, что наиболее перспективные нефтеносные интервалы сосредоточены в породах баженовской и тюменской свит, особенно базального горизонта последней – шеркалинской свиты.

В 2011 г. на Пальяновской площади компанией «Газпромнефть» были проведены опытно-методические исследования по изучению и прогнозированию зон развития трещинно-кавернозных коллекторов баженовско-абалакского комплекса на основе структурно-деформационного анализа по материалам сейсморазведки 3D [8], была построена трещинно-блоковая модель коллектора, причем зоны трещиноватости классифицированы по режимам активизации и выраженности в динамических параметрах. Полученные результаты позволили выявить трещинно-блоковую структуру Пальяновской площади, образованную двумя

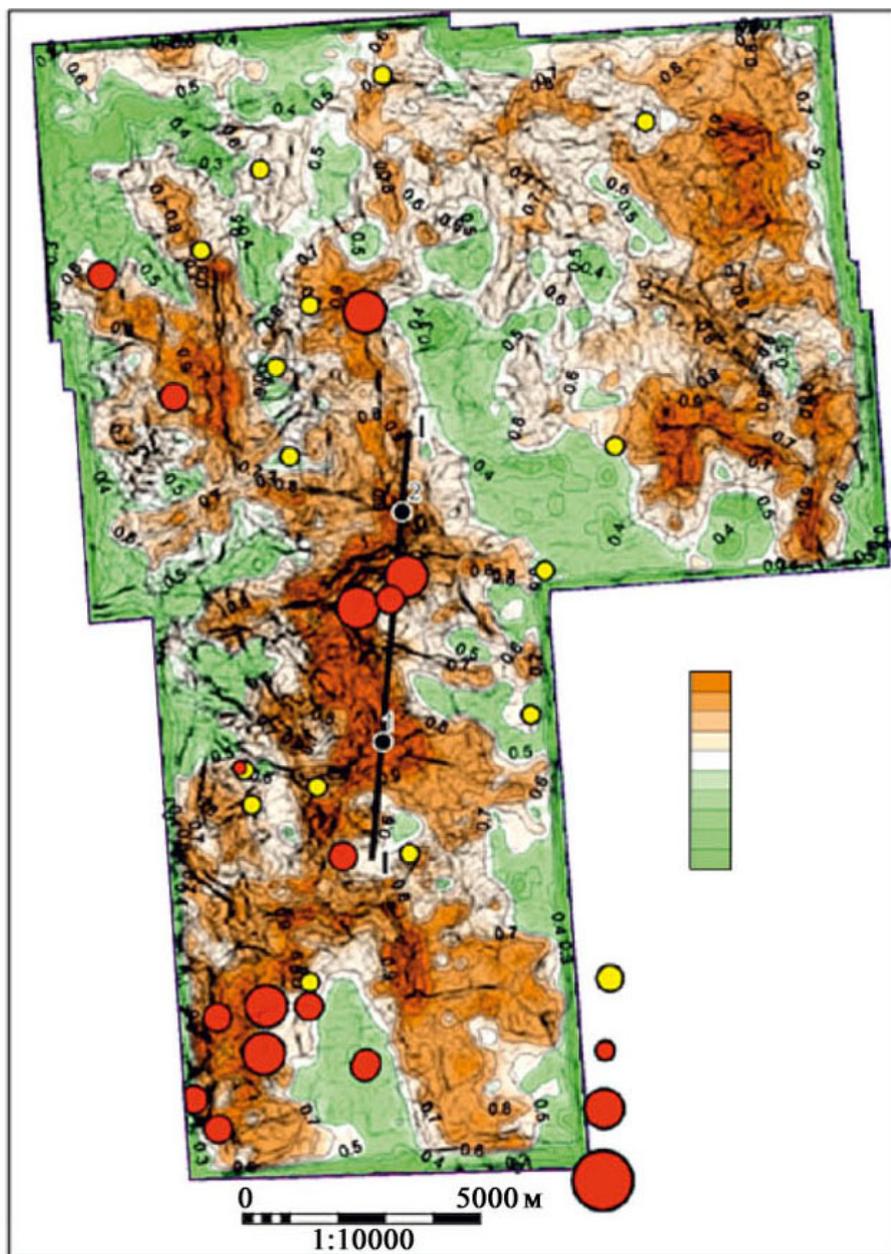


системами разрывов – субширотных и субмеридиональных. Для обеих систем разрывов выявлена приуроченность их к приосевым участкам положительных структур, а к участкам сочленения разрывов (разломных узлов) оказались приурочены локальные максимумы амплитуд поднятий.

При интерпретации сейсмических материалов и построении структурной схемы кровли доюрского фундамента использовалась методика программы «Рельеф-2», основанная на представлении об ореолах разуплотнения пород над залежами УВ. Эти ореолы образуются в процессе диффузионного массопереноса лёгких углеводородов либо в результате термического расширения горных пород вследствие увеличения теплового

потока над залежами нефти, газа и газоконденсата [9]. Разуплотнение пород в пространстве над залежами нефти фиксируется при проведении сейсморазведки в пониженных скоростях упругих колебаний и поэтому может быть выражено в увеличении наблюдаемых времен до отражающего горизонта на определенной базе профиля МОВ ОГТ.

Большинство продуктивных скважин на структурной схеме кровли доюрского фундамента, построенной в 2014 г. по данным интерпретации сейсмических материалов Центром геологического моделирования ООО «Славнефть», оказались приуроченными к участкам с увеличенной «временной мощностью» (или

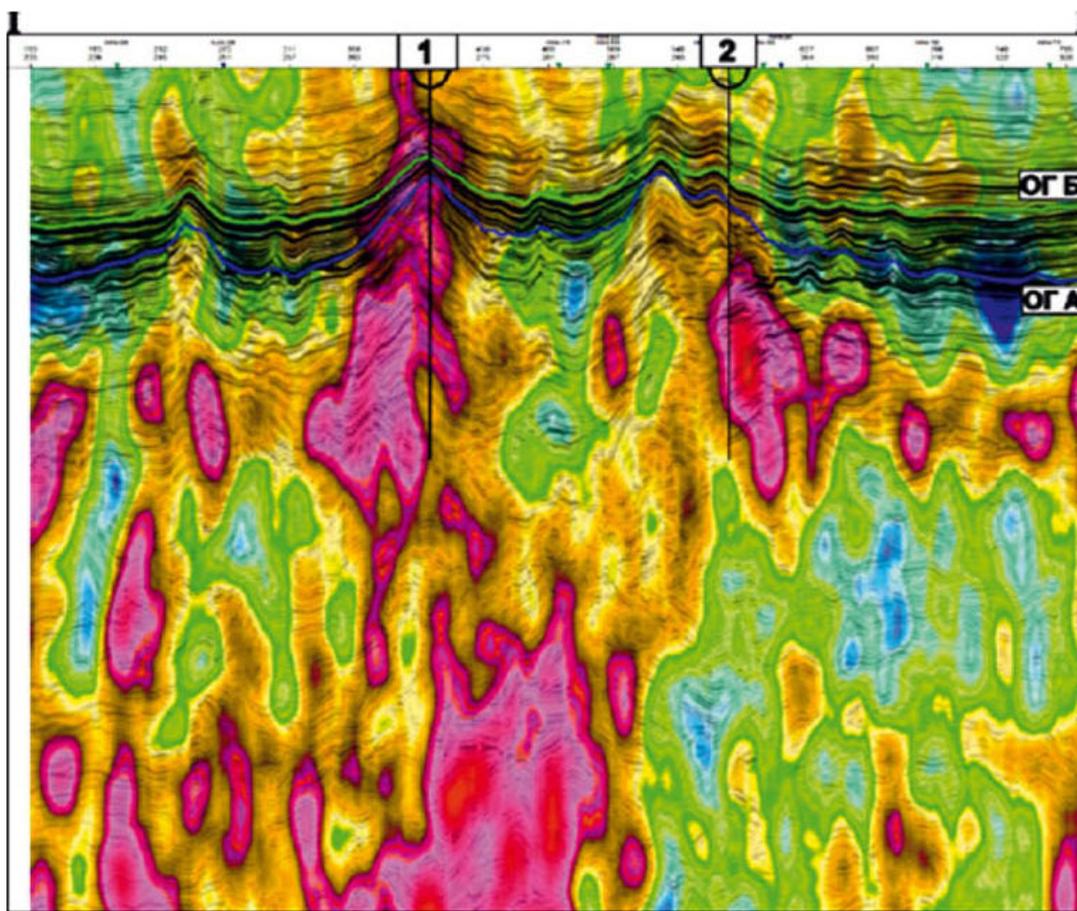


а



«временной» амплитудой) между одновозрастными отражающими горизонтами в 1,3–1,5 раза большей, чем на соседних участках площади. Такое соотношение было установлено при анализе геофизических материалов на площадях соседнего Шаимского района, Северо-Варьганского и Ханты-Мансийского месторождений, где в интервале прикровлевой части доюрского фундамента в продуктивных скважинах были установлены вторичные кремнистые породы – силициты. Эту закономерность было предложено использовать для прогноза нефтегазоносности прикровлевой части доюрского фундамента [10, 11].

Для создания адекватной геологической модели трещинного резервуара баженовского горизонта была применена новая методика комплексного изучения геолого-геофизической информации, разработанная на основе инновационных технологий 3D в ООО «Славнефть–НПЦ». Наиболее эффективным оказался совместный анализ полей сингулярностей и энергии рассеянных волн как в интервале баженовской свиты, так и ниже в интервале юрских и доюрских отложений. Для качественной оценки перспективности предполагаемого трещинного коллектора на уровне абалакской и баженовской свит была составлена карта оценки качества коллекторов (рис. 3, а), совмещающая



б

Рис. 3. Выделение перспективных зон трещинного коллектора на уровне баженовско-абалакского горизонта и в доюрском фундаменте Пальяновской площади (по методу поля энергии рассеянных волн (по [12], с изменениями): а – карта комплексной оценки качества коллектора в интервале баженовско-абалакского горизонта; шкала комплексного параметра (от 1 до 0), в кружках – скважины по степени продуктивности; б – вертикальное сечение I–I по линии проектных скважин 1 и 2; отражающий горизонт ОГБ соответствует кровле баженовской свиты, ОГА – кровле доюрского фундамента. Теплые тона палитры соответствуют наиболее дезинтегрированным объемам доюрского фундамента и юрско-меловых образований (цвет онлайн)

Fig. 3. Identification of a fractured collector perspective zones at the level of the Bazhenov-Abalak horizon and in the pre-Jurassic basement of the Palyanovskaya field (by the scattered wave energy field method [12, modified]). А – collector quality comprehensive assessment map in the interval of the Bazhenov-Abalak horizon. Symbols: complex parameter scale (from 1 to 0), circles – wells by the productivity degree. В – vertical section I-I along the line of the project wells 1 and 2. The reflecting horizon OGB corresponds to the Bazhenov formation top, OGA – to the pre-Jurassic basement top. The warm palette colors correspond to the most disintegrated volumes of the pre-Jurassic basement and Jurassic-Cretaceous formation (color online)



поля энергии рассеянных волн и синергетических сингулярностей отраженных волн в соответствующем интервале разреза. Была высказана идея, что локализация углеводородов в баженовской свите возможна в трещинном резервуаре, который перекрыт флюидоупором и приурочен к флюидо-проводящим структурам, контролируемым зонами дезинтеграции доюрских образований фундамента в виде разломных структур [12].

Оказалось, что почти все продуктивные скважины находятся в пределах зон прогнозируемых трещинно-линейных коллекторов. На профиле (рис. 3, б) отчетливо видно, насколько широко и глубоко палеозойский фундамент захвачен процессом деструкции и разуплотнения при движении из глубины высокоэнергичного флюида. Нет никакого сомнения, что эта картина вызвана присутствием и движением мощного теплового и флюидного потока вдоль зон деструкции пород земной коры.

Опытно-промышленные работы на площади начались осенью 2012 г., когда были расконсервированы пять ранее пробуренных скважин. Затем компания приступила к бурению проектной поисково-оценочной скв. № 1. В пределах северо-восточной части Пальяновской площади в интервале абс. отметок -2216–2414 м был выявлен сложный кавернозно-трещинный коллектор, приуроченный к пласту ЮК₀-ЮК₀₁ в нижней подсвите тутлеймской свиты (баженовской свиты). При бурении проектной скв. № 1 в интервале баженовской свиты было проведено испытание пласта в открытом стволе и получен фонтанирующий приток нефти, что свидетельствует о наличии зоны развития естественных трещин, заполненных подвижными УВ. При освоении скважины был произведен гидроразрыв пласта, начальный дебит жидкости составил 35 м³/сут, нефти – 25 т/сут. Газовый фактор значительно превысил начальное газосодержание и достигал 2000 м³/т. Из скв. № 2 был получен фонтанирующий приток нефти с начальным дебитом жидкости до 100 м³/сут, нефти – 82 т/сут. Накопленная добыча нефти за 18 месяцев эксплуатации превысила 20 тыс. т. За время эксплуатации произошло снижение дебита жидкости до 20 м³/сут, нефти до 16 т/сут с увеличением газового фактора до 1200 м³/т при начальном газосодержании 153 м³/т. Полученные данные свидетельствуют о том, что скважиной вскрыта залежь нефти, приуроченная к зоне развития естественной трещиноватости и находящаяся в режиме растворенного газа [12].

Для изучения природы поднятий в центральной части Пальяновской площади были проведены специальные минералого-геохимические исследования пород керна продуктивных скважин 130, 138, 153, 158, 600, 611, находящихся по результатам интерпретации материалов сейсморазведки 2D и 3D в линейных зонах тектонических нарушений и достигших доюрского фундамента [13,

14], а также исследование литологии и внутреннего строения баженовской свиты [15].

Выявленные геофизическими исследованиями особенности физических полей и сделанные на их основе выводы о возможном эффекте разуплотнения пород на уровне кровли фундамента подтверждаются данными петрографического изучения гранитов, гнейсов и других метаморфических пород фундамента Пальяновской площади [16]. Наиболее распространенными в доюрском (палеозойском) фундаменте оказались граниты и гранито-гнейсы, а также катаклазиты по ним (скв. 600Р и 611) и метасоматиты (скв. 130, 138). Как более редкие отмечены метасоматиты по серпентинитам и дайкам габброидов [16].

В гранитах наиболее ранние гидротермально-метасоматические изменения синхронны катакластическим деформациям, другие следуют за самыми последними катакластическими дислокациями. Наряду с почти не деформированными гранитами выделяются граниты в разной степени подвергшиеся катаклазу и локальной милонитизации, а также интенсивному выщелачиванию и окварцеванию, вплоть до образования вторичных силицитов или кварцитов (скв. 138, глубина 2851,8 м), и, наконец, слюдисто-кварцевые и слюдисто-полевошпатово-кварцевые метасоматиты по катаклазитам и милонитам. На всех стадиях дробления и гидротермального выщелачивания в гранитах возникали зоны проницаемости – от мельчайших «дырчатых» пор и каналов, образованных в полевых шпатах и занятых затем каолинитом, скаполитом, адуляром, кварцем и серицитом, до более обширных и протяженных зон милонитов и катаклазитов. Среди раздробленного и таким образом разуплотненного материала этих зон появляются типичные гидротермальные минералы – кварц, калишпат, серицит, мусковит, апатит, гематит, селадонит, сульфиды, сидерит (кристаллобласты и сферокристаллы, затем прожилки), нефтяной битум (от почти бесцветного до коричневатого-бурого, окрашивающего серицит), каолинит (диккит), ангидрит, доломит, кальцит. Таким образом, в гранитах проявлены признаки проницаемых зон, образованных дроблением и катаклазом и затем использованных флюидами, оставившими отмеченную минерализацию.

На примере некоторых гранитов Пальяновской площади (скв. 153) мы можем видеть признаки более раннего проявления процесса диффузии флюида в кристаллической среде полевых шпатов. Так, вдоль проницаемых систем спайности в кристаллах плагиоклаза развиваются зонки выщелачивания, заметные по появлению вдоль трещинок спайности пелитового вещества, редких выделений мусковита (серицита), скаполита и ангидрита.

Таким образом, результаты проведенной локализации перспективных участков баженовского горизонта в пределах Пальяновской площади подтвердили эффективность предложенных методов прогноза перспективных зон, в частности, при



выборе мест заложения проектных скважин. Применение инновационных технологий обработки и интерпретации сейсмических 3D-данных обеспечило выделение коллекторов нового трещинного типа. Минералого-петрографические исследования выявили широкое развитие процессов катаклаза и гидротермального метасоматоза, сопровождающих флюидный поток, а также показали возможность выделения активных дренажных структур, приуроченных к дезинтегрированным зонам разломов в доюрском фундаменте.

Нефтегазоносность доюрского фундамента подтверждается открытиями многочисленных скоплений углеводородов (притоков из скважин, битумов) в породах палеозоя Красноленинского свода, в частности на Талинской, Южно-Талинской, Пальяновской, Каменной, Ем-Еговской и других площадях. Прямые признаки нефтеносности пород палеозойского фундамента установлены в породах фундамента – гранитах, кристаллических сланцах и кварцитах, риолитах и их брекчиях, и др. Из них получены притоки нефти промышленного значения, например, из гранитов Пальяновской площади – скв. 153, 130, 432, Южно-Талинской – скв. 303. На Талинской площади основные юрские продуктивные пласты ЮК₁₀ и ЮК₁₁ разрабатываются уже длительное время. Здесь при совместном и раздельном испытании юрского пласта ЮК₁₀ и верхней части доюрского фундамента основные притоки нефти были получены из пород фундамента.

Установлена приуроченность высокодебитных скважин к разломам и субвертикальным зонам разуплотнения в гранитах и гранитогнейсах. Они вскрыли очагово-нефтеносные субвертикальные зоны повышенной проницаемости. Очаги флюидомиграции обусловлены развитием тектонически

ослабленных и проницаемых зон, обычно субвертикальных, прослеживаемых на сеймопрофилях по эффектам затухания сигналов рассеянных волн в виде характерных «труб» (“chimpy”). В результате дислокационно-метасоматических преобразований породы приобрели новые фильтрационно-емкостные свойства (ФЕС) и стали коллекторами кавернозно-трещинного типа. Тектонически ослабленные зоны, фиксируемые в разрезах по развитию трещиноватости, брекчирования, катаклаза и милонитизации пород, отмечены также гидротермально-метасоматическими изменениями. Изученный нами керн скважин Пальяновской площади часто содержит включения нефтяных битумов, в том числе – в гранитах, испытавших катаклаз и воздействие гидротерм. Возникшая в них минералого-геохимическая зональность свидетельствует о восходящем движении флюидогидротерм и стадийном развитии гидротермально-метасоматического процесса. Такая зональность не могла быть проявлена при латеральной или обращенной вниз вертикальной миграции УВ-флюидов, «рожденных» в «нефтематеринских» свитах.

Нефтеносность базальных слоев юрского комплекса. Породы базальной пачки, выделенные в шеркалинскую свиту, в пределах Красноленинского свода распространены неповсеместно, выклиниваясь в верхней части склонов отдельных вершин и куполовидных поднятий. Считалось, что они приурочены, главным образом, к глубоким долинообразным понижениям между поднятиями уплотненной вершины и к склонам Красноленинского свода. В составе шеркалинской свиты выделяют два нефтеносных пласта ЮК₁₀ и ЮК₁₁ (рис. 4).

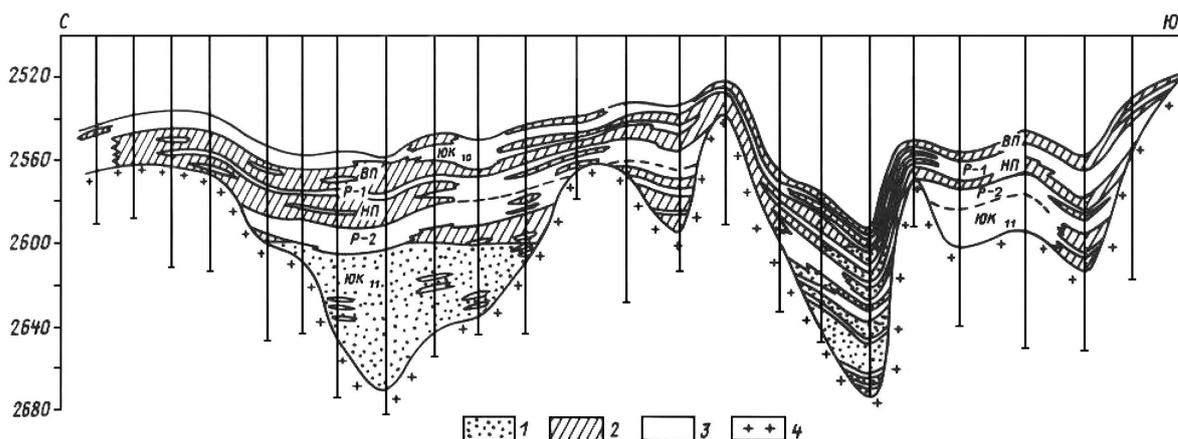


Рис. 4. Талинское месторождение. Субмеридиональный геологический разрез пластов ЮК₁₀, ЮК₁₁: 1, 2 – песчаники водо- и нефтенасыщенные; 3 – плотные глинистые породы тогурской пачки и других прослоев; 4 – доюрский фундамент. Черным выделены залежи нефти [17]

Fig. 4. Talinskoye deposit. Submeridional geological section of layers YuK₁₀, YuK₁₁. 1, 2 – water- and oil-saturated sandstones; 3 – dense clay rocks of the Togur member and other layers; 4 – pre-Jurassic basement. Oil fields are marked in black [17] (color online)



Породы пласта ЮК₁₀ представлены в основном разномзернистыми, но сравнительно хорошо отсортированными светло-серыми песчаниками с редкой субгоризонтальной слоистостью, которая подчеркивается тонкими глинистыми прослоями и растительным детритом. Продуктивный пласт ЮК₁₁ отделен от вышележащего пласта ЮК₁₀ тогурской аргиллитовой пачкой, которая довольно уверенно прослеживается на всей площади. Породы пласта ЮК₁₁ по ряду текстурных и структурных признаков относились многими геологами к аллювиальным отложениям. Это представление (так называемая «руслонная модель» начала 90-х годов или знаменитые «нефтяные реки» шеркалинской свиты) затем не подтвердилось. Её обломочные образования имеют делювиально-пролювиальное происхождение и в целом представляют собой продукты разрушения и перемещения временными потоками в эрозионных понижениях рельефа. Так как в составе разномзернистых слабо отсортированных пород (песчаников, гравелитов и пудинговых конгломератов) при очевидном преобладании кварца заметную долю составляют полевые шпаты и частично сохранившийся биотит, то эти образования могут быть отнесены к кварцево-аркозовым отложениям, по составу вполне соответствующим гранитам, преобладающим среди пород Красноленинского свода. Работами М. Ю. Зубкова с соавторами [18] установлено, что изначально пласты ЮК₁₀–ЮК₁₁ были сложены обломками кварца (78%), полевых шпатов (9%), глинистых минералов (9%); в них также присутствуют эпигенетические карбонаты – сидерит, анкерит, доломит, кальцит.

В свое время Р. А. Абдуллин [19], В. И. Белкин, А. К. Бачурин, [20], М. Ю. Зубков и др. [18] приводили доказательства того, что основной причиной неоднородности ФЕС продуктивных пластов шеркалинской пачки явились постседиментационные процессы растворения. Они считали, что по разрывным нарушениям из доюрского комплекса в осадочные отложения поступали среднетемпературные водные растворы, насыщенные ювенильной углекислотой. Как они считали, об этом свидетельствуют: 1) повышенный геотермический градиент и аномально высокие пластовые давления; 2) наличие многочисленных тектонических нарушений и их признаков; 3) парагенез углекислоты с аномальными концентрациями ртути в подземных водах; 4) повышенное содержание гелия и аргона в нефтях; 5) широкое распространение в кавернах песчаников высокотемпературной разновидности каолинита (диккита), новообразованного кварца и адуляра; 6) кавернозность трещин, секущих породы доюрского основания.

М. Ю. Зубков с соавторами [18] полагают, что постседиментационная гидротермальная проработка привела к практически полному выщелачиванию карбонатов, каолинитизации полевых шпатов и перекристаллизации исходного каолинита, новообразованию диккита, кварца и адуляра.

Таким образом, к первичной пористости, равной в среднем 12–13%, добавилась вторичная, составляющая около 5%. Г. Н. Перозидо [21] считала, что в первичных осадках шеркалинской свиты доля полевых шпатов была не менее 15–21%. После катагенетических преобразований их количество снизилось в среднем до 5%, а в некоторых разрезах оказалось ещё ниже. Полевые шпаты были практически полностью выщелочены и замещены карбонатом, каолинитом или диккитом с появлением вторичных пор и каверн. Согласно её представлениям, доля вторичной пористости составляет больше 5%.

Фильтрационно-емкостные свойства пород-коллекторов пласта ЮК₁₀ по керну изучены достаточно детально [22]. Встречаются породы всех классов проницаемости, но преобладают IV и V классы (по классификации А. А. Ханина [23]): коллекторы с проницаемостью 1–10 мД составляют 39,2%, 10–100 мД – 32,3%. Отмечаются и более проницаемые коллекторы: Кпр > 100 мД у 14,9% пород. Среднее значение проницаемости по керну составило 35,3 мД. Коллекторские свойства пласта ЮК₁₀ улучшаются вниз по разрезу. Среднее значение начальной нефтенасыщенности также возрастает от верхней пачки к нижней, составляя для пачки «а» 67,8%, для пачки «б» 69,4%, для пачки «с» 72,4%. На Талинском месторождении с зонами повышенной проницаемости связаны максимальные дебиты нефти – до 308–345 м³/сут на штуцерах 14–18 мм [19].

ФЕС пород пласта ЮК₁₁ весьма изменчивы. Встречаются породы всех классов проницаемости, но коллекторы IV и V классов с проницаемостью 1–10 мД составляют 31,6%, 10–100 мД – 28,7%. Отмечаются и более проницаемые коллекторы: Кпр > 100 мД (26,1% пород). Среднее значение проницаемости по керну составило 102,37 мД. Остаточная водонасыщенность пород-коллекторов в интервале 30–60% отмечается у 83,4% проанализированных образцов. В строении пласта выделяется две пачки: нижняя (пачка «а») и верхняя (пачка «б»). По данным изучения керна и результатам интерпретации ГИС пачка «а» имеет ухудшенные ФЕС по сравнению с пачкой «б». Средневзвешенные по толщине значения пористости для пачек «а» и «б» равны соответственно 15,8 и 16,1%, проницаемости – 177 и 257,4 мД.

Сравнительный анализ характеристик пластов ЮК₁₀ и ЮК₁₁ позволяет сделать вывод, что коллекторские свойства пласта ЮК₁₁ лучше, чем у пласта ЮК₁₀: средневзвешенная по толщине пористость пласта ЮК₁₀ – 14,2%, ЮК₁₁ – 15,0%, проницаемость соответственно 115,4 и 199,3 мД. Подчеркнем, что эти данные получены для самого нижнего пласта, непосредственно контактирующего с фундаментом, в котором найдены зоны деструкции и повышенной проницаемости. Уже давно было установлено, что шеркалинский горизонт (свита) имеет отчетливое блоковое строение вследствие широкого развития субвертикальных



разрывных нарушений, многие из которых выходят из доюрского фундамента [19]. Ширина зон дробления пород, приуроченных к этим нарушениям, составляет 50–200 м, амплитуды вертикально-го смещения достигают 10–15 м.

К специфическим особенностям коллекторов, общим для пластов ЮК₁₀ и ЮК₁₁, относятся сложный характер строения пустотного пространства и морфогенетическое многообразие формирования пустот (обильная трещиноватость, вторичная пористость и кавернозность). Доля вторичных пустот в отдельных случаях может достигать 90–95% от общей пористости, обуславливая тем самым резкую анизотропию ее свойств по проницаемости. Степень гидрофобизации (несмачиваемости керна) увеличивается с ростом проницаемости [22].

Наличие таких показателей проницаемости пласта и гидрофобизации позволило сделать предположение о присутствии «суперколлектора» в зоне контакта пород доюрского фундамента и продуктивных пластов шеркалинской свиты [19, 22, 24]. Доля высокопроницаемых включений в объеме шеркалинской свиты, по данным разных исследований, составляет около 10%. Природа «суперколлектора» обусловлена вторичными преобразованиями, связанными с воздействием гидротерм. Они проникали по многочисленным разломам и зонам дробления фундамента и воздействовали на породы базальных слоев шеркалинской свиты, что привело к формированию кавернозно-порового коллектора, обладающего гидрофобными свойствами.

Результаты петрографических исследований пород шеркалинской свиты показали, что наиболее распространенными являются кварцевые и кварц-аркозовые песчаники, средне- и крупнозернистые, до грубозернистых (скв. 130, 138, 600, 603, 611). В некоторых скважинах отложения отсутствуют, вероятно, они не накапливались или были размывы (скв. 153, 158). В верхней части разреза они содержат более окатанный материал и лучше отсортированы, становятся мелкозернистыми и переходят в алевриты того же состава. Цемент чаще всего гидрослюдисто-глинистый или карбонатный, обычны окатанные зерна полевых шпатов, замещенные серицитом (до 5–10%), но иногда отмечаются и слабоизмененные плагиоклазы и микропертитовые микроклины, слюда представлена биотитом, расщепленным на листочки, или дезинтегрированным на мелкие листочки слюдистым материалом, интенсивно гидратированным. Нередко можно видеть в цементе поры и межзерновые пустоты (каверны), заполненные халцедоном и кварцем, иногда каолинитом, а также битумом, изредка с примесью тонкозернистых сульфидов. Важно, что ни в одном случае среди обломочного материала этих пород не было обнаружено катаклазированного кварца и пород тектоно-гидротермального происхождения (катаклазитов, вторичных кварцитов), характерных, как показали

наши исследования, для нефтеносных гранитоидов Пальяновской площади. Зато совершенно отчетливо прослеживается наложенная на песчаники гидротермальная минерализация – кварц, ангидрит, кальцит, каолинит, сульфиды и битум (до 10–15%). Последний встречается в трещинах и в цементе пород, в некоторых случаях неравномерно насыщает породу в виде черных мелких скоплений и сгустков. Вокруг обломочных зерен отмечаются коричнево-желтые нефтяные плёнки.

Для нижней подошвенной части шеркалинских отложений характерны грубозернистые аркозовые песчаники и гравелиты, сложенные неокатанными остроугольно-угловатыми зернами кварца и серицитизированных полевых шпатов. В промежутках между ними сосредоточен дезинтегрированный гидратированный биотит вместе с алевритовыми осколками кварца. Состав и облик обломочного материала, отсутствие следов его сортировки свидетельствуют об элювиальном его генезисе при разрушении на поверхности гранитов в ходе длительной денудации. В этих породах по трещинам и порам заметно присутствие нефтяных битумов, а среди дезинтегрированного биотита – также и сульфидов (вместе с битумом). Существенно, что эти породы заметно окварцованы за счет регенерации зерен обломочного кварца, местами заметно разрастающихся и смыкающихся. Некоторые исследователи посчитали возможным интерпретировать такие породы как вторичные кварциты, настолько непроницаемые, что они могли послужить экраном для УВ-флюидов, мигрирующих из баженовских нефтематеринских отложений. Это представляется совершенно нереальным. Во-первых, вторичные кварциты возникают не таким способом, а в результате метасоматоза и, кстати, они нами были отмечены среди гранитов доюрского фундамента. Во-вторых, породы шеркалинской свиты сохранили свою высокую пористость и проницаемость, которые возросли благодаря появлению новых пор и каверн выщелачивания, что позволило выделять эти породы в качестве суперколлектора.

Нефтеносность баженовской свиты. Нефтеносная и битуминозная баженовская свита выделяется на уровне нижней тутлеймской подсвиты, относящейся еще к верхним слоям юрской системы. На Талинской, Пальяновской, Ем-Еговской и других соседних площадях к этой свите приурочен продуктивный пласт ЮК₀ – ЮК₀¹. Вместе с подстилающими отложениями верхней толщ абалакской свиты баженовская свита составляет единый нефтеносный комплекс. Верхняя абалакская подсвита представлена темно-серыми и черными битуминозными аргиллитами, содержащими многочисленные конкреции сидерита с включениями глауконита и пирита. Нередко встречаются маломощные прослои алевритов с глауконитом, а также карбонатов (в нижней части исключительно сидеритового состава).



В составе баженовской свиты выделяется группа необычных пород, главными компонентами которых являются битумы и рассеянное УВ-вещество (кероген), минералы кремнезема (опал, халцедон, кварц), глинистые минералы (гидрослюда, смектиты, каолинит), сульфиды (пирит), иногда в виде рассеянной вкрапленности – карбонаты (доломит). Это так называемые бажениты. Названные компоненты присутствуют вместе, и их соотношения довольно устойчивы, что создает характерный облик этих пород. Тем не менее вариации этих соотношений весьма показательны, и они могут быть использованы для выявления закономерностей в формировании баженитов и сопровождающих их пород. При этом мы не касаемся вопросов образования первичных пород и тем более – условий седиментации первоначальных осадков (нам достаточно доказательств их морского генезиса и геологического возраста). Весьма полезным нам представляется обращение к результатам литолого-минералогического анализа разреза баженовской и абалакской свит, проведенного М. Ю. Зубковым [25]. Мощность их пород составляет около 25 м для первой и 30–35 м для второй, всего – не более 60 м. Выше пород баженовской свиты залегают также измененные битуминозные аргиллиты, кремнистые и карбонатно-глинисто-кремнистые породы с пиритом, принадлежащие верхней толще тутлеймской свиты (около 15 м).

В разрезе первой свиты, особенно в верхней её половине, преобладают битуминозные плотные, но трещиноватые кремнисто-глинистые породы – бажениты. В их составе достигается паритет между четырьмя компонентами (кремнезем, глинистые минералы, кероген и пирит) при почти полном отсутствии карбонатов (особенно сидерита). О баженитах, этих уникальных своеобразных породах, речь впереди, здесь же мы коснемся особенностей распределения основных компонентов в породах свиты. Для её верхней толщи (около 10 м) характерно высокое содержание органического вещества (керогена) – в среднем около 20%, от 15% у кровли до 40% вблизи подошвы (рис. 5). Кремнеземистое вещество (кварц, халцедон), обычно наблюдающееся в виде тонких линзочек и округлых образований, составляет 24–40% породы, глинистое вещество (гидрослюда, смектиты и каолинит, примерно в равных долях) – 15–25%, сульфиды (пирит) – 15–20%, максимально достигая 40% и более. Внизу выделяется переходная зона (до 3 м), в которой содержание керогена достигает 50%, а пирита падает до 4–5%. Общая мощность верхней толщи в среднем составляет 13 м.

Разрез нижней толщи баженовской свиты начинается с карбонатного пласта (кальцит-доломитового на 70%), содержащего примеси глинистого (9%) и кремнеземистого материала (12%), а также керогена (5–6%) и пирита (5–6%). Важно, что

соотношение минералов в глинистом веществе, характерное для верхней толщи, здесь сохраняется. Считается, что этот пласт имеет реперное значение и поэтому обычно обозначается как известняк КС. Его толщина не превышает 2,5 м. Нашими наблюдениями присутствие этого пласта на Пальяновской площади подтверждается в разрезе ряда скважин (скв. 130, 138, 153, 611).

Выше него таких образований не отмечается, а ниже – в разрезе нижней части баженовской свиты и подстилающей абалакской свиты – установлено еще несколько карбонатных пластов, но меньшей толщины, и кроме этого обнаруживается присутствие карбонатов в виде рассеянной тонкой вкрапленности. Интересно, что нередко с такими карбонатными пластами ассоциируют фосфатно-карбонатные и фосфатно-сульфатные породы («фосфориты» местных геологов), причем они устанавливаются иногда и выше опорного карбонатного пласта (скв. 138, 601). По данным рентгено-структурного анализа, фосфат в них представлен фтор-апатитом [25], обычно характерным для гипогенных процессов.

В остальных породах нижней толщи постоянной примесью (около 5–7% породы) и в виде прослоев становятся карбонаты – сидерит, доломит и кальцит, иногда в ассоциации с ангидритом и фосфатами. Основным компонентом является кремнезем, представленный кварцем и халцедоном (40%), на втором месте глинистое вещество (30%), в составе которого преобладает каолинит (55%). Кероген составляет в среднем около 18%, а пирит – 10–12% породы. В подошве толщи отмечены тонкие прослои глинисто-кремнистых карбонатных пород (кальцит-доломитовых) с небольшим содержанием керогена (3–4%) и пирита (4–5%). Можно заметить, что в породах нижней толщи содержание керогена постепенно снижается с глубиной от 30 до 3%, компенсируясь приростом минералов кремнезема. Эта тенденция сохраняется и ниже, в породах абалакской свиты. Лишь на первых 4–5 м заметна слабая битуминозность и повышенная кремнеземистость глин и аргиллитов, а затем и это становится незаметным, преобладают рыхлые алевритистые глины, почти не известковистые (если не учитывать кальцита включений раковинного детрита). Среди глинистых минералов наблюдается постепенное нарастание доли каолинита – до 50–55%. Характерен глауконит (селадонит). Алевритовая фракция глин состоит из терригенного кварца и полевых шпатов. Среди глин встречаются тонкие пласты и линзы карбонатных пород (чаще всего сидеритовых). На стенках открытых трещин в виде щеток наблюдаются кварц, кальцит, ангидрит, доломит, каолинит (появляется последним при заполнении широких трещин или образует самые поздние секущие жилки), иногда битум, изредка отмечаются кристаллы барита, апатита, тенардита.

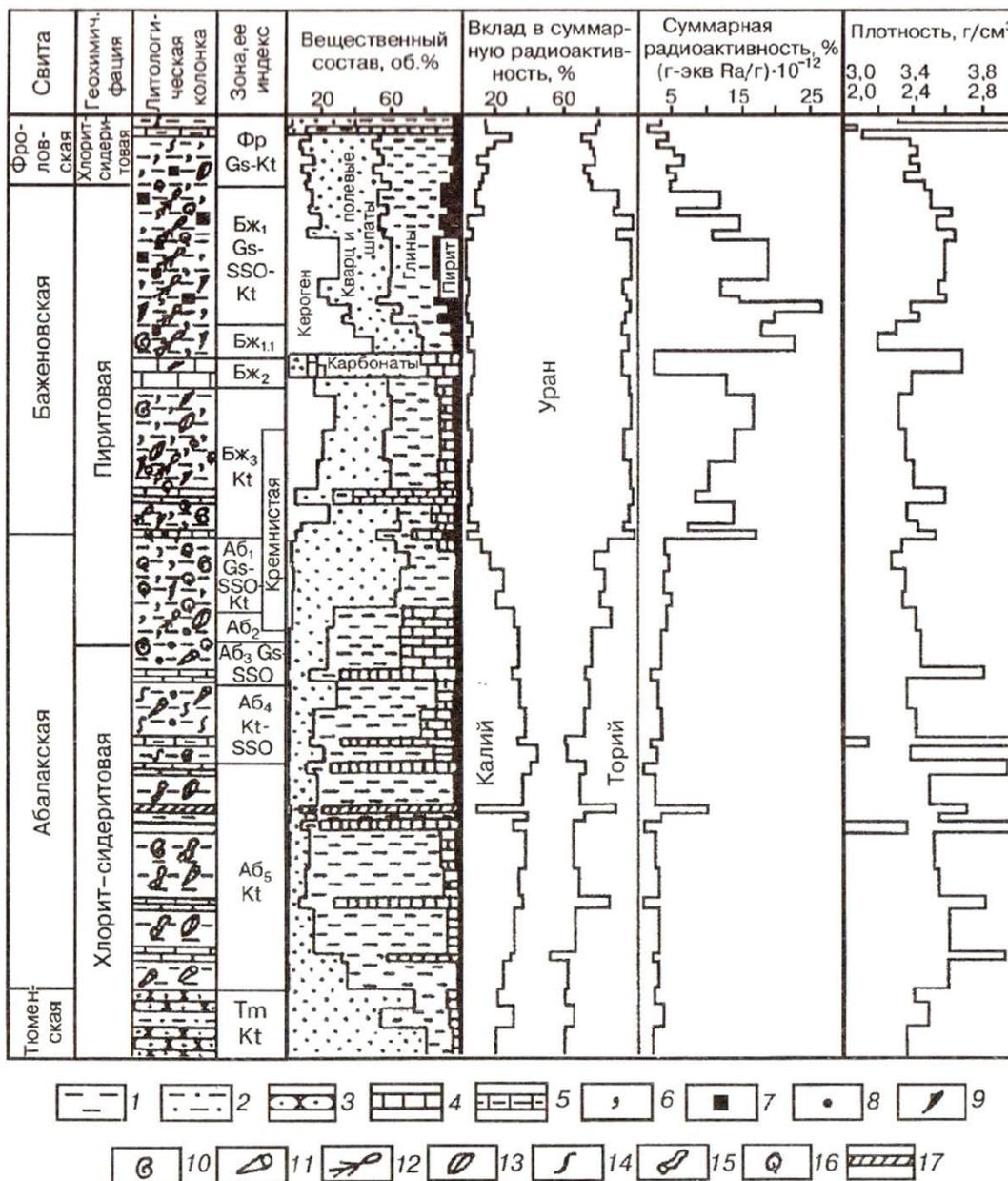


Рис. 5. Сводный литолого-геохимический разрез бажено-абалакского комплекса центральной части Краснolenинского свода (по [25], с изменениями): 1 – глины (аргиллиты); 2 – алевролиты; 3 – песчаники; 4 – карбонатные породы (известняки КС, сидеролиты, доломиты); 5 – мергели (карбонатно-глинистые породы); 6 – битуминозность; 7 – пирит (сульфиды); 8 – глауконит (селадонит); 9–13 – остатки ископаемой фауны; 14 – поверхности скольжения; 15 – ходы илоедов; 16 – кремнистость; 17 – фосфаты. Индексы минералогических зон для глинистого вещества: Gs – гидрослюда; SSO – смешаннослойные образования; Kt – каолинит

Fig. 5. Consolidated lithological and geochemical section of the Bazhenov-Abalaksy complex of the Krasnoleninsky arch central part [25, modified]. Symbols: 1 – clays (argillites); 2 – siltstones; 3 – sandstones; 4 – carbonate rocks (limestones KS, siderolites, dolomites); 5 – marls (carbonate-argillaceous rocks); 6 – bituminousness; 7 – pyrite (sulfides); 8 – glauconite (celadonite); 9–13 – fossil fauna remains; 14 – sliding surfaces; 15 – passages of silt eaters; 16 – siliciousness; 17 – phosphates. Mineralogical zone indices for clay matter: Gs – hydromica; SSO – mixed-layer formations; Kt – kaolinite.

В целом в разрезе баженовской и абалакской свит можно заметить некоторые общие закономерности в распределении основных компонентов (рис. 5). В аргиллитах и глинах абалакской свиты отчетливо проявляется снизу вверх постепенный

рост содержания кремнезема, представленного тонкорассеянным кварцем матрикса (обычно рассматриваемым как показатель кремнистости породы). Верхние 4–5 м разреза представлены уже силицитами («кремнистыми» породами), содер-



жащими до 60–65% SiO_2 . Остальная часть пород принадлежит глинистому веществу, в составе которого преобладают гидрослюды и смектиты. Интересно, что вниз по разрезу среди глинистых минералов их роль постепенно уменьшается в пользу каолинита, составляющего в нижней части свиты более половины глинистого вещества. В тех же породах верхов абалакской свиты впервые заметно проявляется битуминозность, усиливающаяся в породах баженовской свиты.

Главными компонентами в породах последней являются кероген и битум (максимум их содержания в середине разреза), кварц и глинистое вещество, а также сульфиды (максимум концентрации последних располагается выше – в верхней толще). На первых метрах разреза фроловской свиты сохраняется облик пород, при некотором снижении доли керогена и сульфидов, но в общем все компоненты пород сохраняют свои места, что подчеркивает единство не только их минералогии и литологии, но и общность процесса их последующего формирования. Очевидно, что в этом процессе участвовали гидротермальные растворы и флюиды, действовавшие на породы абалакской и баженовской свит (здесь еще уместно употребление для последней названия нижней тутлеймской подсвиты). В нижней части разреза происходил привнос кремнезема в глинистые породы абалакской свиты, а выше к нему присоединились нефтяные углеводороды (кероген и битум), а также сульфиды.

Карбонаты также участвовали в этом процессе: почти по всему разрезу они образуют отдельные пласты и линзы, а также обычно присутствуют в виде постоянной примеси и лишь в его верхах они незаметны, присутствуя в баженинтах в виде рассеянных мельчайших идиобласт доломита (не более 1–3%). Пластовые карбонаты обычно представлены сидеритом и доломитом, в пределах баженовской свиты – кальцитом и доломитом. Здесь также очевиден привнос карбонатов, заместивших, возможно, прослои известняков и мергелей, а также создавших тонкую идиобластическую вкрапленность во всех остальных породах. В массивных пластах везде характерна микрокристаллически-зернистая структура, с участками дальнейшей перекристаллизации и укрупнения зернистости. Характерно, что в этих породах не сохраняется никаких остатков ископаемой фауны, тогда как в глинах и даже кремнистых аргиллитах часто встречаются отпечатки ихтиофауны и фрагменты раковин моллюсков. Карбонаты, присутствующие в трещинах, представлены в основном уже кальцитом и тонкорассеянным в каолините доломитом.

Итак, в разрезе баженовской свиты и подстилающей абалакской свиты имеются все признаки гидротермально-метасоматических изменений, максимальная степень которых отмечается полным преобразованием исходных пород в новые,

богатые нефтяными УВ и сульфидами метасоматиты – баженинты. При этом устанавливается определенная зональность по вертикали от пород шеркалинской (тюменской) свиты или доюрского фундамента, наиболее отчетливо наблюдающаяся для верхних 30–40 м. Внизу метасоматической колонки выделяется зона силицитов по аргиллитам и алевроаргиллитам верхней части абалакской свиты. Эта зона сменяется переходной зоной битуминозных и пиритизированных каолинитовых силицитов низов баженовской свиты. Верхняя часть колонки представлена зоной баженинтов, в которой содержание УВ (керогена) и сульфидов достигает своего максимума. Очень показательна картина распределения радиоактивности, рост которой полностью определяется появлением урана, очевидно, сопровождающего поток нефтяных углеводородов. Таким образом, породы баженовской свиты (баженинты) развиты по отложениям тутлеймской свиты как метасоматиты, возникшие при инфильтрации УВ-содержащего гидротермального раствора.

Битуминозные карбонатно-глинисто-кремнистые породы баженовской свиты – уникальное геологическое образование и в то же время общее для всей Западно-Сибирской нефтегазовой провинции [26]. Они образуют суперрегиональный флюидоупор, перекрывающий верхнеюрский нефтегазоносный комплекс. К ним приурочен сильный отражающий сейсмический горизонт, разделяющий меловые и юрские отложения. В пределах провинции выделяют участки с «нормальными» и «аномальными» разрезами баженовской свиты. Для последних характерны увеличенная мощность и переслаивание кремнисто-глинистых пород с песчаниками и алевролитами, содержащими нефтяные залежи, тогда как в «нормальных» разрезах при высокой нефтенасыщенности матрицы высокоуглеродистых пород залежи нефти, как правило, отсутствуют (т. е. отсутствуют нормальные коллекторы).

Участки «аномальных» разрезов баженовской свиты встречаются в центральной части Западно-Сибирской НГП, где приурочены к линейным, чаще всего субмеридиональным зонам разломов. Для этих разрезов характерна интенсивная дислоцированность пород в керне скважин. На большинстве площадей широтного Приобья с «аномальными» баженовскими разрезами при проведении пространственных 3D-сейсмических исследований выявилось, что разрядка энергии флюидных потоков выразилась в виде блоковой раздробленности баженовского горизонта. При этом все выше- и нижележащие горизонты вплоть до кровли доюрского основания не деформированы и субгоризонтальны, что может свидетельствовать о деформациях и взбросовых дислокациях на уровне и внутри баженовской свиты как «бескорневых»: они возникли под влиянием накопленного флюида, затем их прорвавшего.



По нашему мнению, оба типа разреза этой свиты обязаны своим формированием воздействию глубинного УВ-флюида: в одном случае возникают бажениды и связанные с ними метасоматиты («нормальные» разрезы), в другом – сильно деформированные при флюидоразрыве пласта и лишь частично измененные первичные осадочные породы («аномальные» разрезы). Или непреодолимый экран, или прорыв слишком мощного потока флюида: это открывает причину тяготения участков с «аномальными» разрезами к крупным разломам в фундаменте центральных районов Западно-Сибирского НГБ. Флюидодинамическая модель формирования «аномального бажена», предложенная А. И. Тимурзиевым [27], предусматривает возможность нагнетания и внедрения глубинных УВ-флюидов по вертикальным и наклонным каналам. Формированию аномальных разрезов и тектонически экранированных залежей, согласно этой модели, способствуют смещения по пологим, крутопадающим и субвертикальным разломам в результате разновременных, в том числе и новейших, подвижек блоков фундамента.

Породы «нормальных» разрезов баженовской свиты настолько отличаются по своим физическим свойствам, что используются в качестве репера при геофизических исследованиях скважин (ГИС), в первую очередь по методам сопротивления (КС) и гамма-каротажа (ГК). С учетом данных акустического (АК), плотностного (ГГК) и нейтронного (НКТ) методов ГИС, а также спектрометрического гамма-каротажа, отдельно определяющего содер-

жания калия, Th и U, баженовская свита является исключительной не только как геофизическая аномалия, но и геохимическая (рис. 6).

Уникальными геохимическими и геофизическими особенностями баженовской свиты являются следующие: 1) аномально высокая радиоактивность ($ГК > 30$ мкР/ч), связанная исключительно с ураном. Содержание U на порядок выше, а калия – в разы ниже, чем во вмещающих породах и других частях разреза (распределение тория в этом интервале несколько снижено, но не показательно); 2) аномально низкая плотность (по данным ГГК), особенно в интервалах с высокой радиоактивностью и нефтенасыщенностью; 3) высокое удельное электрическое сопротивление (КС) при повышенной радиоактивности $ГК > 30$ мкР/ч, регулярное сопровождение максимумов сопротивления минимумами содержания калия. Наиболее тесные связи выявлены для таких базовых параметров, как U (ГК), ГГК и КС. При этом связи с ураном во всех случаях сильнее, чем с ГК. Самые сильные корреляционные связи наблюдаются в паре U-ГГК. Поскольку плотность (ГГК) пород баженовской свиты определяется преимущественно содержанием углерода [28], то причина геофизической аномальности баженовской свиты геохимическая – избыточное накопление в ней урана и углерода.

Во всех случаях получения промышленных притоков нефти зафиксированы АВПД. При наличии пор и каверн в породах широко развиты субвертикальная и субгоризонтальная системы

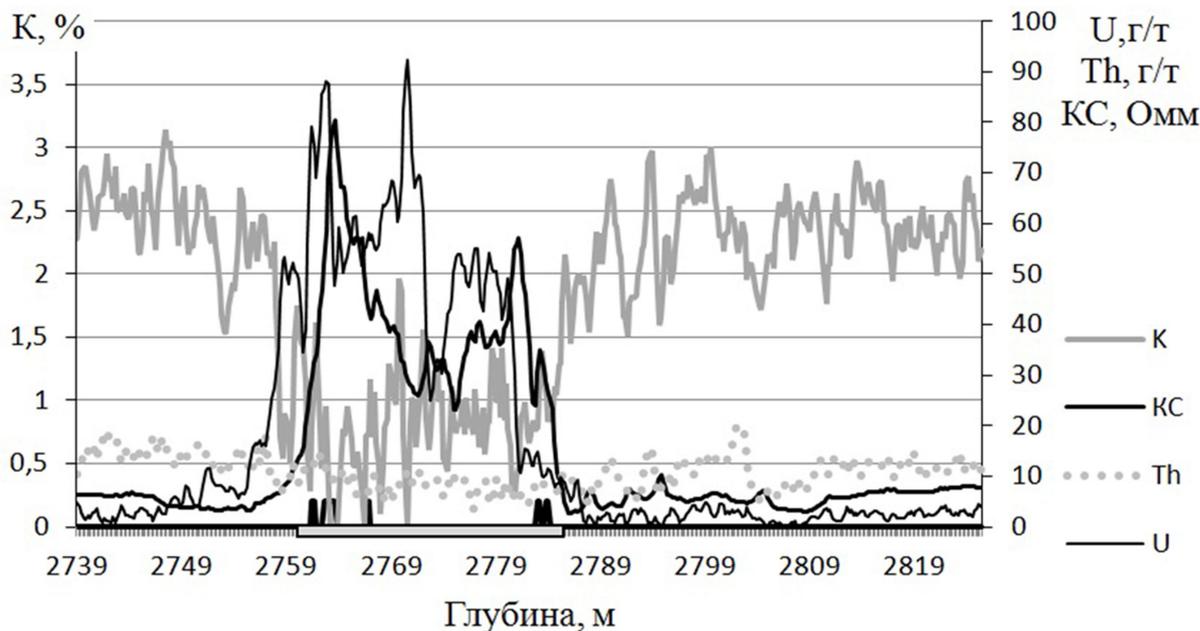


Рис. 6. Баженовская свита – геофизическая и радиогеохимическая аномалия. Результаты ГИС по разрезу Федоровского месторождения. На оси глубин отмечены интервалы нефтенасыщенности и границы свиты [26]

Fig. 6. Bazhenov formation – geophysical and radiogeochimical anomaly. Well logging results for the section of the Fedorovskoe deposit. Oil saturation intervals and formation boundaries are marked on the depth axis [26]



трещиноватости, благодаря которым порода распадается на отдельные, принимая вид дресвы или щебня (результат снятия нагрузки и напряженного состояния). В целом для пород баженовской свиты характерна аномально пониженная плотность пород – за счет присутствия нефтяных углеводородов и появления вторичной трещиноватости. В керне пород «аномальных» разрезов баженовской свиты довольно интенсивно развита минерализация по порам, кавернам и трещинам, которые пересекаются более поздними трещинами, содержащими свободную нефть, что позволяет предположить одновременное формирование деформаций (трещиноватости) и проникновение флюида.

Как отмечал В. А. Карпов [29], природный резервуар в баженитах, в отличие от привычных нефтяных коллекторов (система «флюид в породе»), характеризуется прерывистостью породы и ее сплошной насыщенностью флюидом, передающим сверхвысокое давление (система «порода во флюиде»). В этом принципиальная разница между «традиционными» коллекторами и зонами принудительной разгрузки флюидов под экранами и создания метасоматитов типа баженитов и доманитов.

Аномальные физические свойства пород баженовской свиты (и ее нефтеносность) генетически связаны с глубинными геодинамическими процессами [29, 26]. Позднее, в работе, посвященной баженовской свите Самотлорского месторождения, Г. Г. Номоконова пришла к более определенному выводу: «...процессы нефтенасыщения разреза и карбонатизация его пород взаимосвязаны (скорее всего, парагенетически); они развиваются по субвертикальным зонам (столбам), захватывая

разновозрастные образования. Все это, во-первых, объясняет, почему геофизическая характеристика баженовской свиты является показателем нефтенасыщенности разреза в целом и, во-вторых, косвенно указывает на гидротермальную природу процесса карбонатизации, по данным ГИС имеющего наложенный сквозной характер» [30, с. 56].

Выделение так называемых «литотипов» в разрезах баженовской свиты до сих пор представляет проблему нерешенную (и по-видимому, нерешаемую), что объяснялось «крайней литолого-фациальной изменчивостью» её отложений. Однако скорее всего эти трудности вызваны позднейшим развитием процесса гидротермального метасоматоза, обычно не принимаемого всерьез.

В этих породах парадоксальным образом соединены противоположные свойства – очень низкая пористость и чрезвычайно высокая нефтенасыщенность, и неясно, с чем это связано. В соседних скважинах на расстоянии 2–3 км друг от друга можно встретить совершенно разный тип разреза и соответственно в одном случае получить приток нефти промышленных масштабов, а в соседней скважине не получить притока вообще. Еще одной характерной особенностью отложений баженовской свиты является наличие в ней небольших линз и прослоев (порядка нескольких сантиметров) пород-коллекторов. Несмотря на общую выдержанность пластов баженовской свиты по мощности, не всегда ясно, каким образом нефть приходит к эксплуатационным скважинам, по каким каналам, поскольку сами породы являются почти непроницаемыми [31]. Помимо нефтепроводящих пропластков в породах «аномальных» разрезов баженовской свиты присутствует множество тончайших структурных и вещественных

Среднее содержание основных компонентов минерального состава по пачкам баженовской свиты (6–10) и абалакской свит (1–5) (в %)

The average content of the mineral composition main components for the members of the Bazhenov (6–10) and Abalakskaya (1–5) formations (in %)

Пачка	Глинистый компонент		Кремнистый компонент		Карбонатный компонент		C _{орг} %
	min	max	min	max	min	max	
Баженовская свита							
10	27.66	31.96	19.58	26.07	9.26	14.67	12.48
9	26.1	30.67	27.05	33.83	9.25	13.28	10.94
8	20.09	23.67	45.47	53.36	3.3	4.3	10.13
7	23.56	27.36	46.4	52.77	6.95	10.4	7.27
6	28.85	34.39	43.64	50.02	3.74	7.33	4.65
Среднее значение 6–10	25.83	30.23	32.77	39.30	7.49	11.43	9.76
Абалакская свита							
5	33.76	39.12	37.96	44.28	2.92	7.08	2.14
4	32.18	37.9	33.29	38.51	7.41	8.67	1.78
3	38.79	46.14	31.99	37.29	0.75	1.42	1.14
2	37.36	42.45	28.18	32.57	5.3	9.48	1.28
1	41.99	49.47	21	26.81	0.31	0.59	2.24



элементов, которые могут влиять на коллекторские свойства. Важнейшими из них являются трещиноватые структуры катакластического типа и типа будинаж (структуры деформаций проскальзывания и развальцевания).

В разрезах баженовской свиты ранее проводилось качественное, по присутствию тех или иных «литотипов», расчленение на пачки или части. По количественным данным (таблица, [32]), нами был проведен сравнительный анализ распределения компонентов в выделенных пачках абалакской и баженовской свит.

Основные результаты сводятся к следующему. Снизу вверх (по нумерации пачек):

- 1) глинистый компонент постепенно уменьшается с 1-й по 8-ю пачки (и min и max), затем несколько возрастает в пачках 9–10;
- 2) кремнистый компонент интенсивно возрастает (в 2 раза), но затем в пачках 9 и 10 резко уменьшается до первоначального уровня;
- 3) карбонатный компонент испытывает рост, но с заметными колебаниями: остановками и падениями (пачки 1, 3), подъемом (4-я пачка) и снова слабым падением (пачки 5–6) до min 3,74 – max 7.33%, затем новым пиком в 7-й пачке – 6,95–10,40%, падением в 8-й пачке (3,30–4.30%) и снова максимумом в пачках 9–10 (9,26–14.67%).
- 4) в целом близко к карбонатам ведет себя содержание органического углерода (особенно это заметно с 6-й до 10-й пачки (т. е. в разрезе самой баженовской свиты).

Всё это свидетельствует в пользу гипотезы привноса кремнезема, а затем, с некоторым запозданием, карбонатов и нефтяных битумов. Это замещение глинистого вещества (или его разбавление) сначала в основном кремнеземом (вплоть до образования гидротермальных силицитов), а затем карбонатами и нефтебитумами приводит в целом к появлению новой микробластокристаллической структуры и закрытию пор, что характеризует формирование новой породы – метасоматита, получившего название баженита. Реликтовыми элементами можно считать сохранившийся текстурный и тонкоплитчатый облик аргиллитов, а также остатки перекристаллизованных скелетов радиолярий, возможно, фиксирующих прослой кремнистых осадков (радиоляритов).

Неотъемлемой частью баженитов является кероген – компонент, входящий вместе со смолисто-асфальтовыми компонентами в состав органического вещества баженитов и подобных им пород (доманикитов). Кероген, это «загадочное» твердое вещество, согласно современным представлениям, является природным геополимером нерегулярной структуры [33, 34], имеет устойчивое химическое строение, определенный состав и практически не растворимо в минеральных и органических кислотах. Поскольку кероген прочно связан внутри породы и превращается в углеводороды только

под действием температур свыше 100°C, то процесс термодеструкции рассматривается в качестве возможного способа оценки его нефтегенерационной способности, а также увеличения нефтеотдачи высокоуглеродистых битуминозных пластов. Но это важно для нас и в другом отношении: насколько условия деструкции могут соответствовать условиям создания (появления) керогена? Для этого необходимо рассмотреть результаты некоторых опытов гидротермального воздействия на кероген.

В работах [35, 36] были исследованы продукты преобразований органического вещества высокоуглеродистой доманиковой породы Сармановской площади Ромашкинского месторождения при температуре 360°C в проточной системе в присутствии парогазовой смеси, содержащей водород. Эти исследования имеют общее принципиальное значение. Ими показано, что гидротермальная обработка доманиковой породы в восстановительной среде приводит к уменьшению содержания керогена в породе и увеличению выхода жидких продуктов. Определены основные закономерности, характеризующие процессы гидротермального воздействия на кероген. Эти закономерности состоят в том, что происходит трансформация структурных элементов керогена путем элиминирования карбоксильных и карбонильных групп, разрыва эфирных и сульфидных связей, особенно между циклическими структурами, а также отрыва алкильных заместителей. В результате в свободную микронепть переходят крупные фрагменты керогена, содержащие циклометиленовые и ароматические структуры. Кероген высвобождает два типа асфальтенов (фракции А и Б), различающихся содержанием гетероатомов, микроэлементов, ароматичностью, полярностью, концентрацией парамагнитных центров и растворимостью в органических растворителях, что оказывает влияние на формирование дисперсной фазы новообразованных нефтяных систем. Отличительные особенности в составе и структуре новообразованных асфальтоновых фракций, по-видимому, связаны с особенностями формирования различных структурных фрагментов керогена в процессе его образования и с различной их термической устойчивостью в гидротермальных процессах.

Гидротермальное воздействие приводит к разрушению не только структуры керогена, но и молекулярных агрегатов асфальтенов, что сопровождается уплотнением их углеродного скелета, повышением степени их структурированности и карбонизации. В водном растворе появляются типичные соединения распада – низкомолекулярные органические кислоты, производные фенола, фталаты. Идет частичное удаление длинных алкильных цепей из структуры асфальтенов в результате реакций деалкилирования с образованием предельных и непредельных алканов. Изучение последовательности генерации углеводородов при воздействии гидротермальных



факторов на дебитуминизированную породу, содержащую кероген, в проточной системе показало, что в первую очередь происходит вымывание легких углеводородов, которые уносятся парогазовой смесью из реакционной зоны (фракция 1), далее из породы эмигрируют вместе с углеводородами высокомолекулярные смолисто-асфальтеновые компоненты (фракция 2). В составе породы остаются не вымываемые полностью парогазовой смесью высокомолекулярные углеводороды и смолисто-асфальтеновые компоненты (фракция 3), среди которых преобладают спирто-бензолные смолы и асфальтены, проявляющие высокую адсорбцию к твердой породе. Высокое содержание серы в исследованных фракциях подтверждает деструкцию керогена по серосодержащим связям.

Важным является факт генерации относительно легких углеводородов в процессе гидротермальной деструкции керогена. Представляют интерес результаты работы [34], которые указывают на способность керогена к захвату и удерживанию свободных углеводородов в своей структуре (при обработке породы растворителем они не удаляются полностью). Поэтому можно полагать, что содержание и состав относительно легких углеводородов, генерированных керогеном, определяются не только процессами деструкции керогена, но и высвобождением адсорбированных углеводородов из его структуры в процессе обработки породы парогазовой смесью. При создании технологий разработки баженитовых и доманиковых пород имеют значение не только особенности состава продуктов деструкции органического вещества, но и микроструктурные изменения минерального состава пород. В работе [35] было показано, что после гидротермальной обработки карбонатной породы в восстановительной среде при температуре 360°C в ней образуются корродированные поры, способствующие нефтеизвлечению, а также присутствуют кристаллообласти доломита и перекристаллизованного кальцита. После гидротермального воздействия на породу и последующей экстракции из нее битумоида она сильно осветляется и теряет свою первичную структуру. Наиболее характерными микроструктурами являются турбулентные и ламинарные с нано- и микропористым типом пустотного пространства. Нано- и микропоры становятся более крупными, появляется сеть сообщающихся пор, в отдельных участках можно идентифицировать микротрещины. В целом гидротермальное воздействие приводит к увеличению размеров и количества миграционных каналов и пор, способствующих экстракции нефти (если она там уже есть) или ее инфильтрации (вместе с поступающим флюидом).

Кероген, порообразующий компонент баженитов, представляет собой гидротермально-метасоматическое образование очень сложной структуры, образованное УВ-компонентами флюидной

системы в условиях насыщения флюидом тонкодисперсной среды на рубеже с почти непроницаемым высокоплотным барьером. Это метасоматит нового типа – продукт полимеризации углеводородов в условиях стабилизации в тонкодисперсной плотной среде, обладавшей избытком поверхностной энергии. Вместе и одновременно с керогеном в этом процессе участвовали карбонаты и сульфиды, образуя устойчивую парагенетическую ассоциацию. Наряду с полиминеральными образованиями (собственно баженитами), в метасоматической колонке возникали би- и мономинеральные – кальцит-доломитовые или сидеритовые породы, силициты и микрокварциты.

Закключение. Гидротермально измененные породы – новый тип коллекторов нефтегазовых месторождений. Они формируются в зонах повышенной трещиноватости и проницаемости, приуроченных к тектоническим разломам, в области разгрузки потоков глубинных флюидов, несущих нефтяные углеводороды. На платформах это обычно область перехода от субстрата кристаллического фундамента к рыхлым образованиям базальных отложений осадочного чехла. Это первый уровень, на котором возможна спонтанная разгрузка флюида, испытывающего резкое падение давления и дегазацию за счет удаления мобильных летучих фракций, представленных углеводородами. В результате здесь происходят разуплотнение пород верхней части фундамента, дробление и катаклиз кристаллических пород, в первую очередь гранитов, что влечет их переработку флюидами и гидротермами. Среда в верхней части фундамента стала неоднородной и в ней сохранялись участки (блоки) с различными механическими свойствами – от сильно нарушенных и разуплотненных до слаботрещиноватых и почти монолитных. Естественно, что битумы накапливались на пути флюидомиграции в интенсивно деформированных породах – катаклизитах и милонитах гранитов. Таким образом создавались первые самые глубокие трещинно-кавернозные коллекторы нефти «жильного» типа – еще в пределах фундамента осадочных бассейнов, там, где появляются необходимые условия ФЕС. Месторождения, открытые в таких коллекторах, представляются до сих пор необычными и невероятными, хотя их примеров в мире вполне достаточно, чтобы принять всерьез такую возможность. Выше контакта с фундаментом, в базальных грубообломочных отложениях осадочного чехла в результате их выщелачивания и разгрузки флюидов возникают новые кавернозно-трещинные коллекторы гидротермально-метасоматической природы, нередко очень высокого качества (например, коллекторы шеркалинской свиты на Талинском месторождении).

Второй уровень разгрузки гидротермально-го флюида – области нагнетания УВ-флюидов и насыщения ими пород под мощными экранами



высокоплотных пород в разрезе осадочного чехла, играющих роль суперрегиональных флюидоупоров. Здесь создаются условия для роста давления и появляются зоны развития АВПД. Таким флюидоупором в разрезе являются глины и аргиллиты нижнемеловой фроловской свиты, ниже которой в однотипных породах нижней тутлеймской под-свиты толщиной до 25–30 м была сформирована толща своеобразных битуминозных, с очень высоким содержанием ОВ, и сульфидоносных пород – так называемая баженовская свита.

По нашим представлениям баженины являются новым типом гидротермальных метасоматитов, в которых носитель органического вещества – кероген – является продуктом насыщения микро- и нанопор, а также микротрещин компонентами УВ-флюида, их конденсации и полимеризации. Его гидротермальная деструкция при соответствующих технологических условиях вполне способна привести к выделению из него адсорбированных фракций легких углеводородов. Баженовскую свиту следует рассматривать не только как зону разгрузки поднимающегося потока глубинных флюидов, но и как зону нагнетания и предельного насыщения пород углеводородами под почти непреодолимым флюидоупором, представляющую «промежуточный коллектор». При флюидо- или гидроразрыве содержащиеся в этой зоне УВ могли мигрировать вверх по разрезу и образовать скопления в вышележащих горизонтах и пластах с нормальными коллекторскими свойствами, как это произошло, например, в кровле викуловской свиты аптского яруса на Красноленинском своде.

Автору остаётся надеяться, что высказанные им соображения найдут одобрение специалистов-геологов и получат отклик в среде нефтяников, осознающих всю остроту стоящих перед ними научных и практических проблем освоения новых источников углеводородов. Он может заверить, что никто не принуждал его заниматься анализом огромного материала и тем более не субсидировал его любознательность и стремление к поиску ответов на «проклятые» вопросы. Автор также будет весьма признателен всем, сделавшим критические замечания и нашедшим ошибки в его работе.

Статью подготовила к печати Т. Я. Рихтер (e-mail: tyr2760@yahoo.com)

Библиографический список

1. Вассоевич Н. Б. Теория осадочно-миграционного происхождения нефти // Известия АН СССР. Серия геология. 1967. № 11. С. 135–156.
2. Запывалов Н. П., Исаев Г. Д. Критерии оценки нефтегазоносности палеозойских отложений Западной Сибири // Вестник Томского государственного университета. 2010. № 17. С. 226–232. EDN: NEJXRN
3. Шпильман В. И., Солопахина Л. А., Пятков В. И. Новая тектоническая карта центральных районов Западной Сибири // Пути реализации нефтегазового потенциала ХМАО : материалы 2-й научно-практической конференции. Ханты-Мансийск : Путиведь, 1999. С. 96–115.
4. Атлас «Геология и нефтегазоносность Ханты-Мансийского автономного округа» / редакторы Э. А. Ахпателов, В. А. Волков, В. Н. Гончарова, В. Г. Елисеев, В. И. Карасев, А. Г. Мухер, Г. П. Мясникова, Е. А. Тепляков, Ф. З. Хафизов, А. В. Шпильман, В. М. Южакова. Екатеринбург : ИздатНаукаСервис, 2004. 148 с.
5. Оксенойд Е. Е. Сравнительный анализ нефтей, полученных в районе Красноленинского свода // Пути реализации нефтегазового и рудного потенциала ХМАО-Югры : XVII научно-практическая конференция. Ханты-Мансийск : [Б. и.], 2013. С. 209–224.
6. Волков В. А., Олейник Е. В., Оксенойд Е. Е., Солопахина Л. А. К вопросу о типе органического вещества пород баженовской свиты // Вестник недропользователя ХМАО. 2016. № 28. С. 3–18.
7. Лопатин Н. В., Мойя М. А., Емец Т. П. Об изотопно-геохимической характеристике нефтей и органического вещества глин тюменской свиты Западно-Сибирского бассейна // Геология нефти и газа. 1992. № 4. С. 24–29.
8. Стрижнев К. В., Черевко М. А., Ситников А. Н., Заграновская Д. Е., Жуков В. В. Особенности геологического строения баженовско-абалакского комплекса на примере Пальяновской площади Красноленинского месторождения // Нефтяное хозяйство. 2013. № 12. С. 24–27. EDN: RQBAZZ
9. Фёдоров Ю. Н., Ванисов А. М. Анализ природы аномалий и расчет вероятности их подтверждения // Труды ЗапСибНИГНИ. 1992. Вып. 116. С. 36–49.
10. Зубков М. Ю. Вторичные коллекторы тектоно-гидротермального происхождения в кровельной части доюрского комплекса Западно-Сибирской плиты и способы их прогноза // Геология нефти и газа. 2015. № 6. С. 78–95. EDN: VBCRFD
11. Зубков М. Ю. Типы коллекторов в бажено-абалакском комплексе Западной Сибири и их генезис // Геология нефти и газа. 2019. № 4. С. 59–78. <https://doi.org/10.31087/0016-7894-2019-4-59-78>, EDN: FSKSUV
12. Харахинов В. В., Шлёнкин С. И., Берин М. В., Ваишевич А. А., Олюнин А. В., Шевчук Т. Н. Новые подходы к освоению нефтегазового потенциала баженовского горизонта Западной Сибири // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. 2015. № 1. С. 37–51. EDN: RHYTIN
13. Коробов А. Д., Ахлестина Е. Ф., Рихтер Я. А., Гордина Р. И., Коробова Л. А., Колотухин А. Т., Мухин В. М. Обоснование генезиса коллекторов и прогноз ФЕС по площади отложений баженовской и абалакской свит в пределах Пальяновского лицензионного участка Красноленинского месторождения на основании лабораторного изучения керн (отчет НИР). Саратов : Издательство Саратовского университета, 2016. 143 с.
14. Коробов А. Д., Ахлестина Е. Ф., Заграновская Д. Е., Коробова Л. А., Логинова М. П., Колотухин А. Т., Мухин В. М. Тектоно-гидротермальные процессы в породах бажено-абалакского комплекса Красноленинского месторождения (Западная Сибирь) в связи с перспективами добычи нефти // Недра Поволжья и Прикаспия. 2018. Вып. 93. С. 3–26. EDN: XROVRJ



15. Грабовская Ф. Р., Жуков В. В., Заграновская Д. Е. Строение и условия формирования баженовского горизонта Пальяновской площади Западной Сибири // Литология и полезные ископаемые. 2018. № 3. С. 195–206. <https://doi.org/10.7868/S0024497X18030011>, EDN: XQMVZZ
16. Рихтер Я. А. Гидротермальные процессы в породах фундамента Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия : Науки о Земле. 2016. Т. 16, вып. 2. С. 116–126. <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2016-16-2-116-126>, EDN: WDCWAP
17. Геология и разработка крупнейших и уникальных нефтяных и нефтегазовых месторождений России / редактор В. Е. Гавура : в 2 томах. Москва : ОАО ВНИИОЭНГ, 1996. Т. 2. 351 с.
18. Зубков М. Ю., Дворак С. В., Романов Е. А., Чулланцева В. Я. Гидротермальные процессы в шеркалинской пачке Талинского месторождения (Западная Сибирь) // Литология и полезные ископаемые. 1991. № 3. С.122–132.
19. Абдуллин Р. А. Природа высокой проницаемости пород-коллекторов шеркалинского горизонта Краснотенинского района Западной Сибири // Доклады Академии наук СССР. 1991. Т. 316, № 2. С. 422–424.
20. Белкин В. И., Бачурин А. К. Строение и происхождение высокопроницаемых коллекторов из базальных слоёв юры Талинского месторождения // Доклады Академии наук СССР. 1990. Т. 310, № 6. С. 1414–1416.
21. Перозио Г. Н. Вторичные изменения мезозойских отложений центральной и юго-восточной частей Западно-Сибирской низменности // Постседиментационные преобразования осадочных пород Сибири. Москва : Наука, 1967. 226 с.
22. Гаан С. В., Романова Т. И. Особенности геологического строения отложений шеркалинской свиты Талинской площади // Вестник Югорского государственного университета. 2014. Вып. 3. С. 17–21. EDN: TSBPJR
23. Ханин А. А. О классификации пород-коллекторов нефти и газа // Разведка и охрана недр. 1956. № 1. С. 7–16.
24. Волков В. П. Геологические особенности коллекторов шеркалинской свиты Талинской площади // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. 2014. № 4. С. 12–21. EDN: SALEGF
25. Зубков М. Ю. Литолого-петрофизическая характеристика отложений баженовской и абалакской свит центральной части Краснотенинского свода (Западная Сибирь) // Геология и геофизика. 1999. Т. 40, № 12. С. 1821–1836.
26. Номоконова Г. Г., Колмаков А. Ю., Расторгуева А. О., Парубенко И. В. Баженовская свита – геофизическая аномалия // Нетрадиционные ресурсы углеводородов : распространение, генезис, прогнозы, перспективы развития : материалы Всероссийской конференции с международным участием. Москва : ГЕОС, 2013. С. 91–94.
27. Тимурзиев А. И. Флюидодинамическая природа «аномального бажена» Западной Сибири // Бурение и нефть. 2014. № 1. С. 28–33. EDN: RWLGNP
28. Гурари Ф. Г., Вайц Э. Я., Москвин В. И. Условия формирования и методика поисков залежей нефти в аргиллитах баженовской свиты. Москва : Недра, 1988. 197 с.
29. Карпов В. А. Об особом типе природного резервуара УВ в баженовской свите Западной Сибири // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. 2013. № 8. С. 28–34. EDN: RARJER
30. Номоконова Г. Г. Геофизические особенности баженовской свиты месторождения Самотлор // Фундаментальный базис и инновационные технологии поисков, разведки и разработки месторождений нефти и газа : XXI Губкинские чтения. Москва : ГЕОС, 2016. С. 52–57. EDN: WAUBUB
31. Шпильман А. В. Создание «Баженовского» научного полигона в Югре – путь к разработке новых технологий разведки и освоения нетрадиционных ресурсов УВ сырья // Пути реализации нефтегазового и рудного потенциала Ханты-Мансийского автономного округа – Югры : сборник докладов XIV научно-практической конференции. Тюмень : [Б. и.], 2015. С. 72–79.
32. Олейник Е. В., Оксенойд Е. Е. Литологические особенности баженовско-абалакских отложений Фроловской мегападины (Западная Сибирь) // Эволюция осадочных процессов в истории Земли : материалы 8-го Всероссийского литологического совещания : в 2 томах. Москва : ГЕОС, 2015. Т. 1. С. 254–257.
33. Тиссо Б., Вельте Д. Образование и распространение нефти. Москва : Мир, 1981. Т. 81. 504 с. (Серия «Науки о Земле»).
34. Баталин О. Ю., Вафина Н. Г. Формы захвата свободных углеводородов керогеном // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2013. № 10. С. 418–425. EDN: RDDFAB
35. Киямова А. М., Каюкова Г. П., Романов Г. В. Состав высокомолекулярных компонентов нефте- и битумсодержащих пород и продуктов их гидротермальных превращений // Нефтехимия. 2011. № 4. С. 243–253. EDN: NXQJRX
36. Каюкова Г. П., Киямова А. М., Косачев И. П., Ситдикова Л. М., Романов Г. В. Состав продуктов гидротермальной деструкции органического вещества доманиковых пород // Нетрадиционные ресурсы углеводородов. Распространение, генезис, прогнозы, перспективы освоения : материалы Всероссийской конференции с международным участием. Москва : ГЕОС, 2013. С. 91–94.

Поступила в редакцию 10.01.2023; одобрена после рецензирования 12.03.2023; принята к публикации 13.03.2023
The article was submitted 10.01.2023; approved after reviewing 12.03.2023; accepted for publication 13.03.2023



PERSONALIA

Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2023. Т. 23, вып. 2. С. 131–140

Izvestiya of Saratov University. Earth Sciences, 2023, vol. 23, iss. 2, pp. 131–140

<https://geo.sgu.ru>

<https://doi.org/10.18500/1819-7663-2023-23-2-131-140>, EDN: SLUIVP

Научная статья
УДК 551.5

Об участии в Великой Отечественной войне университетских метеорологов и их судьбах

С. Н. Лапина, М. Ю. Червяков✉

Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского, Россия, 410012, г. Саратов, ул. Астраханская, д. 83

Лапина Серафима Николаевна, кандидат географических наук, доцент, kafmeteo@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9058-6540>

Червяков Максим Юрьевич, кандидат географических наук, доцент, заведующий кафедрой метеорологии и климатологии, chervyakovmu@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7641-3392>

Аннотация. Статья посвящена метеорологам – сотрудникам географического факультета Саратовского государственного университета имени Н. Г. Чернышевского, принимавшим участие в метеорологическом обеспечении фронта в годы Великой Отечественной войны.

Ключевые слова: метеорология, Великая Отечественная война, военный метеоролог, Саратовский университет

Для цитирования: Лапина С. Н., Червяков М. Ю. Об участии в Великой Отечественной войне университетских метеорологов и их судьбах // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2023. Т. 23, вып. 2. С. 131–140. <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2023-23-2-131-140>, EDN: SLUIVP

Статья опубликована на условиях лицензии Creative Commons Attribution 4.0 International (CC-BY 4.0)

Article

About the participation of university meteorologists in the Great Patriotic War and their fates

S. N. Lapina, M. Yu. Cherviakov✉

Saratov State University, 83 Astrakhanskaya St., Saratov 410012, Russia

Serafima N. Lapina, kafmeteo@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9058-6540>

Maksim Yu. Cherviakov, chervyakovmu@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7641-3392>

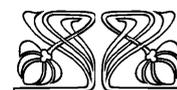
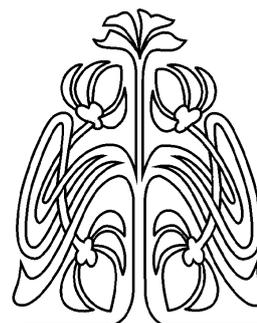
Abstract. The article is devoted to meteorologists – Saratov State University staff of the Faculty of Geography, who took part in the meteorological support of the front during the Great Patriotic War.

Keywords: meteorology, Great Patriotic War, military meteorologist, Saratov State University

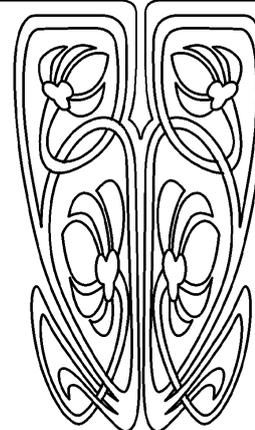
For citation: Lapina S. N., Cherviakov M. Yu. About the participation of university meteorologists in the Great Patriotic War and their fates. *Izvestiya of Saratov University. Earth Sciences*, 2023, vol. 23, iss. 2, pp. 131–140 (in Russian). <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2023-23-2-131-140>, EDN: SLUIVP

This is an open access article distributed under the terms of Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC-BY 4.0)

В годы Великой Отечественной войны многие метеорологи – сотрудники географического факультета Саратовского государственного университета имени Н. Г. Чернышевского принимали участие в метеорологическом обеспечении фронта. Им посвящена предлагаемая статья.



ПРИЛОЖЕНИЯ





Авторы в течение многих лет общались с ее героями, слушали рассказы-воспоминания о годах войны, о событиях военных лет и буднях метеорологической службы.

Начнем наш рассказ с биографии Е. В. Ишерской.

Ишерская Елизавета Владимировна (1906–1982 гг.) – основатель и первый заведующий кафедрой климатологии, основатель школы микроклиматологии на географическом факультете, аэролог по своей основной профессии.



Е. В. Ишерская

Елизавета Владимировна приехала в Саратов в 1936 г. и была зачислена заведующим сектора аэрологии Центрального научно-исследовательского института по изучению засухи и суховеев, возглавляемого крупным российским ученым академиком ВАСХНИЛ, основоположником сельскохозяйственной метеорологии Р. Э. Давидом [1]. В 1938 г. поступила в аспирантуру только что созданного в университете географического факультета, по окончании которой работала старшим преподавателем кафедры физической географии [2–4].

Начавшаяся Великая Отечественная война внесла свои коррективы. Женщины и подростки с первых дней войны встали у станков вместо ушедших на фронт мужчин, и Елизавета Владимировна в первые месяцы войны стала работать на Саратовском заводе № 164 (агрегатный) сначала уборщицей, затем токарем-лекальщиком.

В 1942–1943 гг. Елизавета Владимировна совмещает работу в университете со службой

на авиаметеорологической станции в Саратовском аэропорту Приволжского военного округа в качестве аэролога.

Елизавета Владимировна занималась зондированием атмосферы на самолетах СУ (ПО-2), поднимаясь часто до высоты семи тысяч метров. Зондирование проводилось с помощью самолетного метеорографа и визуально. По прилете показания записей метеорографа – температура, давление, влажность на разных высотах – расшифровывались и передавались прогнозистам.

Метеонаблюдатель в процессе полета визуально фиксировал форму, высоту, мощность облаков, видимость, наличие осадков, обледенения, болтанки и т. д. Елизавета Владимировна позже вспоминала: «Сердце выдерживало, со слухом были проблемы». Но эти фактические данные были необходимы для составления прогнозов погоды самолетам-бомбардировщикам, которые поднимались с Саратовского аэродрома, летели в направлении Сталинградского фронта выполнять боевые задания, успех которых был важен и для обеспечения обороны Саратова и области.

Елизавета Владимировна Ишерская награждена медалью «За доблестный труд в Великой Отечественной войне 1941–1945 гг.»

В 1944 г. Елизавета Владимировна заканчивает оформление своей работы по изучению засух и суховеев в Саратовской области, которую защищает в качестве кандидатской диссертации. В работе были представлены результаты наблюдений за ветром и температурой в свободной атмосфере над Ершовом (Саратовская область) во время засух 1936, 1938 и 1939 гг. В 1949 г. на географическом факультете создается кафедра климатологии, первым заведующим которой до 1955 г. была Елизавета Владимировна. Кафедра развернула обучение географов-климатологов и научно-исследовательскую работу¹ [4].

С 1962 по 1980 г. Елизавета Владимировна – доцент кафедры метеорологии и климатологии. В течение многих лет возглавляла одно из научных направлений кафедры – исследование микроклимата районов Нижнего Поволжья. Елизавета Владимировна явилась основателем школы микроклиматологии на географическом факультете СГУ. В этом направлении работали и ее многочисленные ученики. Разносторонность интересов Елизаветы Владимировны поражает. Она была открыта для всех, кто в ней нуждался, оставаясь великой труженицей, всецело преданной науке.

Виктор Львович Архангельский (1910–1990 гг.) – профессор, доктор географиче-

¹В 1955 г. кафедра была расформирована, сотрудники вошли в состав кафедры физической географии. В 1959 г. на факультете вновь начинается подготовка инженеров-метеорологов.



Удостоверение к медали «За доблестный труд в Великой Отечественной войне 1941–1945 гг.» Е. В. Ишерской

ских наук, родился и жил некоторое время в Базарно-Карабулакском районе Саратовской области.

До 1959 г. Виктор Львович прошел длинный трудовой и творческий путь. Был учителем, метеонаблюдателем, метеорологом в Забайкальском бюро погоды г. Читы, куда был направлен по окончании Ленинградского гидрометеорологического техникума, позже заочно окончил геолого-почвенно-географический факультет Иркутского университета.

В октябре 1941 г. В. Л. Архангельский был призван в действующую армию, где участвовал в организации метеорологического обеспечения частей Военно-Воздушных сил Забайкальского военного округа в звании инженер-капитана. В Бюро погоды в годы войны составлялись ежедневные бюллетени погоды, штормовые предупреждения для партийных, советских органов и военных организаций. Среди воинских организаций наибольший объем данных передавался артиллерийским войскам: данные радиозондирования по г. Чита, шаропилотные наблюдения (направления и скорость ветра в нижней части тропосферы), информация о текущей погоде.

Молодые специалисты не направлялись на работу во время войны в Забайкалье, поэтому руководство приняло решение готовить специалистов на месте. Проводить подготовку специалистов было поручено Архангельскому.



В. Л. Архангельский

Во время военных действий Советской армии против японской Квантунской армии в августе–сентябре 1945 г. Виктор Львович участвовал в полевом метеорологическом обеспечении ВВС Забайкальского фронта.



В 1945 г. Виктор Львович был награжден медалями «За победу над Германией в Великой Отечественной войне 1941–1945 гг.» и «За победу над Японией», а впоследствии – медалями «Двадцать лет победы в Великой Отечественной войне» и «Тридцать лет победы в Великой Отечественной войне».

В послевоенные годы Виктор Львович работал начальником отдела службы прогнозов Читинского управления Гидрометслужбы. В 1949 г. защитил кандидатскую диссертацию, посвященную анализу метеорологических условий Забайкалья. В 1950 г. Виктор Львович перевёлся в Дальневосточный научно-исследовательский гидрометинститут (г. Владивосток), где работал заместителем директора института по научной работе до 1959 г., до отъезда в Саратов. Там он подготовил докторскую диссертацию «Влияние Сихотэ-Алиня на синоптические процессы и распределение осадков», которую защитил в 1962 г.

Самые активные и продуктивные годы жизни Виктора Львовича пришлись на время его возвращения в родные края, когда он был приглашен Е. В. Ишерской и избран по конкурсу сначала доцентом географического факультета, а в 1962 г. – заведующим вновь открытой кафедры метеорологии и климатологии, выпускающей инженеров-метеорологов.

На географический факультет Виктор Львович пришел не только сложившимся ученым, но и опытным педагогом. Он четко понимал, какой должна быть кафедра в составе современного университета: грамотный коллектив преподавателей и современное оборудование лабораторий. Под руководством Виктора Львовича была проведена значительная работа в плане организации учебного процесса по подготовке специалистов нового качества. На современном уровне была организована и научно-исследовательская работа кафедры. Были приобретены современные метеорологические приборы и аппаратура, принимающая спутниковые снимки облачности.

Сам Виктор Львович много работал, сочетая административную и общественную работу с плодотворной научной и учебной, являлся ярким представителем Саратовской школы метеорологов. В период с 1973 по 1978 г. Виктор Львович выполнял обязанности декана географического факультета. Был также заместителем председателя Головного совета по географическим наукам МВиССО РСФСР, избирался членом ЦК профсоюзов работников просвещения высшей школы и членом Головного совета по комплексной программе «Человек и окружающая среда. Проблемы охраны природы».

Под редакцией В. А. Архангельского были изданы 18 выпусков научного сборника «Вопросы климата и погоды Нижнего Поволжья в период с 1965 по 1994 г.

Маттисен Александр Евгеньевич (1896–1965 гг.).

После окончания 2-й Саратовской гимназии А. Е. Маттисен в 1914 г. поступает в Московский университет на физико-математический факультет, откуда через два года переводится на аналогичный факультет Саратовского университета. Учебу прерывает, работая с 1918 г. практикантом метеорологического отдела Саратовской сельскохозяйственной опытной станции, статистиком Губернского продовольственного комитета, статистиком эвакуационного пункта в Саратове, Ростове-на-Дону.



А. Е. Маттисен

В 1920 г. А. Е. Маттисен поступает в Саратовский государственный институт сельского хозяйства и мелиорации. С 1925 г. после окончания института непрерывно работает в системе Гидрометслужбы в разных должностях: вычислителем, инспектором метеорологической сети, заведующим сельхозгруппой, синоптиком, начальником сектора Бюро погоды Саратовского отделения Куйбышевского управления гидрометслужбы.

Одновременно с практической работой Александр Евгеньевич начинает заниматься и преподавательской деятельностью. Он ведет занятия по метеорологии в Инженерно-мелиоративном институте, в Педагогическом институте, геолого-почвенно-географическом факультете Саратовского университета.

В 1941 г. А. Е. Маттисен призывается в Красную армию как военный метеоролог и назначается начальником метеобюро ВВС Карельского фронта, а позже – начальником метеобюро 7-й Воздушной армии. В 1944 г. переведен в метеобюро УВВС Приволжского военного округа, а в 1945 г. – преподавателем



метеорологии в авиационном училище г. Энгельса, закончил войну в звании инженер-майора.

Александр Евгеньевич награжден орденом «Красная Звезда», медалями «За оборону Советского Заполярья», «За победу над Германией в Великой Отечественной войне 1941–1945 гг.».

После демобилизации Александр Евгеньевич работает старшим научным сотрудником НИИ механики и физики Саратовского университета, а с 1947 по 1959 г. – старшим преподавателем, доцентом географического факультета СГУ. В 1954 г. по материалам исследования засух на юго-востоке Европейской территории России А. Е. Маттисен защитил кандидатскую диссертацию на соискание ученой степени кандидата географических наук. Во время работы на географическом факультете Александр Евгеньевич читал курсы: «Синоптическая метеорология», «Метеорологические приборы и наблюдения», «Агроклиматология», «Климатография СССР».

Раиса Константиновна Попова (1911–2004 гг.) – волжанка, родилась в многодетной семье. Прошла большой трудовой путь от наблюдателя в селе Палласовка в 30-е гг. до доцента, декана географического факультета в 1960–1970 гг. А в промежутке – четыре года фронтовой службы (1942–1945 гг.), которые она несла при штабах Сталинградского военного округа, 17-й воздушной армии, на 3-ем Украинском фронте. На войне она поняла, какая это необходимая профессия – метеоролог.

Вот один из эпизодов фронтовой жизни инженера-метеоролога Раисы Константиновны.

Однажды на местность, где располагался пункт управления аэродромом, опустился густой туман. Взлететь самолеты еще могли, но приземлиться было невозможно. А на переднем крае немцы ожесточенно бомбили наши наступающие части. Они знали, что над нашим аэродромом висит туман и самолеты не поднимутся.

«Вы понимаете ситуацию? – обратился к метеорологам командующий армией. – Дайте нам прогноз, когда рассеется туман, и тогда мы сможем рассчитать, когда поднять в воздух самолеты. На передовой их очень ждут».

Скудными сведениями о погоде располагали работники метеослужбы. Изучив исходные данные, используя их в своих расчетах, мы определили, к какому времени рассеется туман. Истребители поднялись в воздух.

«Мы очень волновались, – рассказывает Раиса Константиновна, – а вдруг наши прогнозы не подтвердятся, а вдруг мы ошиблись?».

«Ястребки» успешно провели бой, оказали большую помощь продвигавшимся вперед наземным частям армии. Когда они возвратились, туман уже рассеялся, и самолеты благополучно приземлились на своем аэродроме.



Р. К. Попова

В наградном листе начальником метеослужбы 17-й воздушной армии дана следующая характеристика Раисе Константиновне: «Старший техник-лейтенант Попова Раиса Константиновна показала себя способным, хорошо подготовленным специалистом. Она не допускала ни одного случая срыва летной работы в условиях малоизученных горных районов Болгарии и Югославии. Даваемые ею сведения о погоде оправдывались на 96%. В сложнейших условиях Раиса Константиновна освоила и новые виды работы военного синоптика – составление карты барической топографии и вертикальных разрезов погоды» [5].

Раиса Константиновна была награждена орденом Красной Звезды, а позже Орденом Отечественной войны II степени и несколькими медалями. Окончание войны Раиса Константиновна встретила в 1945 г. в Вене в должности инженера-капитана.

Уволившись в запас, Раиса Константиновна работала синоптиком Саратовского бюро погоды, а с 1950 г. более 25 лет отдала Саратовскому университету. Она работала начальником учебной части, ассистентом, старшим преподавателем, доцентом, деканом географического факультета, ученым секретарем Головного совета по географическим наукам, продолжая читать свой любимый курс «Общая метеорология». Научные исследования Раисы Константиновны касаются самого опасного явления для авиации – туманов.



Чугунов Николай Георгиевич (1914–2003 гг.) – москвич, кадровый офицер. Служил в Советской армии 26 лет. Прошел службу от курсанта до полковника. Участник Великой Отечественной войны. Воевал с июня 1942 г. до окончания войны в составе 10-й Гвардейской Краснознаменной Воронежско-Киевской орденов Суворова и Кутузова штурмовой авиадивизии в должности инженера-метеоролога, на Волховском, Сталинградском, Воронежском, 1-Украинском, 2-Украинском и 3-Украинском фронтах.



Н. Г. Чугунов

В наградном листе дана характеристика службы инженера-метеоролога 291-й штурмовой авиационной Воронежско-Киевской дивизии (ШАД): «Товарищ Чугунов за период боевых действий проделал большую работу по организации быстрой и четкой метеоинформации командования дивизии и частей. Даваемые им прогнозы погоды всегда оправдывались. Никогда не считается с личным временем, зачастую работает без отдыха по несколько суток. Не допускалось ни одного случая срыва боевой работы частей по вине метеослужбы. Товарищ Чугунов работу метеобюро поставил на отлично. В работе всегда является образцом для других. При каждом боевом вылете глубоко изучает

метеорологическую обстановку с целью наилучшего использования погоды в боевой работе.

Будучи во 2-й ударной армии, при наличии неустойчивой погоды на Волховском фронте в момент окружения наших войск товарищ Чугунов, тщательно изучая метеобстановку, предсказывал отдельные улучшения погоды, которые были использованы при ночной боевой работе для переброски продуктов питания и боеприпасов окруженным войскам. На Воронежском фронте также оказывал командованию большую помощь в деле использования с максимальной возможностью условий погоды для боевой работы, что дало возможность частям 291-й ШАД в момент прорыва вражеской обороны, произвести эффективный удар по войскам противника. Много вложил труда в налаживание метеобслуживания частей и разведку погоды»² [6].



Н. Г. Чугунов на торжественном собрании географического факультета, посвященном 1 мая. Предположительно 1972 г.

Николай Георгиевич награжден орденом Боевого Красного Знамени, двумя Орденами Красной Звезды, двумя Орденами Отечественной войны и многими медалями за успешно проведенные операции, непосредственным участником которых он был.

После окончания войны, оставаясь кадровым офицером, Николай Георгиевич в 1949 г.

²Разведка погоды проводилась или на специальных самолетах, выделяемых командованием, или непосредственно летчиками во время выполнения боевых заданий, часто с привлечением на борт метеоролога. Николай Георгиевич не раз принимал участие в этих опасных полетах. Визуальные наблюдения за состоянием погоды по трассе позволяли дополнить карту погоды и составить более надежный ее прогноз для проведения боевых действий как на линии фронта, так и в тылу врага.



был направлен военным советником по метеорологии в Китайскую народную республику. Николай Георгиевич уволился в запас в 1960 г., и 25 лет отдал преподавательской работе на кафедре метеорологии и климатологии, увлеченно читал курс «Авиационная метеорология», особо акцентируя внимание на прогнозе опасных для полетов явлениях погоды.

Часто поражал студентов тем, что, бросив лишь взгляд на текущую синоптическую карту, верно оценивал развитие процесса и ожидаемую погоду в своем регионе.

Сам же щедро делился богатым опытом военного метеоролога, закладывал в студентах любовь и уважение к выбранной ими профессии.

Кроме педагогической работы на географическом факультете и в Саратовском университете, Николай Георгиевич много занимался и общественной деятельностью. Был одним из инициаторов создания в университетском городке СГУ памятника погибшим в Великую Отечественную войну сотрудникам и студентам.

Циля Абрамовна Кантер (1926–2015 г.) родилась и жила до 1941 г. в г. Днепропетровске. С первых месяцев Великой Отечественной войны (в июле начались ежедневные бомбежки города) с ранней юности она испытала все тяготы и сложности жизни военного времени.

Во время эвакуации судьба забросила семью в Ленинабад, куда в октябре 1941 г. был эвакуирован Московский гидрометеорологический институт, который развернул подготовку военных метеорологов в Таджикистане. В первые месяцы войны он стал называться Высшим военным гидрометеорологическим институтом Красной армии (ВВГМИКА). В 1942 г. шестнадцатилетней девочкой Циля Абрамовна поступает на первый курс этого института.

Из личных дневниковых записей Ц. А. Кантер: «Это была настоящая воинская часть: все в военной форме, на казарменном положении. 23 февраля 1943 г. я приняла военную присягу. Во главе института стояли начальник и комиссар. Далее были начальники факультетов (метеорологического и гидрологического). Это были старшие кадровые офицеры. Из числа студентов были назначены старшины курсов и командиры отделений. Студенты назывались слушателями, а аспиранты – адъюнктами.

Ходили только строем. Распорядок дня выполнялся очень строго. Самовольная отлучка из расположения части – серьезное нарушение воинской дисциплины, за которой следовало наказание. В качестве поощрения можно было получить увольнительную из расположения части на 2-3 часа, иногда на один день.

Наши преподаватели были крупными научными работниками. Они давали нам не только конкретные знания по специальным предметам,

но и знакомили с проблемами метеорологических наук. К тому же они были широкообразованными разносторонними интеллигентными людьми. Для тех, кто хотел и умел слушать, в общении с ними можно было очень многому научиться.



Ц. А. Кантер

Кроме спецпредметов нам читали военные дисциплины: боевой устав пехоты, устав внутренней службы, устав караульной службы, тактика и др. Проводилось множество военных учений, изучались разные виды оружия и их применение на практике (стрельба из положения «лежа», «с упора», «стоя», по движущимся целям), штыковой бой, разные кроссы и т. п.

В конце 1944 г. ВВГМИКА был переведен в Ленинград, так как для подготовки океанологов нужна была морская база. После окончания Великой Отечественной войны институт стал гражданским – Ленинградским гидрометеорологическим институтом (ЛГМИ) с военным факультетом, который потом был передан Академии имени Можайского.

Выпускники этого института были полностью подготовлены для несения воинской службы, и, продлившись война несколько дольше, встали бы в ряды фронтовых метеорологов.

В 1946 г. Циля Абрамовна демобилизовалась, а в 1947 г. окончила ЛГМИ. Несколько лет работала по распределению в Москве в Центральном научно-исследовательском гидрометеорологическом архиве (ЦНИГМА), а с



1951 г. была инженером-синоптиком в Саратовском гидрометбюро.

В 1963 г. Циля Абрамовна по конкурсу избирается на кафедру метеорологии и климатологии географического факультета СГУ, где работала до 1994 г., пройдя путь от аспиранта до доцента, кандидата географических наук Циля Абрамовна много и увлеченно занималась как преподаванием, так и научными исследованиями. Прочитала все основные курсы учебного плана, первой на кафедре освоила и разработала курс «Долгосрочная синоптика».

Увлекала студентов рассказами о перспективах развития метеорологии и ее практическом применении, организовала работу метеорологического кружка.

Научные интересы Циля Абрамовны касались области исследования циркуляционных процессов планетарного масштаба. Она предложила свой оригинальный метод расчета по результатам исследования в 1969 г. Циля Абрамовна защитила кандидатскую диссертацию.

В 1970–1980 гг. кафедра заключила договор с Центральной аэрологической обсерваторией (ЦАО), где занимались вопросами искусственных воздействий на облака с целью получения дополнительных осадков. Циля Абрамовна была назначена научным руководителем этой темы, для ее выполнения был привлечен весь коллектив кафедры. Отчеты о выполнении этапов работы Циля Абрамовна регулярно докладывала на совещаниях в ЦАО. Они обсуждались и все были одобрены.

Юрий Дмитриевич Янишевский (1907–1990 гг.) – сотрудником географического факультета СГУ не был, но известен как изобретатель, основатель одного из основных направлений актинометрии – актинометрического приборостроения. Созданные им пиранометр, альбедометр, балансомер являются основными сетевыми приборами и в наши дни. Более 55 лет его жизни связано с Ленинградом и ГГО им. А. И. Воейкова, но присутствует и саратовский период – с 1911 по 1932 г. В это время он оканчивает физико-техническое отделение Саратовского университета, а после поступает в Институт засухи и суховея, возглавляемый Р. Э. Давидом, где занимается актинометрическими исследованиями.

В 1941 г. Ю. Д. Янишевский, как и большинство сотрудников ГГО был призван в армию и направлен на Карельский фронт военным метеорологом. Для посадки самолетов, возвращающихся с боевых заданий, необходимо было знание высоты нижней границы облаков. Изобретательская жилка Юрия Дмитриевича проявилась и в этих необычных условиях военного полевого аэродрома. Им был предложен метод определения высоты нижней границы облачности с помощью трассирующей пули (свечение ее во время полета).

По улучшению технического оснащения Гидрометеорологической службы Красной армии, начальником ГУГМС СССР Юрию Дмитриевичу была объявлена благодарность и выдана премия в 1000 руб. Всего за период службы военным метеорологом Юрий Дмитриевич был награжден двумя орденами и восемью медалями. Сохранилась фотография военного периода и уникальный документ благодаря заведующему кафедрой метеорологии и климатологии Ю. А. Склярору, которого в начале его научной деятельности Юрий Дмитриевич поддержал по созданию болометрического пиргелиометра [7].



Ю. Д. Янишевский

В канун очередного праздника – дня Великой Победы – наши воспоминания являются данью глубокого уважения и памяти о военных метеорологах географического факультета, наших коллегах, учителях, очевидцах и участниках военного лихолетья 1941–1945 гг.

Университет вправе гордиться тем, что в его коллективе трудились сотрудники самых разных военных профессий, в том числе и метеорологи, внесшие свой вклад в общее дело Победы над фашистской Германией.



ВЫПИСКА ИЗ ПРИКАЗА Начальника Главного Управления Гидрометслужбы СССР № 656	
22 декабря 1944 г.	гор. Москва
СОДЕРЖАНИЕ: О награждении изобретателей и рационализаторов Гидрометслужбы СССР	
За ценные изобретательские и рационализаторские предложения по улучшению технического оснащения Гидрометеорологической Службы Красной Армии. ПРИКАЗЫВАЮ: ОБЪЯВИТЬ БЛАГОДАРНОСТЬ И НАГРАДИТЬ: ЯНИШЕВСКОГО Ю.Д. за способ определения высоты облаков с помощью трассирующей пули.....1000 руб.	
«Печать» П.п. Нач. ГУГМС СССР генерал-лейтенант инженерно-технической службы - Федоров	
Выписка верна: «Роспись»	

Выписка из приказа начальника Главного управления Гидрометслужбы СССР



Н. Г. Чугунов (слева) и В. Л. Архангельский (справа) на метеостанции СГУ проверяют работу актинометрических приборов, 1970-е гг.



Библиографический список

1. Демидова Е. В., Лапина С. Н., Червяков М. Ю. Некоторые малоизвестные страницы профессиональной деятельности Рудольфа Эдуардовича Давида. К 135-летию со дня рождения // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2022. Т. 22, вып. 3. С. 219–226. <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2022-22-3-219-226>, EDN: IUYDIM
2. Лапина С. Н. Женщины метеорологи в моей судьбе. Саратов : ИЦ «Наука», 2021. 25 с.
3. Скляр Ю. А., Лапина С. Н. Елизавета Владимировна Ишерская (К столетию со дня рождения) // Известия Са-

ратовского университета. Новая серия. Серия : Науки о Земле. 2007. Т. 7, вып. 1. С. 81–84.

4. Макаров В. З. География в Саратовском университете. Саратов : Издательство Саратовского университета, 2020. 236 с. EDN: WVSSGT
5. Наградной лист Р. К. Поповой // Архив СГУ от 20.10.1944 г.
6. Наградной лист Н. Г. Чугунова // Архив СГУ от 13.07.1943 г.
7. Скляр Ю. А. Крупницы памяти: Юрий Дмитриевич Янишевский // Труды главной геофизической обсерватории им. А. И. Воейкова. 2015. № 579. С. 232–258. EDN: VBWEMJ

Поступила в редакцию 15.01.2023; одобрена после рецензирования 07.02.2023; принята к публикации 13.03.2023
The article was submitted 15.01.2023; approved after reviewing 07.02.2023; accepted for publication 13.03.2023



ISSN 1819-7663 (Print). ISSN 2542-1921 (Online)
Известия Саратовского университета. Новая серия.
Серия: Науки о Земле. 2023. Том 23, выпуск 2

ИЗВЕСТИЯ САРАТОВСКОГО УНИВЕРСИТЕТА Новая серия

- Серия: Акмеология образования. Психология развития
- Серия: История. Международные отношения
- Серия: Математика. Механика. Информатика
- Серия: Науки о Земле**
- Серия: Социология. Политология
- Серия: Физика
- Серия: Филология. Журналистика
- Серия: Философия. Психология. Педагогика
- Серия: Химия. Биология. Экология
- Серия: Экономика. Управление. Право

