



СОДЕРЖАНИЕ

Научный отдел

География

- Банников А. Ю.** Территориальная структура химической промышленности
Северной Германии в начале XXI века 5
- Волкова Л. С., Рыхлов А. Б.** Пространственная дифференциация
климато-рекреационного потенциала Волгоградского водохранилища 10
- Макаров В. З., Суровцева О. В., Чумаченко А. Н.**
Оценка запыленности воздушного бассейна города Саратова
по данным прямых и косвенных методов наблюдений 16
- Морозова С. В.** Исследование влияния общей циркуляции атмосферы
на глобальный климат 25
- Пряхина С. И., Гужова Е. И., Смирнова М. М., Миронов А. А.**
Асинхронность наступления фаз развития зерновых культур по станции
Саратов Юго-Восток 27
- Рыхлов А. Б.** Ветроэнергетический потенциал на различных высотах
приземного слоя атмосферы на юго-востоке европейской территории
России 30
- Терентьева О. В., Лощева Д. Ю.** Применение брендов территории
в экскурсионной деятельности (на примере экскурсии «Брендовые места
Саратова») 37

Геология

- Багаева М. И., Гужиков А. Ю.** Магнитные текстуры как индикаторы
условий формирования титонских-берриасских пород Горного Крыма 41
- Гончаренко О. П., Астаркин С. В., Писаренко Ю. А.**
Терригенно-минералогическая характеристика бобриковского горизонта
Саратовского Заволжья: палеогеографические аспекты 47
- Нгун К. Т., Плешакова Е. В., Решетников М. В., Кузнецов В. В.**
Использование микробиологических показателей в эколого-почвенном
мониторинге города Медногорска 55
- Первушов Е. М.** Колониальный уровень модульной организации
позднемеловых гексактинеллид (*Porifera*). Настоящие колонии 61
- Пыхалов В. В., Рихтер Я. А.** Аномальная земная кора Астраханского
свода 71
- Рыскин М. И.** О проблемах и ценностных приоритетах
образовательной системы бакалавриата (на примере программ
геофизического направления) 81
- Рыскин М. И.** Физико-геологическое моделирование как основа
геологической интерпретации комплекса геофизических данных 87

Сведения об авторах

Решением Президиума ВАК
Министерства образования и науки РФ
журнал включен в Перечень ведущих
рецензируемых научных журналов и
изданий, в которых рекомендуется
публикация основных результатов
диссертационных исследований
на соискание ученой степени
доктора и кандидата наук

Зарегистрировано
в Министерстве Российской
Федерации по делам печати,
телерадиовещания и средств
массовых коммуникаций.
Свидетельство о регистрации СМИ
ПИ № 77-7185 от 30 января 2001 года

Индекс издания по каталогу
ОАО Агентства «Роспечать» 36010,
раздел 21 «Науки о Земле.
Экология»
Журнал выходит 2 раза в год

Заведующий редакцией
Бучко Ирина Юрьевна

Редактор
Малютина Елена Анатольевна

Художник
Соколов Дмитрий Валерьевич

Редактор-стилист
Степанова Наталия Ивановна

Верстка
Степанова Наталия Ивановна

Технический редактор
Ковалева Наталья Владимировна

Корректор
Крылова Елена Борисовна

Адрес редакции:
410012, Саратов, ул. Астраханская, 83
Издательство Саратовского
университета
Тел.: (845-2) 52-26-89, 52-26-85

Подписано в печать 09.06.14.
Формат 60x84 1/8.
Усл. печ. л. 11,62 (12,5).
Тираж 500 экз. Заказ 25.

Отпечатано в типографии
Издательства Саратовского
университета

© Саратовский государственный
университет, 2014



ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ

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

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

Статья должна быть аккуратно оформлена и тщательно отредактирована.

Последовательность предоставления материала:

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

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

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

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

Кроме статьи, сведений об авторах необходима также рецензия на статью в двух экземплярах.

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: <http://www.sgu.ru/journal/izvestiya/geo/informaciya-dlya-avtorov>.

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

Материалы, отклоненные редколлегией, не возвращаются.

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

CONTENTS

Scientific Part

Geography

- Bannikov A. Yu.** Spatial Structure of the Chemical Industry in North Germany in the Early 21st Century 5
- Volkova L. S., Ryhlov A. B.** Using the Volgograd Reservoir as Recreational Zone within the Saratov Region 10
- Makarov V. Z., Surovtseva O. V., Chumachenko A. N.** Saratov Air Basin Dusty Rating According to the Direct and Indirect Methods of Research 16
- Morozova S. V.** Research of Influence of the General Circulation of the Atmosphere on Global Climate 25
- Pryakhina S. I., Gugova E. I., Smirnova M. M., Mironov A. A.** Asynchrony Onset of the Phases of Development of Crops for Station Saratov South-east 27
- Rikhlov A. B.** Wind Energy Potential at Different Altitudes of the Surface Atmospheric Layer in the South-east of European Russia 30
- Terenteva O. V., Loshcheva D. Yu.** The Use of Brands of the Territory in the Excursion Activity (on the Example of the Excursion «The Brand Places of Saratov») 37

Geology

- Bagaeva M. I., Guzhikov A. Yu.** Magnetic Structures as Indicators Some Features of Formations of Tithonian-berriasian Rocks in the Mountain Crimea 41
- Goncharenko O. P., Astarkin S. V., Pisarenko Yu. A.** Terrigenous-mineralogic Characteristics of the Bobrikovskian Horizon from the Saratov Trans-Volga Region: Paleogeographical Aspects 47
- Ngun C. T., Pleshakova Ye. V., Reshetnikov M. V., Kuznecov V. V.** The Use of Microbial Indicators in Environmental Soil Monitoring of the City Mednogorsk 55
- Pervushov E. M.** Colonial Level of Modular Organization in the Late Cretaceous Hexactinellids (Porifera). Genuine Colonies 61
- Pykhalov V. W., Richter Y. A.** The Anomalous Crust of the Astrakhan Arch 71
- Riskin M. I.** About the Problems and Value Priorities of Educational Baccalaureate System (with Geophysical Area Programs as an Example) 81
- Riskin M. I.** Physical and Geological Modeling as a Basis of Geological Interpretation of Geophysical Data Complex 87

Information about the Authors

97



**РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ ЖУРНАЛА
«ИЗВЕСТИЯ САРАТОВСКОГО УНИВЕРСИТЕТА. НОВАЯ СЕРИЯ»**

Главный редактор

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

Заместитель главного редактора

Стальмахов Андрей Всеволодович, доктор физ.-мат. наук, профессор (Саратов, Россия)

Ответственный секретарь

Халова Виктория Анатольевна, кандидат физ.-мат. наук, доцент (Саратов, Россия)

Члены редакционной коллегии:

Бабков Лев Михайлович, доктор физ.-мат. наук, профессор (Саратов, Россия)

Балаш Ольга Сергеевна, кандидат экон. наук, доцент (Саратов, Россия)

Бучко Ирина Юрьевна, директор Издательства Саратовского университета (Саратов, Россия)

Данилов Виктор Николаевич, доктор ист. наук, профессор (Саратов, Россия)

Ивченков Сергей Григорьевич, доктор социол. наук, профессор (Саратов, Россия)

Коссович Леонид Юрьевич, доктор физ.-мат. наук, профессор (Саратов, Россия)

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

Прозоров Валерий Владимирович, доктор филол. наук, профессор (Саратов, Россия)

Устьянцев Владимир Борисович, доктор филос. наук, профессор (Саратов, Россия)

Шамяионов Раиль Мунирович, доктор психол. наук, профессор (Саратов, Россия)

Шляхтин Геннадий Викторович, доктор биол. наук, профессор (Саратов, Россия)

**EDITORIAL BOARD OF THE JOURNAL
«IZVESTIYA SARATOVSKOGO UNIVERSITETA. NEW SERIES»**

Editor-in-Chief – Chumachenko A. N. (Saratov, Russia)

Deputy Editor-in-Chief – Stalmakhov A. V. (Saratov, Russia)

Executive Secretary – Khalova V. A. (Saratov, Russia)

Members of the Editorial Board:

Babkov L. M. (Saratov, Russia)

Balash O. S. (Saratov, Russia)

Buchko I. Yu. (Saratov, Russia)

Danilov V. N. (Saratov, Russia)

Ivchenkov S. G. (Saratov, Russia)

Kossovich L. Yu. (Saratov, Russia)

Makarov V. Z. (Saratov, Russia)

Prozorov V. V. (Saratov, Russia)

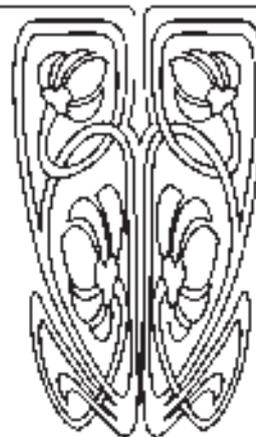
Ustyantsev V. B. (Saratov, Russia)

Shamionov R. M. (Saratov, Russia)

Shlyakhtin G. V. (Saratov, Russia)



**РЕДАКЦИОННАЯ
КОЛЛЕГИЯ**





**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

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

Ответственный секретарь

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

Члены редакционной коллегии:

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

Гусев Виктор Александрович, кандидат с.-х. наук, доцент (Саратов, Россия)

Колотухин Анатолий Трофимович, кандидат геол.-минерал. наук, доцент (Саратов, Россия)

Московский Георгий Александрович, доктор геол.-минерал. наук, доцент

(Саратов, Россия)

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

Рихтер Яков Андреевич, доктор геол.-минерал. наук, профессор (Саратов, Россия)

Рыскин Михаил Ильич, кандидат геол.-минерал. наук, доцент (Саратов, Россия)

Самонина Светлана Сергеевна, кандидат геогр. наук, доцент (Саратов, Россия)

Скляр Юрий Андреевич, доктор техн. наук, профессор (Саратов, Россия)

EDITORIAL BOARD OF THE JOURNAL

**«IZVESTIYA SARATOVSKOGO UNIVERSITETA. NEW SERIES.
SERIES: EARTH SCIENCES»**

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

Deputy Editor-in-Chief – Korobov A. D. (Saratov, Russia)

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

Members of the Editorial Board:

Guzhikov A. Yu. (Saratov, Russia)

Gusev V. A. (Saratov, Russia)

Kolotukhin A. T. (Saratov, Russia)

Moskovskij G. A. (Saratov, Russia)

Pervushov E. M. (Saratov, Russia)

Richter Y. A. (Saratov, Russia)

Riskin M. I. (Saratov, Russia)

Samonina S. S. (Saratov, Russia)

Sklyarov Yu. A. (Saratov, Russia)

**РЕДАКЦИОННАЯ
КОЛЛЕГИЯ**



ГЕОГРАФИЯ

УДК 911.3; 332.1 (430)

ТЕРРИТОРИАЛЬНАЯ СТРУКТУРА ХИМИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ СЕВЕРНОЙ ГЕРМАНИИ В НАЧАЛЕ XXI ВЕКА

А. Ю. Банников

Саратовский государственный университет
E-mail: aleksey-bannikov@yandex.ru

В статье рассматривается вопрос современного состояния территориальной структуры химической промышленности Северной Германии. Установлено, что процессы глобализации и интеграции в мировой хозяйственной системе выражаются в усилении взаимодействия между различными элементами (предприятиями) и подсистемами (фирмами и их объединениями) такой системы, как «химическая промышленность» и приводят к появлению новой формы территориальной организации химической промышленности – локальным и региональным кластерам.

Ключевые слова: территориальная структура производства, кластер, химическая промышленность, Северная Германия.

Spatial Structure of the Chemical Industry in North Germany in the Early 21th Century

A. Yu. Bannikov

This article is about modern situation in the spatial structure of the chemical industry in North Germany. It has been established that globalization and integration processes into the world economic system are evident as an enhancement of the interaction between the various elements (enterprises) and subsystems (firms and their associations) of the system “chemical industry”. It leads to a new form of spatial organization of the chemical industry – local and regional clusters.

Key words: spatial production structure, cluster, chemical industry, North Germany.

Введение

Переход в постиндустриальный этап развития и регионализация экономики вызвали интерес к исследованию не только территориально-производственной, но и территориально-организационной структуры отраслей промышленности и их взаимодействия с социально-экономической средой, в которой находятся фирмы и предприятия, а также степени их влияния на социально-экономическое пространство, создания условий для развития. Одной из первых работ, посвященных этой проблеме, был труд британского социолога и географа Д. Мэсси (Massey) под названием «Территориальное разделение труда: социальная структура и география производства», опубликованный в 1984 г. [1]. Она предложила рассматривать изменения территориальной структуры промышленности через призму трех этапов развития: региональная специализация, концентрация различных функций внутри корпоративных границ многозаводских компаний и индивидуализация спроса.

При изучении вопросов размещения промышленности все больше внимания уделяется взаимодействию элементов и подсистем системы «промышленность» в рамках трехмерного пространства, измерениями которого являются предприятие, территория, хозяйственная система, дополняемые иногда четвертым измерением – системой управления.



НАУЧНЫЙ
ОТДЕЛ





Постановка проблемы

Территориальная структура химической промышленности Германии имеет два иерархических уровня: первый составляют химические парки, представляющие собой локальные кластеры, а второй образуют региональные химические кластеры. Причем в первом случае речь идет о системе, в основе функционирования которой лежат технологические и организационно-хозяйственные связи, т. е. вертикальные и горизонтальные взаимоотношения между предприятиями конкретного штандорта. Во втором случае, наряду с технологическими связями, важную роль играют связи институциональные, т. е. рассматриваются устойчивые территориально-отраслевые партнерства акторов (малый и средний, реже крупный бизнес, региональная администрация, высшие учебные и научно-исследовательские учреждения), объединенные программами внедрения инноваций и передовых технологий в производственный процесс и координационными органами.

Химические и индустриальные парки, технологически связанные с химической промышленностью, в Германии сконцентрированы в районах (ареалах) химического производства. Девять парков, созданных, прежде всего, для того, чтобы обеспечить спокойную трансформацию бывших государственных комбинатов и развитие нуждавшейся в серьезной модернизации инфраструктуры, локализованы в Восточной Германии, в Западной Германии – около 30 химических парков (Рейнско-Вестфальский, Средне-Рейнский, Северный и Южный районы).

Практически во всех районах (ареалах) химического производства (кроме Средне-Рейнского¹ (земли Гессен и Рейнланд-Пфальц)) имеются региональные химические кластеры (так называемые кластерные инициативы), созданные на базе нескольких химических парков² и имеющие координационные структуры.

Крупнейшие химические центры севера ФРГ, год появления химического производства и ключевые компании

Центр	Год создания	Ключевая компания/основные продукты
г. Вильгельмсхафен	1958	NWO (Nordwest-Oelleitung GmbH («Нордвест-Ольляйтунг ГмбХ»))/ нефтепродукты
	1975	WRG (Wilhelmshavener Raffineriegesellschaft mbH («Вильгельмсхафеннер Раффинеригезельшафт мбХ»)) (бывш. Mobil Oil («Мобиль Оль»))/ нефтепродукты
	1981	INEOS Vinyls («ИНЕОС Винилс») (бывш. EVC – European Vinyls Corporation Deutschland GmbH («Европиан Винилс Корпорейшн Дойчланд ГмбХ»))/ хлористый газ и гипохлорид натрия
	1981	INEOS Chlor («ИНЕОС Хлор») (бывш. ICI – Chlor Atlantik («ИКИ – Хлор Атлантик»))/ поливинилхлорид и винилхлоридмономеры
г. Штаде	1969	Dow Deutschland Anlagengesellschaft mbH («Доу Дойчланд Анлагенгезельшафт мбХ»)/ производство пластмасс и синтетических смол, полимеров
г. Вальсроде	1974	Wolff Walsrode AG («Вольф Вальсроде АГ»)/ производство упаковочных материалов, пластмасс
г. Брунсбюттель	1973	Bayer AG («Байер АГ»)/ нефтехимическое производство, производство минеральных удобрений, органических полупродуктов

Сост. по: [2].

Производственная и территориальная структура химической промышленности Северной Германии

Первые химические и нефтехимические предприятия на севере ФРГ были созданы в 1960-е годы, но бурный рост отрасли за счет появления новых центров и производств наблюдался в середине 70-х годов прошлого столетия. Размещались новые предприятия, прежде всего, в портах и в прибрежных городах (таблица). Это было связано с общемировой тенденцией к сдвигу энергоемких производств к побережьям и сосредоточению в морских портах или рядом с ними, что можно объяснить двумя причинами. Во-первых, развитием нефтехимии, предприятия которой размещались в портах, и, во-вторых, необходимостью снижения транспортных издержек при получении сырья (нефти, угля) и полупродуктов (этилена, этиленхлорида) и при вывозе готовой продукции (топливо, поливинилхлорид, каустик).

На сегодняшний день исследуемая отрасль сосредоточена в нескольких центрах региона (химические парки Вильгельмсхафена, Брунсбюттеля, Зеельце, Вальсроде, Штаде). Все они входят в кластерную инициативу ChemCoast, которая представляет собой площадку для решения общих вопросов (прежде всего, по реализации совместных инфраструктурных проектов) и привлечения инвестиций в отрасль. Наличие такой институциональной надстройки дает нам возможность говорить о региональном химическом кластере (рис. 1), который является трансграничным и расположен на территории двух федеральных земель: Нижней Саксонии и Шлезвиг-Гольштейна.

Отметим, что создание подобной надстройки помогло предприятиям отрасли противостоять проблемам, вызванным всемирным экономическим кризисом 2008 года. Заметим, однако, что в Нижней Саксонии спад и последовавший затем подъем были ярче выражены, чем в Шлезвиг-Гольштейне³ (рис. 2).

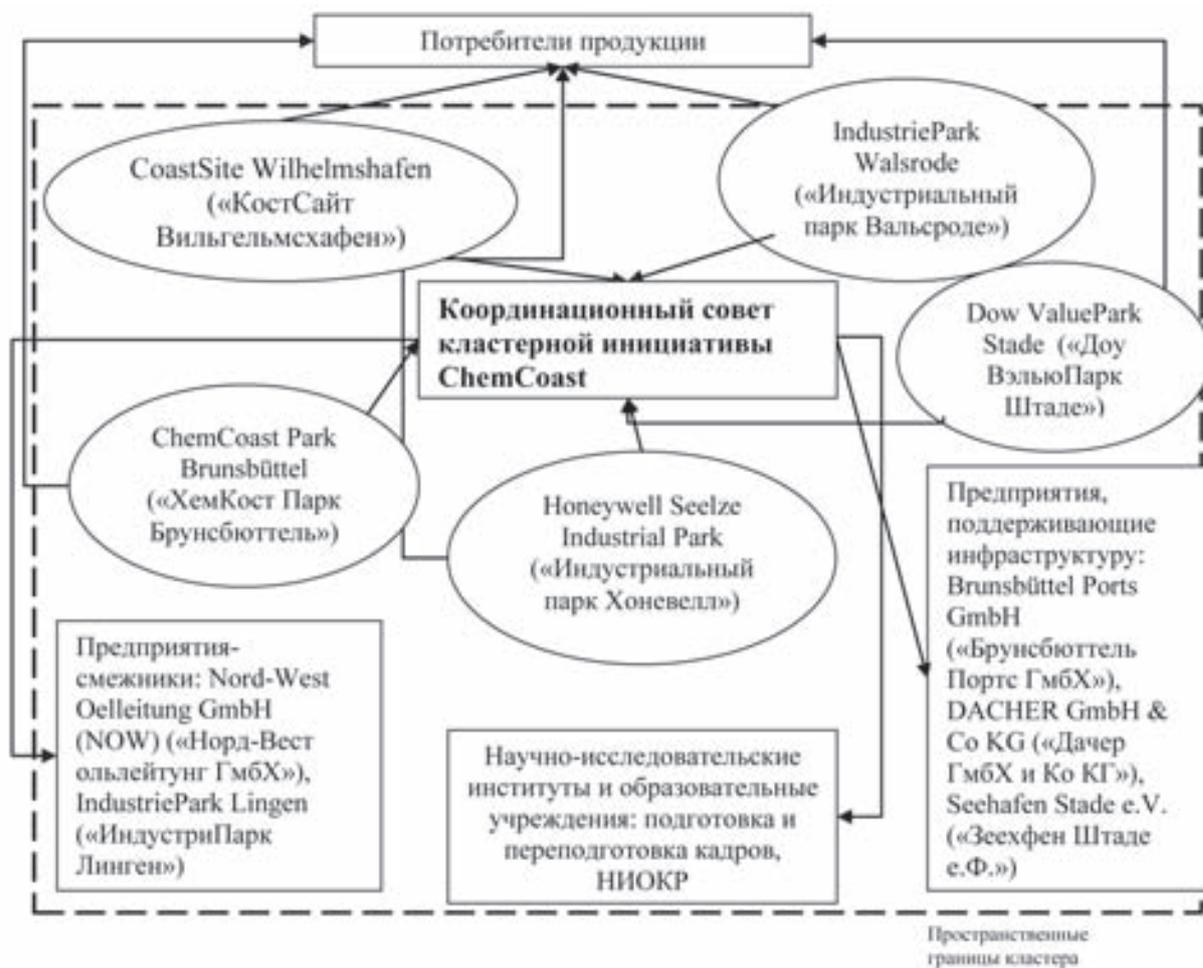


Рис. 1. Схема вертикальной (функциональной) структуры регионального химического кластера на севере Германии

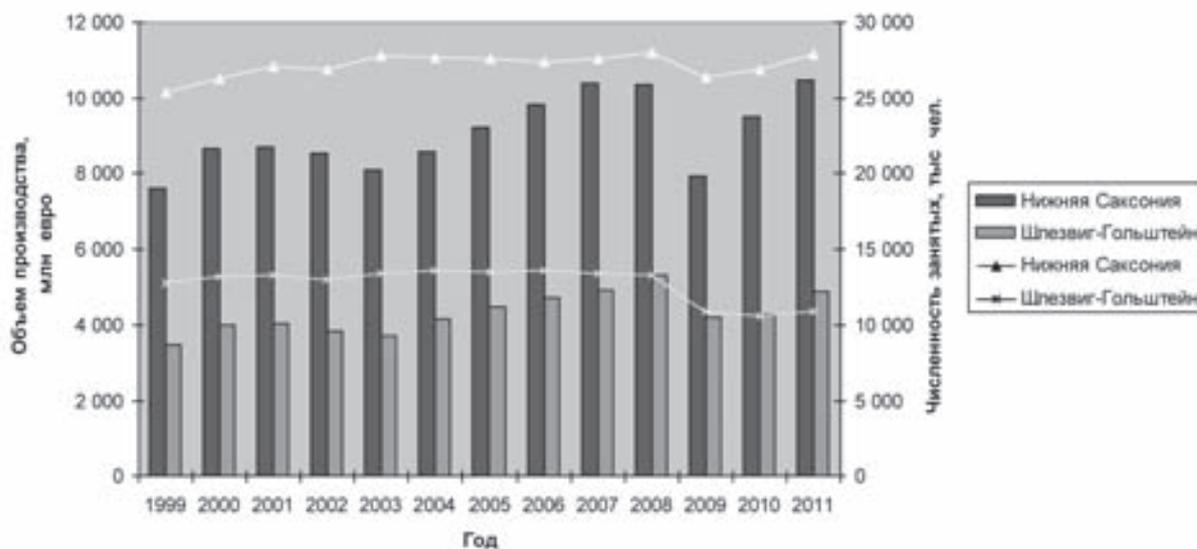


Рис. 2. Динамика численности занятых и объема производства в химической промышленности земель Нижняя Саксония и Шлезвиг-Гольштейн (составлено по [3])



Центрами данного регионального кластера производятся химикаты, этилен и пропилен, краски и красители, технические газы (для металлургической промышленности и других подотраслей химической индустрии), синтетический каучук.

Одним из крупных центров региона является Вильгельмсхафен. Благодаря своему выгодному транспортно-географическому положению, наличию грузового терминала и порта он имеет более важное значение, чем северогерманские центры химической промышленности. В Вильгельмсхафене размещены такие компании, как INEOS Vinyls («ИНЕОС Винилс»), которая специализируется на производстве поливинилхлорида и винилхлоридмономеров (причем хлор поступает по продуктопроводу с завода ИНЕОС Хлор), INEOS Chlor («ИНЕОС Хлор») и которой принадлежит завод по производству хлористого газа и гипохлорида натрия (побочными продуктами являются каустик и соляная кислота), а также НПЗ Вильгельмсхафена (Wilhelmshavener Raffineriegesellschaft (WRG) (Вильгельмсхафенер Рафинеригезельшафт)), выпускающее широкий спектр продукции: авиационное турбинное топливо, мазут, дизельное топливо, бензин, пропан, бутан, парафины, серу.

Кроме того, нефтепроводы берут начало в Вильгельмсхафене и проложены до Кёльна – Весселинга и Гамбурга. Развитие данного химического центра связано, прежде всего, с компанией «ИНЕОС», которая реализует проекты по развитию производства хлора (модернизация установок хлор-щелочного электролиза (увеличение объемов производства хлора до 400 тыс. т/год, каустика – до 452 тыс. т/год, водорода – до 11 200 т/год)) [4]. По мере роста объема производства хлора увеличивается объем производства поливинилхлорида и винилхлоридмономеров до 620 тыс. т/год по каждому из продуктов. Для снижения производственных затрат важную роль играет также присоединение штаднорта к общеевропейской сети этиленопроводов (трубопровод длиной 275 км Вильгельмсхафен – Марль и его продолжение до Штаде и Брунсбюттеля⁴).

Отметим, что расширение сети продуктопроводов, связывающей все крупные химические штаднорты севера страны, а также увеличение объема внутренней торговли производимыми сырьем и полупродуктами способствует усилению конкурентоспособности рассматриваемых химических парков.

Еще один химический центр Нижней Саксонии – Honeywell Seelze Industrial Park («Индустриальный парк Хоневелл») в Зельце, который находится примерно в 15 минутах езды к востоку от Ганновера. Зельце имеет перегрузочные терминалы и свою собственную железнодорожную ветку, соединяющую его с национальной железнодорожной сетью (Deutsche Bahn), а также свой собственный причал на Среднегерманском канале [5].

На территории парка локализовано несколько компаний, крупнейшая из которых – Honeywell Specialty Chemicals Seelze GmbH («Хоневелл Специалити Кемикалс Зельце»), принадлежащая международной американской корпорации Honeywell Inc. («Хоневелл Инк.»). Эта компания является владельцем штаднорта и оператором промышленного парка. Ассортимент продукции включает в себя неорганические и органические промышленные химикаты, которые затем используются при производстве стекла, стали и алюминия, а также особо чистые химические вещества для производства микрочипов, фотохимическую продукцию и фармацевтические препараты. Здесь также функционируют Sigma-Aldrich Laborchemikalien GmbH («Сигма-Альдрих Лаборхимикалиен ГмбХ») – дочерняя компания Sigma-Aldrich («Сигма-Альдрих»), занимающаяся производством органических и неорганических химических веществ, реагентов, Troy Chemicals Inc. («Трой Кимекалс Инк»), американская компания, обладающая сетью предприятий, лабораторий и сбытовых филиалов по всему миру и имеющая в данном химическом парке свои аналитическую и микробиологическую лаборатории, Pfaudler Werke Schwetzingen («Пфаульдер Верке Шветцинген») – сервисный центр по производству и ремонту химического оборудования.

Третьим крупным химическим центром Нижней Саксонии является индустриальный парк Dow Stade в г. Штаде. Он концентрируется на использовании синергетического эффекта от взаимодействия между потенциальными инвесторами и предприятиями парка за счет совместного использования услуг и инфраструктуры, поставок сырья (вертикальная интеграция), покупки и/или обработки готовой продукции (прямая вертикальная интеграция), участия в производственной цепи (частичная интеграция). Отличительными особенностями парка являются современная, полностью интегрированная инфраструктура и широкий спектр услуг, доступность прямых инвестиций, что создает предпосылки для развития долгосрочных, экономически эффективных производств.

Наиболее важным сырьем для производства в Штаде является каменная соль, которую добывают методом растворения (выщелачивания) из расположенных неподалеку месторождений. Из концентрированного солевого рассола путем ресурсосберегающего процесса электролиза получают водород и каустическую соду, а также хлор, представляющие собой полупродукты при производстве других химических продуктов. Сырьем в производственных процессах в этом штаднорте являются также этилен, пропилен, метанол, уксусная кислота, фенол и анилин, которые в ходе нескольких этапов переработки трансформируются в конечные продукты.

Спектр применения химических веществ, производимых в Штаде, очень разнообразен.



Примером этого может служить новая разработка Dow («Доу») – FORTEFIBER, выступающая в качестве пищевой добавки для стимуляции работы кишечника и созданная для растущего рынка по поддержанию здоровья на основе известного продукта⁵, производимого в Штаде.

Но данный центр представляет собой не только производственную площадку. Местные инженеры, технологи и ученые также участвуют в разработке новых продуктов и технологических процессов. Одним из наиболее интересных проектов последних лет стала разработка в опытных лабораториях химического парка технологического процесса получения эпоксидных смол из возобновляемого сырья. Эпоксидные смолы обычно получают путем переработки в несколько этапов нефти, другого сырья, включая эпихлоргидрин. Но только компания Dow («Доу») – одна из крупнейших в мире производителей эпоксидных смол – производит эпихлоргидрин также из возобновляемого сырья. Это связано с тем, что разработанная в Штаде технология получения эпихлоргидрина из глицерина была положена в основу его производства в промышленных масштабах. Глицерин, выступающий здесь в качестве основного продукта, поступает как побочный продукт от производства биодизельного топлива из растительных масел. Так, например, при производстве 100 т биодизельного топлива производится около 10 тыс. т глицерина [6].

Вальсроде, благодаря своему выгодному транспортно-географическому положению в центре треугольника, образованного городами Гамбург, Ганновер и Бремен, имеет доступ к рынкам Северной Германии, а также Северной и Восточной Европы [7]. Особенностью штандорта является то, что право собственности, функции управления и эксплуатации парка разделены между разными компаниями. Это обеспечивает прозрачность и конкурентоспособность услуг, предоставляемых на его территории, что, в свою очередь, повышает экономическую эффективность компаний-резидентов и гарантирует низкие стартовые и последующие эксплуатационные затраты. В этом химическом парке локализовано более 20 компаний⁶.

Химический парк в Брунсбюттеле занимает площадь 2 тыс. га и является крупнейшей промышленной зоной земли Шлезвиг-Гольштейн. Он имеет выгодное транспортно-географическое положение на Эльбе и Кильском канале и близости от Гамбурга. Особым преимуществом является наличие грузового порта (работающего не только с нефтью и газом, но и химическими продуктами), рассчитанного на суда длиной до 14,8 м и грузоподъемностью до 100 тыс. т [9]. Этот химический парк принадлежит не одному владельцу, обладает отличной инфраструктурой, а компании-партнеры предлагают различные услуги: от противопожарной охраны до управления персоналом, что значительно снижает капитал-

ные и эксплуатационные затраты. Синергетическим эффектом подобного рода взаимодействия различных компаний⁷ является снижение затрат, что становится важным конкурентным преимуществом штандорта в целом и локализованных в нем фирм в частности.

Выводы

Локальные химические кластеры не всегда способны в одиночку выдержать конкуренцию со стороны других игроков на внутреннем и внешних рынках, они становятся участниками процессов, основанных на технологическом и институциональном (через кластерные инициативы) взаимодействии нескольких химических парков между собой, парков с вузами научно-исследовательскими институтами, что дает основание рассматривать такие объединения как региональные химические кластеры.

Базовыми признаками региональных химических кластеров выступают использование совокупности разнообразных ресурсов участников как фактора их устойчивости в условиях конкуренции и приоритет партнерства участников с разной организационно-правовой формой (разной формой собственности).

В рассматриваемых химических парках регионального трансграничного кластера акторами выступают дочерние фирмы и филиалы крупнейших химических ТНК, что дает возможность предприятиям отрасли участвовать в глобальных цепочках создания добавленной стоимости.

Создание кластерной инициативы ChemCoast было связано с достижением следующих целей: во-первых, с развитием транспортной инфраструктуры региона (участие в расширении сети продуктопроводов), во-вторых, повышением уровня осведомленности о деятельности предприятий, входящих в инициативу, в-третьих, содействием в сотрудничестве компаний региона (укрепление контактов с политиками, другими бизнес-ассоциациями и научными учреждениями) и, в-четвертых, проведением территориального маркетинга и привлечением инвесторов (расширение существующих сетей, появление новых компаний в связи с наличием свободных производственных площадей в штандортах Вильгельмсхафен, Брунсбюттель, Вальсроде, Штаде).

Примечания

¹ Эта территория входит (как и большинство земель Германии, имеющих у себя химические кластеры) в European Chemical Regions Network (ECRN) («Общеввропейская сеть химических регионов»), т.е. вовлечена в интеграционные процессы, только на другом иерархическом уровне.

² Поскольку химические парки не всегда способны в одиночку выдержать конкуренцию со стороны других игроков на внутреннем и внешних рынках.



³ Так, например, если в 2009 г. объем произведенной продукции в Нижней Саксонии по сравнению с 2008 г. сократился почти на 2,5 млн евро (с 10 631 тыс. евро до 7 915 тыс. евро), то в 2010 г. по сравнению с 2009 г. он увеличился больше чем на 1,5 млн евро (с 7 915 до 9 485 тыс. евро), а в 2011 г. превысил докризисный уровень (составив почти 10,5 млн евро). В Шлезвиг-Гольштейне же докризисный уровень производства еще не восстановлен (объем произведенной продукции 2008 г. составлял 5 301 тыс. евро, а в 2011 г. – 4 896 тыс. евро). Численность занятых, в свою очередь, имеет схожую динамику, но колебания здесь не такие значительные: в Нижней Саксонии после спада произошло восстановление (2008 г. – 27 961 чел., 2011 г. – 27 917 чел.), а в Шлезвиг-Гольштейне докризисный уровень занятости в отрасли не достигнут (2008 г. – 13 183 чел., 2011 г. – 10 148 чел.).

⁴ Активную роль в координации усилий при реализации этого проекта играет кластерная инициатива ChemCoast.

⁵ Метилцеллюлоза, известная под торговой маркой METHOCEL («Метоцел»), используется во многих отраслях (от производства строительных материалов, фармацевтики и косметики до пищевой промышленности) как дополнительный компонент, улучшающий определенные свойства продуктов. В 2006 году компания Доу представила на рынке модификацию данного продукта в виде пищевой добавки под маркой FORTEFIBER («Фортефибер») [8].

⁶ Крупнейшими из них являются DowWolff Cellulosics («ДоуВольф Целлюлоза» – дочерняя фирма компании Dow Chemical Company («Доу Кемикал Компани»), Epurex Films («Эпурекс Филмс» – дочерняя фирма компании Bayer MaterialScience («Байер МатериалСайнс»)), КэйзТех («CaseTech»), Wipak Group («Випак Групп»), TeeJet («ТееДжет»), Atos Origin («Атос Ориджин»), AF Personalpartner («АФ Персоналпартнер»), Probis («Пробис»), Dachser («Даксер»).

⁷ Среди них химические: Bayer MaterialScience («Байер МатериалСайнс»), Chemische Fabrik Brunsbüttel («Хемисше Фабрик Брунсбюттель»), Lanxess («Ланкессес»), Sasol («Сасоль»), SAVA («САВА»), Wilckens («Вилкенс»), Yara («Яра»); нефтехимические: Raffinerie Heide («Рафинери Гайде»), RWE Dea («РВЕ Деа»), Total («Тоталь»); транспортно-логистические: Brunsbüttel Ports («Брунсбюттель портс»), F.A. Kruse («Ф.А. Крузе»); энергетические:

Bioenergie Brunsbüttel Contracting GmbH («Биоэнергии Брунсбюттель Контрактинг ГмбХ»), E.ON Kernkraft («Э.ОН Кернкraft»), Vattenfall («Фаттенфаль»), Vesta Biofuels Brunsbüttel («Веста Билфулз Брунсбюттель»).

Библиографический список

1. Massey D. Spatial Divisions of Labour : Social Structures and the Geography of Production. L., 1984.
2. Strategische Ansätze für ein Regionales Standortmanagement Jade-Weser-Raum. Studie im Auftrag der WFG Wirtschaftsförderung in Wilhelmshaven GmbH in Kooperation mit den Landkreisen Friesland, Wesermarsch und Wittmund. URL : <http://opus.kobv.de/zlb/volltexte/2007/1561/pdf/strategische.pdf> (дата обращения: 30.05.2013).
3. Chemiewirtschaft in Zahlen 2012. URL : [http://www.vci.de/Downloads/Chemiewirtschaft in Zahlen 2012.pdf](http://www.vci.de/Downloads/Chemiewirtschaft%20in%20Zahlen%202012.pdf) (дата обращения: 11.04.2013).
4. Die chemisch-pharmazeutische Industrie in Deutschland. URL : [http://www.vci.de/Downloads/04_Kapitel BESCHÄFTIGUNG UND EINKOMMEN.xls](http://www.vci.de/Downloads/04_Kapitel%20BESCHÄFTIGUNG%20UND%20EINKOMMEN.xls) (дата обращения: 25.02.2013).
5. Seelze Industrial Park – Honeywell Seelze. URL : <http://www51.honeywell.com/sm/seelze/en.html> (дата обращения: 14.05.2013).
6. Der GTE-Prozess : Hightech-Produkte aus nachwachsenden Rohstoffen. URL : <http://www.dow.com/deutschland/standort/stade/produkt/hightech.htm> (дата обращения: 26.05.2013).
7. Branchenreport Chemie und Pharmazie in FrankfurtRheinMain. URL : http://www.region-frankfurt.de/media/custom/1169_1327_1.pdf (дата обращения: 18.11.2013).
8. Neuer Ballaststoff senkt Cholesterinspiegel. URL : <http://www.dow.com/deutschland/standort/stade/produkt/ballaststoff.htm> (дата обращения: 26.04.2013).
9. An innovative Network. Das innovative Netzwerk. URL : http://www.egeb.de/.../CCPB_Broschuere2011.pdf (дата обращения: 23.06.2013).
10. Абдыров Т. Ш. Зарубежный опыт формирования и развития региональных кластерных инициатив // Вестн. Уральск. ин-та экономики, управления и права. 2010. № 2. С. 53–58.

УДК 551.510.09

ПРОСТРАНСТВЕННАЯ ДИФФЕРЕНЦИАЦИЯ КЛИМАТО-РЕКРЕАЦИОННОГО ПОТЕНЦИАЛА ВОЛГОГРАДСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

Л. С. Волкова¹, А. Б. Рыхлов²

¹ Саратовский государственный технический университет

² Саратовский государственный университет

E-mail: astriks@yandex.ru

В статье изложены результаты покомпонентного и комплексного изучения климато-рекреационного потенциала Волгоградского водохранилища в пределах Саратовской области. Выявлены объективные зональные и аональные критерии и



связи между важнейшими рекреационными компонентами, а также микроклиматические и биоклиматические различия отдельных местоположений на акватории и побережьях, что составило научную основу для климато-рекреационного районирования зоны влияния Волгоградского водохранилища.

Ключевые слова: климато-рекреационный потенциал, Волгоградское водохранилище, комфортность климата.



Using the Volgograd Reservoir as Recreational Zone within the Saratov Region

L. S. Volkova, A. B. Ryhlov

The article deals with the study of the component-wise and comprehensively considered climatic and recreational potential of the Volgograd reservoir within the Saratov region. The author uses in its work the analyze of the objective zonal and azonic criteria and communication between major recreational components, as well as climatic and bioclimatic differences in some locations on the waters and shores, representing the scientific basis for climate-recreational zoning of the zone of influence of the Volgograd reservoir.

Key words: climate, the recreational potential of the Volgograd reservoir, comfort climate.

Саратовская область не является общепризнанной «здравницей» Российской Федерации и областью развитого туризма, однако ее природные ресурсы позволяют более полно раскрыть рекреационный потенциал территории, тем более что далеко не каждый житель России может позволить себе отдых за границей. Значительная роль в организации местных рекреационных зон принадлежит водохранилищам, особенно в районах с высокой концентрацией городского населения. На некоторых водохранилищах сформировались специфические территориальные рекреационные системы. Одна из таких систем развивается на берегах и островах Волгоградского водохранилища, образованного в начале 60-х годов прошлого века. Оно обеспечивает (в пределах Саратовской области) около 70% рекреационных услуг. Да и практика курортологии показывает, что отдых и лечение в условиях местного климата проходят более успешно, чем на других курортах, так как позволяют избежать сложного процесса акклиматизации [1,2].

Рекреационно-климатические ресурсы составляют часть рекреационных ресурсов, а климат выступает фактором первого порядка, определяющим рекреацию, поэтому оценка уровня и изменчивости важнейших биоклиматических показателей характеризует технологическую (возможность проведения системы рекреационных

мероприятий) и физиологическую (воздействие погодного режима на организм человека) пригодность территории для отдыха и туризма Волгоградского водохранилища в пределах Саратовской области. Почти все работы по оценке рекреационных ресурсов той или иной территории базируются на данных метеостанций, находящихся вблизи городов, отрицательное влияние которых на рекреацию бесспорно. Наши исследования рекреационного потенциала базировались не только на данных метеорологических станций, находящихся вблизи берегов водохранилища, но и на данных микроклиматических исследований, проведенных комплексной экспедицией Саратовского университета, как на акватории самого водохранилища, так и на прилегающих береговых полосах. Эти исследования проводились в 60–90-е гг. прошлого столетия и опубликованы в ряде работ [3–5].

Исследования биоклиматических показателей водохранилища выявили микроклиматические особенности последнего. Причем это связано в первую очередь с рельефом и характером подстилающей поверхности. Выявленная закономерность выражается в датах установления, окончания и продолжительности периодов с самыми высокими температурами. Наиболее значимое пространственное различие связано с установлением средних суточных температур выше 20°C, которые наступают на юге весной почти на полмесяца раньше, а осенью заканчиваются на полмесяца позже, чем на севере (табл. 1).

На севере региона период с температурой воздуха более 20°C составляет 50–60 дней, в центральной части – 60–70 дней, на юге 70–80 дней. Максимальные температуры воздуха на севере составляют 25–27°C, на юге – 29–30°C, амплитуда на возвышенных участках на 2–3°C меньше, чем в пониженных.

Оценка пространственно-временных теплоощущений человека показала, что установление комфорта на юге приурочено к началу, а на севере к концу первой декады мая (см. табл. 1). С повышением температур к середине лета почти повсеместно устанавливается жаркий субкомфорт. На

Таблица 1
Даты установления и продолжительность периодов со средними суточными температурами воздуха выше указанных значений

Станция	Весна				Осень				Продолжительность, дни			
	20°C	15°C	10°C	5°C	20°C	15°C	10°C	5°C	20	15	10	5
Привольская	23.06	18.05	28.04	15.04	13.08	9.09	27.09	16.10	50	113	151	183
Вольск	17.06	15.05	26.04	13.04	17.08	8.09	27.09	17.10	60	115	153	186
Ивановка	17.06	15.05	26.04	13.04	17.08	8.09	27.09	17.10	60	115	153	180
Маркс	12.06	13.05	26.04	12.04	22.08	12.09	29.09	18.10	70	121	155	180
Саратов ЮВ	10.06	11.05	24.04	11.04	25.08	13.09	3.10	21.10	73	124	161	192
Энгельс	11.06	12.05	23.04	12.04	23.08	13.09	2.10	21.10	72	123	161	191
Золотое	9.06	12.05	24.04	11.04	26.08	14.09	3.10	22.10	77	124	161	193



юге он начинается в конце мая, а на севере – со второй декады июня. Разница составляет уже 2 недели. Особое отличие связано с установлением периода теплового дискомфорта, имеющего выраженную зональность. Если на севере водохранилища его не отмечается, то в центральной части его продолжительность составляет от 9 (правобережье) до 17 дней (левобережье), а в южной части достигает 30 дней. При спаде температуры воздуха в конце лета наблюдается запаздывание окончания периодов комфортности с юга на север. Таким образом, главное различие в степени комфортности окружающей среды заключается в датах установления и продолжительности теплового дискомфорта (табл. 2). Степень комфортности определялась по нормально-эквивалентно-эффективной температуре (НЭЭТ) – мера теплового ощущения человека, находящегося в покое.

Определенные различия климато-рекреационного потенциала характерны и для самого водохранилища, они также проявляются наиболее контрастно в период формирования жаркой погоды. Анализ средних разностей температуры воздуха на различных участках акватории позволил установить, что они особенно ярко проявляются на коренном русле, как днем, так и ночью. При температурах днем меньших, чем температура поверхности воды (15–20°C), водоем оказывает охлаждающее влияние на приводный слой воздуха. Та же закономерность характерна и для относительной влажности (табл. 3).

Для проведения водных видов рекреации важную роль играет температурный режим воды.

По оценкам Н. В. Кобышевой, К. Ш. Хайруллина и других исследователей принятие водных процедур (купание) при температурах воды 14–16 °С можно считать как холодным или закалывающим, при 17–19 °С – прохладным, при 20–24 °С – оптимальным, а выше 25 °С – не оказывающим освежающего воздействия.

Даты наступления этих температур на рассматриваемом участке водохранилища подчинены широтной зависимости и закономерно отодвигаются на более поздние сроки при продвижении с юга на север. На севере температуры первой градации устанавливаются в среднем в начале июня, а на юге они наступают почти на 3 недели раньше. С общим увеличением прогрева акватории весной различия в датах установления температур воды 2-й и 3-й градаций постепенно уменьшаются, но все же достаточно значимы и составляют 10–12 дней.

Для периода охлаждения водоема характерным является тепловое выравнивание во всей массе воды, как на юге, так и на севере водохранилища, поэтому оптимальный период купания на севере заканчивается всего на неделю раньше, чем на юге, где эта дата приурочена к 1 сентября. Прохладный и закалывающий периоды купания заканчиваются практически на всех его участках одновременно: 16 и 24 сентября соответственно.

Расчеты биоклиматических показателей теплоощущений человека принято производить для 13 ч дня, когда отдыхающие наиболее часто находятся на открытом воздухе. Данные микроклиматических исследований на акватории водо-

Таблица 2

Средние даты начала (н), окончания (о) периодов различной комфортности (по НЭЭТ) и их продолжительность (п) летом

Станция	Комфорт			Жаркий субкомфорт			Тепловой дискомфорт		
	н	о	п	н	о	п	н	о	п
Привольская	8.V 25.VIII	10.VI 23.IX	62	11.VI	24.VIII	74	–	–	–
Саратов	5.V 28.VIII	4.VI 26.IX	59	5.VI 24.VII	13.VII 29.VIII	74	14.VII	23.VII	9
Энгельс	3.V 4.IX	1.VI 28.IX	53	2.VI 26.VII	7.VII 3.IX	74	8.VII	25.VII	17
Золотое	1.V 3.IX	27.V 30.IX	50	28.V 2.VIII	1.VII 5.IX	68	2.VII	1.VIII	30

Таблица 3

Средние разности температуры воздуха (Δt) относительной влажности воздуха (Δf) между берегом и участками водохранилища при различных фоновых температурах

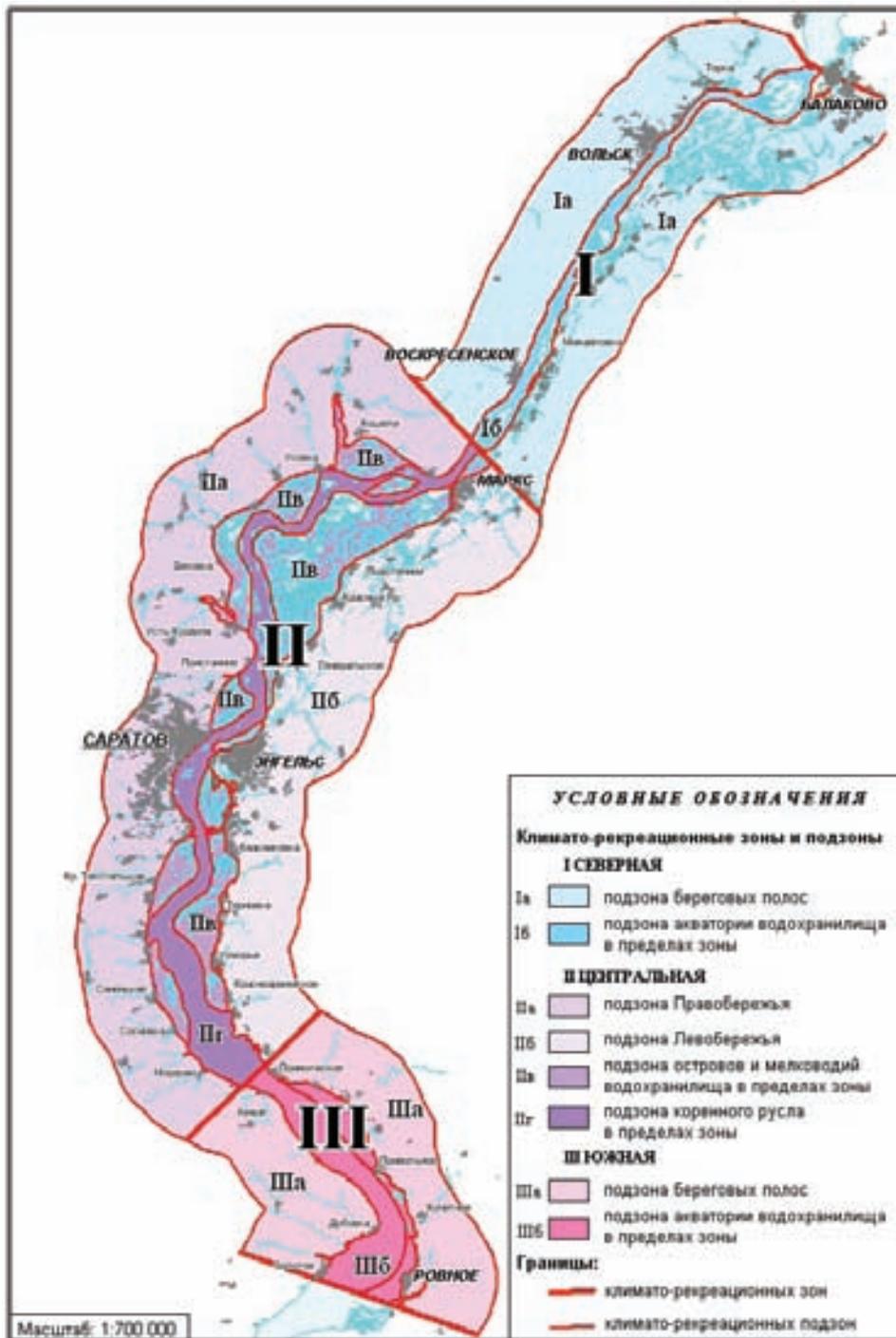
Время суток	Фоновая температура, °С	Коренное русло		Мелководье		Острова	
		Δt	Δf	Δt	Δf	Δt	Δf
День	<20	0,4	1	1,7	–2	0,7	–1
	20,0–24,9	–1,3	8	–0,6	–5	0,0	8
	25,0–29,9	–2,3	15	–1,3	9	–0,5	9
	≥ 30	–4,3	25	–2,6	12	–1,7	17
Ночь	<15	–0,5	4	–0,5	7	–0,1	8
	15,0–19,9	–0,6	5	–0,4	4	–0,0	11
	≥ 20	–2,6	10	–1,8	10	–1,9	15



хранилища позволяют оценить различия в датах наступления закаливающихся, прохладных и оптимальных температур воды. На мелководьях сдвиг дат наступления указанных температур на более ранние сроки составляет 8, 12 и 21 дней соответственно, т. е. оптимальный период отдыха здесь почти на 3 недели более продолжительный, чем на глубоководье (коренном русле). Учитывая, что наибольшая площадь мелководий расположена на Усово-Чардымском расширении водохранилища,

здесь создаются весьма комфортные и продолжительные условия для водных видов отдыха.

Выявленные объективные зональные и азональные критерии и связь между важнейшими рекреационными компонентами, а также микроклиматические и биоклиматические различия отдельных местоположений на акватории и побережьях составили научную основу для климато-рекреационного районирования зоны влияния Волгоградского водохранилища (рис. 1).



Карта-схема климато-рекреационных зон Волгоградского водохранилища и прилегающей территории



В верхней части Волгоградского водохранилища, от г. Маркса – п. Березняки до г. Балаково (северная климато-рекреационная зона I с подзонами), продолжительность периода со средними суточными температурами выше 20°C составляет 50–60 дней. Средние максимальные дневные температуры воздуха в июне – августе составляют 25–26°C, а это способствует тому, что здесь повышается повторяемость комфортных условий. Особых различий в температурном режиме на левом и правом берегах (подзона Ia) в связи с небольшими различиями в высотах над уровнем моря не отмечается. На самом водохранилище, которое представлено участком речного типа, температуры в приводном слое воздуха в это время будут на 1–1,5°C ниже, чем в береговых полосах, оставаясь все же в области теплового комфорта (подзона Ib).

В левобережье северной климато-рекреационной зоны рекреационно значимыми являются судоходные низовья р. Большой Иргиз вместе с заказником комплексного назначения «Алексеевские дачи». Район позволяет организовывать все виды летнего отдыха: купание на водохранилище или в реке, принятие солнечных (гелиотерапия) и воздушных (аэротерапия) ванн, водный и пешеходный туризм. Это прекрасное место для рыбалки. В район ведут хорошие дороги, к ст. Балаково подходят железнодорожные пути с востока (от ст. Ершов) и с запада (от ст. Привельская). Центром климато-рекреационного района следует считать с. Плеханы (остановочный пункт для речных судов).

В правобережье водохранилища зоны I привлекательны в рекреационном плане окрестности г. Вольска с его меловыми горами и девственными лесами, родниками с чистой водой. Район позволяет развивать все виды рекреации на воде, берегу, в лесу. Ниже по течению вдоль береговой полосы протянулись Змеевы горы вместе с заказником «Михайловский» – последними значительными участками леса на юго-востоке европейской части России. Состояние окружающей среды в районе удовлетворительное и позволяет развивать рекреационное строительство. Побережье водохранилища достаточно живописное, местность хорошо инсолируется, проветривается, дренируется, с типичными степными ландшафтами. Поверхностные воды имеют в основном слабую степень загрязнения. В районе найдены большие запасы подземных вод хорошего качества, но пока населением используется вода из скважин, которая из-за износа оборудования недостаточно очищена. В прибрежной зоне наблюдается множество рукавов, протоков, старичных озер, где расположены ведомственные базы отдыха (от г. Маркса до с. Подлесное) и многочисленные дачные поселки. Вдоль Волги проходит хорошая автотрасса. В основном же природный рекреационный потенциал можно оценить как достаточно высокий для организации всех видов отдыха.

По степени рекреационной нагрузки наибольшую значимость имеет Центральная климато-рекреационная зона (с подзонами IIa – IIг). Она активно используется большей частью населения областного центра и г. Энгельса, а также жителями сел прилегающих к ним Саратовского и Энгельского районов. Правобережье и левобережье водохранилища этой зоны (подзоны IIa и IIб) находятся в 1,5–2-часовой транспортной доступности от этих городов. По их территории проходят транспортные магистрали федерального (Саратов – Волгоград, Саратов – Энгельс – Самара) и областного значения (Саратов – Вольск, Энгельс – Ровное). Автодорожный мост, связывающий Саратов и Энгельс, и недавно введенный в эксплуатацию автодорожный мост в районе сел Пристанное – Шумейка, обеспечивают дополнительный приток отдыхающих в эту зону отдыха. На левом и правом берегах практически на всем их протяжении расположены дачные участки садоводческих товариществ и коттеджи.

Особое место во II зоне занимает подзона IIв – острова и мелководья Усово-Чардымского озеровидного расширения, где сосредоточено большое количество туристических и спортивных баз, домов отдыха и пансионатов, охотничьих угодий. Часть акватории в пределах коренного русла бывшей Волги с прекрасными естественными песчаными пляжами (подзона IIг) является местом принятия воздушных и солнечных ванн, занятий водно-моторным и парусным видами спорта, ловли рыбы. В течение всего теплого периода осуществляется регулярное сообщение пригородных теплоходов, доставляющих на приусадебные участки, в дома отдыха, на пляжи. В климато-рекреационном плане эта часть акватории наиболее комфортна в период теплового дискомфорта на побережьях.

Правобережье (подзоны IIa) в силу своей высокой ступенчатости и микроклиматических различий основных метеовеличин позволяет варьировать режим рекреации с учетом индивидуальных потребностей отдыхающих. Наличие древесной растительности и открытых полос песчаных пляжей на островах позволяет менять режимы гелио- и аэротерапии, подбирать наиболее приемлемые условия климатотерапии для людей с метеопатической зависимостью и ослабленным здоровьем. В правобережье этой зоны в рекреационном плане выделяются Усово-Чардымский район и Буркинские леса. Последние имеют хорошие подъездные пути до железнодорожной станции Буркин или разъезда Ивановский. Здесь останавливаются поезда, идущие со стороны Волгограда и Ростова-на-Дону. Район издавна славится у саратовцев и успешно используется как традиционное место отдыха в выходные дни. Возможен выезд на более длительное время с палатками. Лесные ручьи и родники обеспечивают отдыхающих питьевой водой.



В левобережье (подзона Пб) в пределах влияния водохранилища по сравнению с подзонами Па, Пв и Пг в период наибольших температур происходит увеличение периода с жарким дискомфортом.

В этой подзоне для рекреации наиболее привлекательны низовья р. Большой Караман. Этот залесенный район, примыкающий к водохранилищу, имеющий множество островов, проток, заливов, способен удовлетворить самые разнообразные запросы отдыхающих. Центр района, с. Усть-Караман, имеет хорошие подъездные пути от г. Маркс и со стороны г. Энгельса. Река Большой Караман может использоваться для байдарочных походов. В настоящее время здесь организован ряд баз отдыха и детских лагерей. Одним из замечательных мест этой подзоны является известное не только у нас, но и зарубежом место приземления первого в мире космонавта Ю. А. Гагарина у с. Квасниковка.

В южной части Волгоградского водохранилища, ниже с. Приволжское – с. Ахмат (южная климато-рекреационная зона III с подтипами), средние максимальные температуры как на правом, так и на левом берегу (подзона IIIa) оказываются выше 29°C, а продолжительность периода со средними суточными температурами выше 20°C более 70 дней. Оценки ЭЭТ и НЭЭТ показывают, что здесь складываются условия теплового дискомфорта летом, где его продолжительность составляет около месяца. Территория обладает высоким рекреационным потенциалом: красочные контрастные ландшафты Приволжской возвышенности, акватория водохранилища, ширина которого местами достигает 15–17 км, обилие многоплановых панорам, ультрафиолетовая достаточность, сочетание различных растительных ассоциаций, многочисленные памятники природы и истории и др.

Выровненное и низменное левобережье относительно слабо расчленено овражно-балочной сетью, глубина вреза которой невелика. Интенсивное переформирование берегов продолжается и поныне, о чем сообщалось выше. За годы существования водохранилища было переселено много населенных пунктов, чрезвычайная ситуация сложилась сейчас в селах Приволжское, Ново-Привольное, Кочетное. Создание водохранилища привело к потере большой площади плодородных земель и сенокосов. Потеря земель происходит не только из-за переработки берегов, но и за счет подъема уровня грунтовых вод и неправильно организованного орошения, что привело их к вторичному засолению. Вода из года в

год «съедает» не только плодородные почвы, но и участки, которые можно было бы использовать под рекреационные цели. Водоохранилище огни-мает и то, что уже построено. Особенно подтопляются п. Ровное, села Приволжское, Кочетное, Серебряный Бор.

На правом берегу созданы Садовский и Банновский заказники. В этом районе работают несколько баз отдыха, самая крупная – дом отдыха с лечением в с. Садовое, детские оздоровительные лагеря, расположено много дачных поселков. В селах Сосновка, Мордово, Ахмат, Дубовка, Золотое, Нижняя Банновка имеются пристани. Территорию можно рекомендовать для различных видов летнего и зимнего отдыха. Острова на акватории и лесные массивы в прибрежной зоне практически отсутствуют, но имеются наиболее благоприятные условия для водных видов спорта. Крайний юг зоны – традиционные места ловли рыбы и охоты на водоплавающую дичь.

Учет микроклиматических различий отдельных местоположений, как на акватории, так и на побережьях вдоль водохранилища, особенно ярко проявляющихся при установлении жарких погод, позволяет рекреанту скорректировать зону и период отдыха. Методика рекреационного районирования может быть применена к другим территориям.

Библиографический список

1. Бобров Г. П., Волков С. А., Волкова Л. С., Полянская Е. А., Рылов А. Б. Рекреационно-хозяйственная оценка зоны Волгоградского водохранилища // Климат, мониторинг окружающей среды, гидрометеорологические прогнозирование и обслуживание»: тез. докл. Всерос. науч. конф. Казань, 2000. С. 95–97.
2. Бобров Г. П., Волков С. А., Волкова Л. С., Полянская Е. А., Рылов А. Б. Особенности рекреации северной части Волгоградского водохранилища // География и регион: материалы междунар. науч.-практ. конф. Пермь, 2002. С. 101–103.
3. Волков С. А., Волкова Л. С., Рамазанова Р. Р. Некоторые особенности микроклимата Волгоградского водохранилища // Развитие научного наследия академика Н. И. Вавилова: тез. междунар. конф. Саратов, 1997. С. 38–40.
4. Бобров Г. П., Волков С. А., Волкова Л. С., Полянская Е. А., Рылов А. Б. Рекреационно-климатические ресурсы северной части Волгоградского водохранилища. Саратов, 2002. 88 с.
5. Волков С. А., Волкова Л. С., Полянская Е. А., Рылов А. Б. Рекреационные ресурсы северной части Волгоградского водохранилища // Изв. РГО, 2002. Т. 134, вып. 5. С. 66–73.



УДК [502.36631.416.8] (470.44–25)

ОЦЕНКА ЗАПЫЛЕННОСТИ ВОЗДУШНОГО БАСЕЙНА ГОРОДА САРАТОВА ПО ДАННЫМ ПРЯМЫХ И КОСВЕННЫХ МЕТОДОВ НАБЛЮДЕНИЙ

В. З. Макаров, О. В. Суровцева, А. Н. Чумаченко

Саратовский государственный университет
E-mail: makarovvz@rambler.ru

В статье рассмотрены причины и факторы сильной запыленности воздушного бассейна г. Саратова. Оценена пылевая составляющая загрязнения городской атмосферы. Выполнен анализ содержания пылевой фракции городского воздуха по типам урбондшафтных участков. Определены объемы пылевых выпадений из атмосферы на разные участки города по данным снегогеохимических наблюдений, прямых замеров запыленности воздуха на пунктах непрерывного контроля состояния атмосферы и анализа пылевых выпадений на листву деревьев и тканые материалы.

Ключевые слова: пыль в городской атмосфере, урбондшафтное районирование, величины и ареалы пылевой нагрузки в Саратове, природоохранные мероприятия по пылезащите.

Saratov Air Basin Dusty Rating According to the Direct and Indirect Methods of Research

V. Z. Makarov, O. V. Surovtseva, A. N. Chumachenko

The article discusses the causes and factors of Saratov air basin dusty. Dust pollution component of urban atmosphere was estimated. The analysis of the content of the dust fraction of urban air urbolandscape localities and types of urbolandscape sites was made based on snow-chemical observations, direct measurements of particulate air pollution on points of continuous monitoring of atmospheric conditions, analysis of dust deposition on the trees and woven materials

Key words: dust in the urban atmosphere, urbolandscape zoning, size and areas of dust load in Saratov, dust protection nature conservation measures.

Цель предлагаемого сообщения – обратить внимание на атмосферную пыль в Саратове как наиболее опасный компонент среди загрязнителей воздушного бассейна города, оценить региональные и локальные факторы запыленности воздушного бассейна Саратова в разные сезоны года, охарактеризовать общую и локальную запыленность городской атмосферы по отдельным урбондшафтным местностям и типам урбондшафтных участков.

Задачи работы:

– анализ данных о пылевой нагрузке на пунктах постоянного наблюдения загрязнения атмосферы и об источниках выбросов пыли за разные годы;

– анализ и сравнение материалов о запыленности воздушного бассейна Саратова, полученных авторами при проведении снегогеохимических съёмок в последнем десятилетии прошлого века и в начале текущего столетия, а также оценка



«пылевого потенциала» городской территории по данным прямых отборов городского воздуха аспираторами и пыленакопления на листве деревьев и тканых материалах.

Определение понятия «пыль» в городской атмосфере, её источники и воздействие на организм человека

Пыль – это взвешенные частицы минерального, органического или смешанного происхождения размером от 0,1 до 100 микрон (одна тысячная часть миллиметра), некоторое время «плавающие» в воздухе на разной высоте [1]. Более мелкие частицы считаются дымом.

По своему генезису пыль делится на земную и космическую, естественную и искусственную, минеральную и органическую, растительную и животную, производственную, коммунально-бытовую и др. Пыль, соединяясь с водяным паром, различными техногенными газами, создает сложную аэродисперсную систему в городском воздухе, называемую смогом, дымкой, туманом, мглой. Основными источниками пыли являются процессы выветривания горных пород с последующим ветровым переносом мелких частиц минерального субстрата и почвы с распаханых полей, карьеров, насыпей. Собственно антропогенные аэрозоли составляют от 10 до 50 % содержания всех взвесей в атмосфере [2, с. 36]. Техногенная пыль образуется при работе транспорта и промышленных предприятий, сгорании топлива на ТЭС, обжиге цемента, лесных пожарах в бытовых печах и т. п. По химическому составу пыль состоит из различных минералов: силикатов, карбонатов, гипса, асбеста [3]. Это, как правило, природная составляющая пыли. Оксиды металлов – железа, марганца, кадмия, свинца, ванадия, мышьяка, молибдена сурьмы, селена и других тяжелых металлов, а также сажи – чаще являются техногенной составляющей пылевых фракций. Оксиды металлов образуют до 20% пылевых выбросов в атмосфере промышленного города [4, с. 17]. Они образуются при процессах, связанных со сжиганием топлива, содержащего металлы (главным образом уголь и нефть), металлообработке, работе транспорта.

Запыленный воздух уменьшает солнечную радиацию на 15% и на 10% увеличивает осадки в городе [4, с. 10]. Пыльная (твёрдая) фракция в общем объеме воздушного загрязнения городов



составляет примерно 10–11% [5, с. 8]. К сожалению, внимание к пылевой проблеме неоправданно снижено. Основные усилия обращены на контроль газовых выбросов. Анализ ежегодных «Докладов о состоянии окружающей природной среды в Саратовской области», подготавливаемых областным профильным комитетом, подтверждает сказанное [6–13]. В них, к примеру, в последние годы не даётся информация о запылённости воздуха на постах постоянного контроля. На недавно организованных городским муниципалитетом новых постах контроля пылевые выбросы не фиксируются. Между тем пыль по своей биотоксикологичности относится к третьему классу опасности. Пыль оказывает резорбтивное (всасывание в кровь и постепенное накопление в организме загрязняющих веществ) воздействие на организм, провоцирует развитие общетоксикологических, мутагенных, канцерогенных и других эффектов [14]. Наиболее опасны пылевые частички величиной в несколько микрон и даже десятых долей микрона. Всемирная организация здравоохранения мельчайшую пыль (менее 50 микрон) обозначает индексом PM10. В этом случае пыль, подобно газу, проникает глубоко в легкие и вызывает различные заболевания: рак лёгких, сердечно-сосудистые заболевания, астму и др. Имеются факты о ведущей роли мелкой пыли в ускоренном старении организма и снижении иммунитета [15, 16]. Очень токсична пыль соединений свинца, цинка, меди, кадмия. Она становится особенно опасной, когда на её частицах адсорбируются токсические и радиоактивные вещества, патогенные микроорганизмы и вирусы. В органах дыхания задерживается от 40 до 80% пыли в зависимости от степени дисперсности. Чаще всего пыль, проникающая в лёгочные альвеолы, имеет размер от 0,1 до 10 микрон. Пыль раздражает кожу, органы зрения и слуха. Длительное дыхание в запыленном воздухе может привести к учащению заболеваний (в частности, органов дыхания), особенно у детей и подростков [1].

Отметим, что в отличие от выхлопных газов автотранспорта пыль висит в воздухе на небольшой высоте, то и дело оседает на почву и вновь поднимается ветром, поэтому это вредный фактор «многократного» действия. Из сказанного очевидно актуальность обсуждаемой в статье темы.

Проблемой общего загрязнения атмосферы городов в нашей стране занимались многие исследователи [17–20 и др.]. Из зарубежных авторов, изучавших процессы атмосферной диффузии, следует отметить О. Г. Сеттона [21]. Вопросы загрязнения воздуха рассматривались также в работах К. Уорка и С. Уорнера [22], Т. Сейнфельда (Seinfeld) и С. Пендиса (Pandis) [23], многих других авторов [24, 25]. В Саратове факторы загрязнения городского воздуха, условия возникновения неблагоприятных метеорологических обстановок изучали метеорологи и климатологи Саратовского государственного университета

[26, 27]. Проблема пылевого загрязнения воздуха в Саратове обсуждалась в статье И. Ю. Фролова, написанной по материалам снегомерной съёмки 1997 г. [28], однако полученные данные не были соотнесены с результатами пыленакопления лиственной деревьев, тканями материалами и при непосредственном отборе воздуха на содержание пыли приборами-аспираторами. Минералогический состав пыли в воздушном бассейне Саратова рассмотрен З. А. Яночкиной и Т. Ф. Букиной [29].

Использованные источники и методы исследований

При написании статьи авторы использовали разнообразный материал за ряд лет:

- опубликованные данные о состоянии воздушного бассейна на городских пунктах постоянного наблюдения (ПЗА) [6–13, 26, 27];
- научные отчёты и публикации о снегогеохимических съёмках за разные годы и десятилетия [30, 31];
- отчёты о загрязнённости городского воздуха, предоставленные сотрудниками мобильной экологической лаборатории СГУ (зав. лабораторией Н. А. Гусев);
- наблюдения разных лет за пыленакоплением на листве деревьев, тканых материалах [32];
- опубликованные сведения о метеорологической обстановке и опасных метеоявлениях в городе в разные сезоны года [6–13, 26, 31];
- данные об интенсивности транспортного потока на улицах Саратова за разные годы, полученные в лаборатории урбоэкологии и регионального анализа географического факультета СГУ [33], другие опубликованные и фондовые материалы

Оценка пылевой нагрузки по данным прямых наблюдений на стационарных и передвижных постах

Прежде рассмотрим уровень запыленности города на основании данных, полученных на постах постоянного круглогодичного наблюдения за загрязнением воздуха. В Саратове до недавнего времени было 6 постоянных постов наблюдения за загрязнением воздуха (ПНЗ). Конечно, это чрезвычайно мало для города со сложным, разновысотным и пересечённым рельефом, к тому же имеющим разнообразную функционально перемешанную, «чересполосную» застройку разной плотности, с разным сосредоточением промышленных предприятий и транспортных магистралей. С 2010 г. было организовано еще 4 поста. Это муниципальные ПНЗ-9, ПНЗ-10, ПНЗ-11 и ПНЗ-12. Новые посты расположены в районе Детского парка, 3-й городской клинической больницы, в крупном спальном микрорайоне «Солнечный» и



близ аэропорта. К сожалению, пылевую фракцию на указанных постах не фиксируют.

Охарактеризуем посты, где определяется пылевая нагрузка. Два первых поста расположены в южной промышленной части города в Заводском районе.

ПНЗ-1 размещён вблизи оживленной автомагистрали – Проспекта Энтузиастов, у края заброшенного испытательного аэродрома прекратившего существование авиационного завода. Данный пост – это бывшая метеостанция «Южная». Недалеко через дорогу находится промплощадка крупного действующего предприятия – подшипникового завода, а также довольно старой ТЭЦ – 1. Абсолютная высота площадки поста составляет 81 м. Она расположена на пролювиальном шлейфе в Центральной субкотловине Приволжской котловины и фиксирует транспортные и отчасти промышленные выбросы предприятий машиностроения и теплоэнергетики. На площадку возможен привнос пыли с оголенных склонов Лысогорского плато и навалов песка с речного порта в посёлке Юриш.

ПНЗ-2 также расположен в Заводском районе, можно сказать, в ядре промзоны – близ ТЭЦ-2 и нефтеперерабатывающего завода, а также неподалеку от химпредприятия ОАО «Нитрон». Абсолютная высота площадки поста равна 97 м. Она расположена также на пролювиальном шлейфе, но уже в Южной субкотловине Приволжской котловины. Пост фиксирует влияние выбросов крупных предприятий химии, нефтепереработки, теплоэнергетики в условиях котловинного рельефа и плохой проветриваемости.

ПНЗ-5 находится в Волжском районе на пересечении улиц Октябрьской и Московской с оживленным движением автотранспорта. Неподалёку расположены промплощадки ПО «Саратов – мебель» и фурнитурного завода. Абсолютная высота поста равна 50 м. Пост расположен на наклонной в сторону Волги и Глебучева оврага поверхности пролювиального шлейфа Северной субкотловины Приволжской котловины. Он отражает антропогенную ситуацию в плотной жилой застройке в исторической части города, создаваемую под воздействием автотранспорта в условиях плохой проветриваемости.

ПНЗ-6 и ПНЗ-7 размещены в Ленинском районе в северной части города. ПНЗ – 6 создан близ крупного стекольного производства – завода «Техстекло», на плоском водоразделе, между бассейнами малых рек Елшанка и 1-я Гусёлка. Его абсолютная высота 151 м. На посту фиксируют воздушное загрязнение в зоне выбросов крупного предприятия со сложной технологией, использующей как минеральное сырьё (кварцевый песок, соду, известняк, доломит), так и различные добавки, включая свинец. В данной зоне расположены жилая многоэтажная застройка, объекты соцназначения.

ПНЗ-7 оборудован на проспекте 50-летия Октября, в районе ОАО «Жиркомбинат». Его

абсолютная высота равна 132 м. Он расположен на вогнутой нижней части склона Лысогорского плато, переходящего в склон долины 1-й Гусёлки среди жилой среднеэтажной застройки. Пост фиксирует выбросы транспорта на оживленной автомагистрали, предприятий пищевой промышленности и точного машиностроения, а также воздействие железной дороги.

ПНЗ-8 находится в Кировском районе, в конце бульвара на ул. Астраханской и её пересечении с ул. Большой Горной, недалеко от Центрального колхозного рынка. Здесь находится одна из самых оживленных транспортных развязок в исторической части Саратова. Недалеко расположены предприятия «Саратоврезинотехника», «Лакокраска», мебельная фабрика. Абсолютная высота территории 68 м. Это поверхность пролювиального шлейфа Северной субкотловины – плотно застроенная, плохо проветриваемая, санитарно запущенная.

Наблюдения за загрязнением воздуха на постах проводятся по неполной программе в 07, 13, 19 часов местного времени за основными примесями: пылью, формальдегидом, сернистым газом, окисью углерода и двуокисью азота. Как видим, не фиксируется ночная ситуация. Правда, на всех постах отбираются пробы на специфические вредные примеси: на ПНЗ-1 фиксируется оксид азота, сероводород, хлорид водорода; на ПНЗ-2 – сероводород, аммиак, фенол, хлор; на ПНЗ-5 – фенол, хлор; на ПНЗ-6 – фенол, фторид водорода; на ПНЗ-7 – аммиак, хлор, хлорид водорода; на ПНЗ-8 – сероводород, фенол, фторид водорода, хлор, хлорид водорода [6–13].

Пылевая нагрузка на территорию Саратова по данным ПНЗ и замерам с передвижных лабораторий

Согласно опубликованным материалам о концентрации пыли в воздушном бассейне Саратова с 1986 по 2012 г. [6–13] среднегодовое содержание пыли в воздухе города *не превышает* допустимые среднесуточные показатели (ПДКсс составляет 0.15 мг/м³). Исключением стали лишь 1986, 2001 и 2002 гг. (табл. 1). Более того, концентрация пыли в атмосфере Саратова по месяцам года также не превышает ПДКсс. Самые пыльные месяцы – апрель, май, август, в октябре концентрация пыли в основном соответствует среднесуточным значениям ПДК (табл. 2).

По материалам отчётов о запылённости городского воздуха, полученным на ПНЗ за 2004–2007 гг. [6–13]. Наиболее пыльными в 2004 г. оказались участки вокруг ПНЗ-6 (район завода «Техстекло» в Ленинском районе) и ПНЗ-1 (площадка вокруг бывшего авиазавода и завода подшипников). Максимальная разовая концентрация в 2,4 ПДК была зафиксирована в июле в районе расположения ПНЗ-1 в условиях облачной, жаркой, маловетреной погоды.



Таблица 1

Среднегодовое содержание пыли в атмосфере по данным ПНЗ в г. Саратове за 1986–1996 гг. [26, с. 6–13]

Год	Пыль, мг/м ³	Год	Пыль, мг/м ³	Год	Пыль, мг/м ³
1986	0.25	1996	0.04	2005	0.07
1987	0.09	1997	0.05	2006	0.06
1988	0.13	1998	0.07	2007	0.09
1989	0.11	1999	0.06	2008	0.08
1990	0.09	2000	0.10	2009	0.09
1991	0.13	2001	0.21	2010	0.08
1992	0.08	2002	0.27	2011	0.08
1993	0.05	2003	0.13	2012	0.06
1994	0.05	2004	0.13	ПДКсс	0.15

Таблица 2

Концентрации пыли в атмосфере Саратова по месяцам года [26, с. 12]

Пыль	Месяц												ПДКс.с
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	0.15
	0.08	0.11	0.11	0.08	0.06	0.09	0.10	0.15	0.14	0.13	0.06	0.08	–

В 2005 г. значения среднемесячных концентраций пыли на ПНЗ-6 колебались от 0,5 до 1,7 ПДК. Однако максимально разовая концентрация в 2 ПДК была зафиксирована в апреле в районе ПНЗ-1 (Заводской район) при облачной, с низкой влажностью погоде и северо-западном ветре со стороны автомагистрали.

В 2006 г. наиболее запыленным был атмосферный воздух в зоне нахождения ПНЗ-1. Значения среднемесячных концентраций здесь колебались от 0,6 до 1,3 ПДК.

В 2007 г. среднемесячные концентрации пыли в тёплый период года в целом по городу составили от 0,6 до 1,1 ПДК. Наиболее запыленным был атмосферный воздух в зоне нахождения ПНЗ-1. Значения среднемесячных концентраций здесь колебались от 0,8 до 1,8 ПДК. Максимальная разовая концентрация в 2 ПДК была зафиксирована в мае в районе ПНЗ-2 (Заводской район) при ясной, с низкой влажностью погоде и слабым ветре со стороны автомагистрали.

Таковы официальные данные по взвешенным веществам в атмосфере, приводимые в «Докладах...» природоохранного комитета. Как видим, они вполне приемлемы в отношении пылевой нагрузки на город. Согласно указанным показателям среднесуточные ПДК пылевой нагрузки (именно они учитываются при оценке риска для здоровья горожан [32]) не вызывают беспокойства. Настораживает лишь ситуация в районе завода «Техстекло» и на проспекте Энтузиастов, близ бывшего авиазавода. Но, как известно, это две промышленные зоны с сосредоточением предприятий и активным движением автотранспорта. Между тем саратовцы хорошо знают: в летний период, в сентябре воздух в Саратове мутный от газа и пыли. Это особенно характерно для

городской котловины и участков, прилегающих к автомагистралям. Однако сильно запыленные участки в плотно застроенной исторической части города, территории, прилегающие к заводам стройматериалов в Заводском и Ленинском районах, в отчётах об экологической ситуации в Саратове не упомянуты. Между тем работы по анализу загрязнённости воздуха с помощью мобильной экологической лаборатории СГУ летом 2013 г. показали значительное превышение ПДК максимальной разовой по пыли практически на всей территории города, как в жилых кварталах, так и в промзонах, на автомагистралях, даже в зелёной зоне (табл. 3). Сотрудниками лаборатории было взято 26 проб на загрязнённость городского воздуха в разных типах застройки. Анализ воздуха на твёрдые аэрозоли в 23 случаях обнаружил выше максимально разовых ПДК от 3 до 20 раз, что значительно выше полученных 20 лет назад показателей запылённости на оживлённых улицах города (табл. 4).

Приведём данные по твёрдым взвешенным веществам в разных урболандшафтных районах и типах урболандшафтных участков, полученные в конце июня 2013 г.

Согласно полученным результатам, в Саратове почти во всех местах отбора проб воздуха на содержание пыли обнаружено превышение её концентрации относительно ПДК_{мр} более чем в 2 раза. Интересно, что наибольшая концентрация взвешенных веществ выявлена в понижениях рельефа с очень плотным транспортным потоком: при слиянии ул. Шехурдина с просп. Строителей в Ленинском районе, в зоне транспортного коридора, включающего железную дорогу у разъезда Трофимовский и напряжённую автомагистраль Московское шоссе в Ленинском районе, пере-



Таблица 3

Концентрации пыли в атмосферном воздухе Саратова в разных урбандолинах районах и типах урбандолинах участков (по данным мобильной экологической лаборатории СГУ, июнь 2013 г.)

Тип урбандолина участка, характер рельефа	Взвешенные вещества, мг/м ³	Превышение ПДК _{мр}	Местоположение площадки воздухоотбора	Взвешенные вещества, мг/м ³	Превышение ПДК _{мр}
Южная субкотловина Приволжской котловины. Заводской район					
Слабопологий склон к р. Назаровке. Среднеэтажная жилая застройка в СЗЗ з-да «Саратоворгсинтез» ул. Волгодонская, 2 (ПНЗ-2)	4,6	9,2	Пологий склон. Жилая низкоэтажная застройка. Пересечение ул. Тульской и Фруктового проезда	4,0	8,0
Пологий склон к Волге. Промзона Увекской нефтебазы и малоэтажная жилая застройка	4,6	9,2	Склон к долине Березиной речки у нефтеперерабатывающего завода. СЗЗ НПЗ, сады и автомагистраль	4,2	8,4
Центральная субкотловина Приволжской котловины. Заводской район					
Слабонаклонная к Волге поверхность. СЗЗ промпредприятий. Оживленная автомагистраль. Проспект Энтузиастов, 61 (ПНЗ-1)	3,1	6,2	Слабонаклонная терраса Волги. Промзона, ж/д, автомагистраль. Ул. Чернышевского у супермаркета «Реал»	2,4	4,8
Плоская поверхность со среднеэтажной жилой застройкой, промзоной, оживленными автомагистралями и ж/д. Пересечение проспекта Энтузиастов и ул. Барнаульской	2,3	4,6	Плоская слабонаклонная к Волге поверхность с промзоной, ж/д и оживленной автомагистралью. Мост у ТЭЦ-2 в Заводском районе	3,0	6,0
Северная субкотловина Приволжской котловины. Октябрьский, Фрунзенский, Волжский, Кировский районы					
Плоская поверхность со среднеэтажной и многоэтажной жилой застройкой, Детским парком, промплощадками и оживленными автомагистралями. Ул. Астраханская на пересечении с ул. Рабочей	1,9	3,8	Пологий склон Лысогорского массива. Многоэтажная жилая застройка. Оживленная автомагистраль. Район 1-й Дачной	3,2	6,4
Плоская поверхность с разноэтажной, в основном среднеэтажной, плотной жилой застройкой. Магазины, рынок, бульвар, оживленное транспортное кольцо. Ул. Астраханская, 150 (ПНЗ-8)	2,9	5,8	Покатая поверхность Соколовогорского массива, к левому (северному) борту Глебушева оврага. Средне- и многоэтажная жилая застройка. Оживленная автомагистраль. Пересечение ул. Навашина с ул. Танкистов	10,1	20,2
Елшанская равнина. Ленинский район					
Высокая терраса р. Елшанка под мало и среднеэтажной не плотной застройкой. Оживленная вылетная автомагистраль. Перекресток ул. Елшанской и Московского шоссе	1,9	3,8	Слабонаклонная поверхность со средне- и многоэтажной жилой застройкой, транспортным коридором и промзоной. Московское шоссе у Трофимовского моста через ж/д	9,7	19,4
Пологий склон к долине р. Елшанка Малоэтажная и дачная застройка. Пересечение ул. Маяковского и проспекта Дачный	1,1	2,2	–	–	–
Гусельская равнина. Ленинский район, Волжский район					
Слабонаклонная поверхность со средне- и многоэтажной застройкой, общественным центром, магазинами, базаром, промзоной и оживленным автотранспортным кольцом и ж/д в районе 3-й Дачной	3,4	6,8	Плоская поверхность со средне- и многоэтажной застройкой, промзоной, высокой насыпью железной дороги и очень оживленными автомагистралями и транспортное кольцо у НИИ на примыкании ул. Шехурдина к просп. Строителей	9,7	19,4



Окончание табл. 3

Тип урболодшафтного участка, характер рельефа	Взвешенные вещества, мг/м ³	Превышение ПДК _{мр}	Местоположение площадки воздухоотбора	Взвешенные вещества, мг/м ³	Превышение ПДК _{мр}
Гусельская равнина. Ленинский район, Волжский район					
Плоская поверхность с понижением к долине 2-й Гусёлки. Многоэтажная жилая неплотная застройка с промзоной, гаражным массивом и очень оживлённой автомагистралью. Пересечение ул. Тархова и пр. Строителей (кольцо троллейбуса № 10)	3,6	7,2	Развилка на новой дороге в пос. Молочка	3,9	7,8
Плоский водораздел между рр. Елшанкой и 2-й Гусёлкой со средне- и многоэтажной застройкой и промзоной. Ул. Ломоносова, 1, у завода «Техстекло» (ПНЗ-6)	2,8	5,6	Пологий и слабопокатый склон со среднеэтажной застройкой, бульваром, промзоной, оживлённой автомагистралью и ж/д. Проспект 50 лет Октября, 87 (ПНЗ-7)	3,0	6,0
Пологий склон к долине 2-й Гусёлки с многоэтажной жилой неплотной застройкой, оживлённой автомагистралью. Пересечение ул. Тархова и ул. Чехова в пос. Солнечный. Пересечение ул. Тархова и ул. Чехова	3,7	7,4	–	–	–

Таблица 4

Концентрация пыли на основных магистралях г. Саратова по данным инструментальных замеров в 1993–1994 гг. [34, с. 53]

Автомагистраль	Пыль, мг/м ³	Превышение ПДК _{мр}
Проспект Энтузиастов	0,84	1,68
Ул. Чернышевского	2,6	5,2
Ул. Соколова	0,92	1,85
Ул Астраханская	0,9	1,8
Ул. Чапаева	1,17	2,34
Ул. Большая Горная	1,12	2,24
Проспект Строителей	1,6	2,12

сечение двух переполненных автотранспортом улиц Навашина и Танкистов на покатом склоне Соколовогорского массива. Это свидетельствует о большой роли автотранспорта в создании аэрозольной взвеси из выхлопных газов, асфальтовой пыли и резиновых частиц при истирании дорожного полотна автошинами. Плотность транспортного потока, согласно натурным замерам на указанных улицах Саратова, в среднем в час пик достигает 3000 автомобилей в час. Ежегодное нарастание транспортной загруженности улиц Саратова всё более увеличивает загазованность и запылённость приземного слоя воздуха вдоль автомагистралей.

Инструментальные замеры количества пыли в воздухе на улицах Саратова в первой половине 1990-х гг. также свидетельствуют о превышении максимальных разовых значений ПДК (см. табл. 4), хотя и в меньшей кратности, чем в настоящее время.

Следует отметить, что объём выбросов в Саратове от стационарных источников и от авто-

транспорта в последние годы растёт [12–14]. Поэтому контроль пылевой нагрузки на воздушный бассейн города должен усиливаться, приобретать более целенаправленный и обеспеченный разнообразными данными характер. Что следует делать для решения данной проблемы? Прежде всего, необходимо, на наш взгляд, создать более плотную сеть мониторинга запылённости приземного воздуха Саратова. Площадки наблюдений следует организовывать, в первую очередь, в жилых зонах с разным типом застройки, во дворах дошкольных, учебных и медицинских учреждений. Основой для их планирования должны стать данные о плотности пылевых выпадений, полученных при снегогеохимических съёмках территории Саратова в разные годы, и материалы о выпадении аэрозолей на листву и тканые материалы.

Обратимся к результатам снегогеохимических съёмок территории Саратова, данным по пыленакоплению на тканевые (марлевые) материалы и сравним их с результатами, полученными на городских ПНЗ.



Оценка пылевой нагрузки на воздушный бассейн г. Саратова по данным снегогеохимических съёмок и результатам наблюдения по осаждению пыли на тканые материалы и листву деревьев

Кроме методов непосредственного анализа химического состава атмосферного воздуха, существуют так называемые косвенные, «планшетные», методы изучения воздушного загрязнения. Планшетные методы позволяют фиксировать воздушные выпадения в деponирующей среде – снеге, почве, иле, мхе, на бумажном или тканом материале. Один из наиболее исследуемых планшетов-накопителей в России – снеговой покров [35]. В Саратове начиная с первой половины 90-х гг. прошлого века были проведены 4 снегохимических съёмки: в 1992, 1994, 1997 и 1999 гг. Наиболее масштабные работы, как по площади исследованной территории, так и по количеству отобранных для химического анализа снежных проб, были выполнены в 1994 г. и 1997 г. [36, 37].

Снегогеохимические съёмки в городе проводились с разной степенью покрытия точками отбора. Например, в 1994 г. работы велись с плотностью снегоотбора одна точка на 800 м². Позднее мониторинговые наблюдения за состоянием снегового покрова выполнялись по более разреженной сети, уплотняясь на так называемых полигонах мониторинга [36]. Как известно, снег, являясь своеобразным природным планшетом-накопителем выпадений из атмосферы, аккумулирует загрязнители в течение зимнего периода. Поэтому оседающие на снегу твёрдые частицы остаются на фильтре при фильтрации снеговой воды в виде нерастворимого осадка. Осадок взвешивается, определяются его химический состав, масса и скорость выпадения на единицу площади и в единицу времени. Накопление соединений тяжёлых металлов и частиц минеральной пыли в снеговом покрове за зимний период (примерно 120 дней) составляет около 10–30% от годовой суммы. При этом снег аккумулирует как вымываемые осадки, так и седиментационно осаждаемые пылевые выбросы, причём нередко принесённые ветром с других территорий [38]. Поэтому анализ массы и химического содержания твёрдой фракции в снеговой воде обнаружил, как и ожидалось, наличие двух типов пыли, различающихся по своему происхождению и химическому составу. Первый тип преобладал по весу и представлял собой мелкие частицы минеральных веществ – главным образом кварцевые, монтмориллонитовые, гипсовые пылинки. Характерно, что снег оказался более загрязнен минеральной пылью на урболандшафтных участках, прилегающих к окраинам города. Частые оттепели в холодный период приводят к возникновению проталин и рассеиванию сильными ветрами верхнего пахотного слоя с выпуклых поверхностей и переносу его на обширные прилегающие территории, еще

покрытые снегом. При последующих снегопадах происходит захоронение выпавшей минеральной пыли и образование прослоев снега, состоящего из загрязнённых и чистых слоёв. Поэтому на северных, северо-западных городских окраинах в Ленинском районе в пределах Елшано-Гусельской равнины, южнее и юго-западнее в Южной субкотловине выпадение пыли достигает 350–460 г/м². Повышенная загрязнённость снега наблюдается и в местах, прилегающих к уступам Лысогорского плато и Соколовой горе. Ветровой перенос песчаного материала с Соколовой горы, например, в районе Затона образует пылевой осадок более 200 г/м² [28]. Указанные факты свидетельствуют о ведущей роли ветра в перемещении огромных масс тонкого минерального субстрата с пашни и обнажений горных пород в атмосферу в пределы городской территории. Не следует забывать и о непокрытой снегом и незадернованной поверхности газонов, бульваров, садов, жилых дворов, промышленных площадок и т. д., где также происходит выдувание мелкодисперсного и его перемещение вдоль улиц на другие городские участки в дни с сильным ветром. Подчеркнем, что речь идёт о перевевании частиц почвы с места на место. Что касается собственно техногенного пылевого загрязнения городской территории, то оно по своим масштабам уступает загрязнению ветровым переносом. Согласно данным снегомерных съёмок 1994 г. и 1997 г., наиболее значительными по плотности выпадения твёрдых аэрозолей и площади загрязнения оказались четыре геохимические аномалии, приуроченные к промзонам: район ВСО – завод «Техстекло» – завод СЭПО в Ленинском районе на Елшано-Гусельской равнине в СЗЗ промпредприятий и зоне транспортного коридора. Площадь аномалии около 8 км². Плотность пылевого выпадения 55–134 г/м² за 120 суток существования снегового покрова до дня отбора снеговой пробы или 0.45–1.12 г/м²·сутки; район СарГРЭС вдоль Волги в Северной субкотловине в Волжском районе. Площадь аномалии более 6 км², плотность выпадения 86 г/м²/ за 120 сут. или 0.71 г/м²·сут; район железнодорожного депо и асфальтобетонного завода в Центральной субкотловине в Заводском районе. Площадь геохимической аномалии более 1 км², а плотность выпадений достигает 77 г/м² за 120 сут или 0.64 г/м²·сут; участки вокруг заводов «Автономных источников тока» и бывшего авиационного завода. Общая площадь аэрозольного загрязнения чуть более 1 км² при плотности пылевых выпадений до 30–37 г/м² за 120 сут или 0.25–0.30 г/м²·сут.

Аэрозольное техногенное загрязнение снега также выявилось на склонах Лысогорского плато в районе пос. Нижняя Стрелковка, у подшипникового завода, во всей исторической части города, близ ПО «Тантал», завода «Электроисточник», в районе Елшанского промузла стройиндустрии, у НПЗ «Крекинг», ПО «Нитрон» и т. д. Снег был загрязнён свинцом, кадмием, медью, кобальтом,



никелем, хромом, сурьмой, марганцем, ванадием, некоторыми другими тяжёлыми металлами [36, 37].

Кроме результатов по оценке пылеосаждения на снегу, рассмотрим данные о пылевой нагрузке в тёплый сезон года на марлевую поверхность пло-

щадью в 1 м^2 и листву деревьев. Методика оценки пылевой нагрузки на тканые материалы и листву рассмотрена в работах воронежских и саратовских градоэкологов [32, 39]. Она была использована для оценки пылеосаждения на разных городских площадках в летний период (табл. 5).

Таблица 5

Пылевая нагрузка в разные деponирующие среды в различных типах городской застройки Саратова (по данным лаборатории урбоэкологии и регионального анализа географического факультета СГУ)

Тип городской застройки	Среднее количество пыли, осевшей на 1 м^2 тканого материала г/сут и $\text{км}^2/\text{год}$ (по данным полевых наблюдений в июле 2013 г.)	Среднее количество пыли, осевшей на 1 м^2 листовой поверхности вяза шершавого г/сут. и $\text{км}^2/\text{год}$ (по данным полевых наблюдений летом 2010–2011 гг. [40])	Среднее количество пыли, осевшей в снеговой покров на 1 км^2 (нерастворимая форма) (по данным полевых наблюдений в марте 1994 г. и 1997 г. [36, 37])
Участок, прилегающий к территории завода «Технического стекла». Ленинский район г. Саратова, недалеко от ПЗА-6	0,16 г/ м^2 сут 160 кг/ км^2 сут	Нет данных	0,71 г/ м^2 сут 712 кг/ км^2 сут
Перекрёсток ул. Университетская и ул. Московская. Жилая многоэтажная застройка в районе железнодорожного вокзала	0,18 г/ м^2 сут 180 кг/ км^2 сут	0,12 г/ м^2 сут 120 кг/ км^2 сут	0,63 г/ м^2 сут 630 кг/ км^2 сут
Центр города. Общественная застройка близ Крытого рынка	0,14 г/ м^2 сут 140 кг/ км^2 сут	Нет данных	0,52 г/ м^2 сут 520 кг/ км^2 сут
Городской парк отдыха	0,06 г/ м^2 сут 60 кг/ км^2 сут	Нет данных	0,46 г/ м^2 сут 460 кг/ км^2 сут
Окрестность села Усть-Курдюм Саратовского района	0,04 г/ м^2 сут 40 кг/ км^2 сут	Нет данных	0,40 г/ м^2 сут 400 кг/ км^2 сут

Сопоставив полученные величины с результатами снегомерной съёмки, можно убедиться, что данные по нерастворимому осадку в снеге в 4 – 10 раз превосходят показатели пылевых выпадений на марлю или листву деревьев. На наш взгляд, это свидетельствует о более полной фиксации твёрдых аэрозолей в снеговой толще, нежели на тканом материале или древесной листве, с которых происходит её выдувание. Если считать снег лучшим индикатором пылевых выпадений и исходить из величины пыленакопления в снеге, то *в сутки в Саратове на один квадратный километр территории выпадает в среднем около 0,5 т пыли* – и это в холодный, наименее пыльный сезон года! Если принять, что площадь города равна 320 км^2 , то в пределах городской черты Саратова в год выпадает из атмосферы приблизительно 58,4 тыс. т пыли в год, причём на застроенную его часть – примерно треть этой величины. Подчеркнём, речь идёт лишь об аэрозольных техногенных выпадениях, полученных путём расчёта по данным холодного сезона года. В действительности объём пыли, осаждаемой из атмосферы на городскую территорию, по меньшей мере, в 2 раза больше, т. е. приблизительно составил 1,0 т *в сутки на один квадратный километр или в среднем 365 т в год*. Между тем установлено, что болезни органов дыхания проявляются при выпадении пыли более 219 т/г. на 1 км^2 [41].

Ещё раз подчеркнём, что данные подсчёты приблизительны, но они, хотя и грубо, но позволяют понять и оценить масштаб реального природно-техногенного процесса перемещения громадного объёма пыли в городе. С одной стороны, это обусловлено природными факторами: положением Саратова в степной засушливой зоне, большой площадью окружающих город распаханых пространств, слабым задернением земной поверхности, особенно до начала и после окончания вегетации растительности в апреле и октябре, значительным перепадом относительных высот на территории города, когда с выпуклых приподнятых голых поверхностей сдувается мелкозём. С другой стороны, высокую естественную запыленность города обуславливают некачественное мощение городских улиц, низкие бордюры дорожного покрытия, отсутствие ливневой канализации, плохая уборка территории от пыли или вовсе её отсутствие, слабое озеленение городской территории, плохое состояние грунтов на газонах, бульварах, в парках, часто разбитых колёсами автомашин, вытопанных людьми.

Выводы

Пыль в воздушном бассейне города представляет наиболее опасный компонент загрязнения



атмосферы. Пылевой фактор риска для здоровья сегодня недооценен гигиенистами и градоэкологами.

Саратов – пыльный город. По данным прямых и косвенных наблюдений за воздушным бассейном города, средняя пылевая нагрузка на один километр городской территории составляет не менее 1 т в сутки или 365 т в год. Уровень пылевой нагрузки в Саратове выше безопасной для здоровья горожан примерно в 1.6 раза.

Необходимо увеличить число пунктов постоянного контроля за запылённостью городской атмосферы и ежегодно публиковать данные о запылённости атмосферы г. Саратова, особенно пылью РМ10, в открытой печати.

Публикация осуществлена при финансовой поддержке Всероссийской общественной организации «Русское географическое общество» (грант «Волжская панорама» № 06/2013 Н1).

Библиографический список

1. Энциклопедия безопасности. URL : <http://survincity.ru/2012/01/ru>. (дата обращения: 02.01.2014).
2. Фетт В. Атмосферная пыль : пер. с нем.. М., 1981.
3. Глазовский Н. Ф., Учватов В. П. Химический состав пыли некоторых районов ЕТС. Пушкино, 1981.
4. Экология и проблемы большого города : реферат. сб. М., 1992.
5. Безуглая Э. Ю. Метеорологический потенциал и климатические особенности загрязнения воздуха. Л., 1989.
6. Доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Саратовской области в 2004 году». Саратов, 2005.
7. Доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Саратовской области в 2005 году». Саратов, 2006.
8. Доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Саратовской области в 2006 году». Саратов, 2007.
9. Доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Саратовской области в 2008 году». Саратов, 2009.
10. Доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Саратовской области в 2009 году». Саратов, 2010.
11. Доклад об экологической ситуации в Саратовской области в 2010 году. Саратов, 2011.
12. Доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Саратовской области в 2011 году. Саратов, 2012.
13. Доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Саратовской области в 2012 году». Саратов, 2013.
14. Гигиенические нормативы ГН 2.1.6.1983-05. Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест. Дополнение № 2 к ГН 2.1.6.1338-03. URL : <http://www.profrade.ru/normativ>.
15. Войтенко В. П., Козловская С. Г. Современные проблемы геронтологии и гериатрии. М., 1988.
16. Трацилова А. В. Оценка риска смертности населения от мелкодисперсных взвешенных частиц, выбрасываемых в атмосферу промышленными предприятиями : автореф. дис. ... канд. биол. наук. Волгоград, 1999.
17. Берлянд М. Е. Прогноз и регулирование загрязнения атмосферы. Л., 1985.
18. Безуглая Э. Ю. Мониторинг состояния загрязнения атмосферы в городах. Л., 1986.
19. Израэль Ю. А. Экология и контроль состояния природной среды. Л., 1984.
20. Сонькин Л. Р. Некоторые возможности прогноза содержания примесей в городском воздухе // Тр. ГГО. 1971. Вып. 254.
21. Сеттон О. Г. Микроклиматология. Л., 1958.
22. Уорк К., Уорнер С. Загрязнение воздуха : источники и контролю. М., 1980.
23. Seinfeld T. H., Pandis S. N. Atmospheric chemistry and physics : from air pollution to climate change. Oxford, 1997.
24. Urban air pollution – European aspects / eds. J. Fenger, O. Hertel, F. Palmgren – Kluwer Acad. Publ., 1998.
25. Лейн Х. В. Аэрозоли – пыли, дымы и туманы : пер. с англ. / под ред. Н. А. Фукса. Изд. 2-е. Л., 1972.
26. Метеорологические аспекты загрязнения воздуха в Саратове / С. Н. Лапина, Е. А. Полянская, Г. А. Пужлякова [и др.] / под ред. Е. А. Полянской. Саратов, 1998.
27. Экология атмосферы крупного промышленного центра в условиях сложного рельефа / Л. М. Фетисова, Г. А. Пужлякова, Е. А. Полянская [и др.]. Саратов, 2004.
28. Фролов И. Ю. Пылевое загрязнение территории г. Саратова по результатам снегомерной съёмки 1997 года // Проблемы геоэкологии Саратова и области. Саратов, 1998. Вып. 2.
29. Яночкина З. А., Букина Т. Ф. Опыт минералогических исследований техногенных загрязнителей снежного покрова урбанизированных территорий // Проблемы геоэкологии Саратова и области. Саратов, 1998. Вып. 2.
30. Саратов : комплексный геоэкологический анализ / С. А. Артемьев, В. Н. Ерёмин, А. В. Иванов [и др.] ; под ред. А. В. Иванова. Саратов, 2003.
31. Климат Саратова / под ред. Ц. А. Швер. Л., 1987.
32. Акимов Л. М., Прожорина В. В., Сиваченко В. В. Использование сетчатых материалов в экспресс-анализе экологической ситуации г. Воронежа в холодный период // Вестн. Воронеж. гос. ун-та. Сер. География. Геоэкология. 2010. № 2.
33. Макаров В. З. Ландшафтно-экологический анализ крупного промышленного города / под ред. Ю. П. Селивёрстова. Саратов, 2011.
34. Отчёт о научно-исследовательской работе по теме «Изучение загрязнения воздушного бассейна г. Саратова». Саратов, 1994.
35. Василенко В. Н., Назаров И. М., Фридман Ш. Д. Мониторинг загрязнения снежного покрова. Л., 1985.
36. Макаров В. З., Молоствовский Э. А., Новаковский Б. А., Суворцева О. В., Чумаченко А. Н. Структура и динамика техногенных геохимических полей на территории Саратова // Изв. Сарат. ун-та. Новая серия. Серия Науки о Земле. 2009. Т. 9, вып. 2.
37. Проведение снегомерной съёмки и опробование снежного покрова территории г. Саратова : Отчёт по теме НИР / Макаров В. З., Пролёткин И. В., Чумаченко А. Н. [и др.]. Саратов, 1994.
38. Елпатьевский П. В. Химический состав снеговых вод и его изменение техногенным фактором // Геохимия



зоны гипергенеза и техническая деятельность человека. Владивосток, 1976.

39. Решетников М. В., Гейджер Д. Ф., Лазарева В. Ф., Шешнёв А. С. Эколого-геохимические исследования почв и оценка запылённости на территории г. Вольска (в зоне влияния ОАО «Вольскцемент») // Изв. Саратов. ун-та. Нов. сер. Сер. Науки о Земле. 2011, Т. 11, вып. 1.

40. Гусев В. А., Пичугина Н. В. Пылезадерживающая способность зелёных насаждений в условиях загрязнения

воздушного бассейна г. Саратова // Актуальные проблемы землеустройства и кадастров. На современном этапе : материалы междунар. научн.-практ. конф., 12–13 дек., г. Пенза. Пенза, 2013.

41. Кузьмин С. В., Воронин С. А., Селезнева Е. А. Оптимизация мониторинга взвешенных веществ с учетом тонкодисперсных фракций для оценки здоровья населения // Материалы X Всерос. съезда гигиенистов и санитарных врачей : в 3 кн. Кн. 2. М., 2007.

УДК 551.589

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ОБЩЕЙ ЦИРКУЛЯЦИИ АТМОСФЕРЫ НА ГЛОБАЛЬНЫЙ КЛИМАТ

С. В. Морозова

Саратовский государственный университет
E-mail: swetwl@yandex.ru



В настоящей статье рассматривается влияние планетарной высотной фронтальной зоны (ПВФЗ) на изменчивость глобального климата. Выявлена динамика ПВФЗ в различные естественные климатические периоды состояния земной климатической системы и оценена их статистическая значимость.

Ключевые слова: глобальный климат, планетарная высотная фронтальная зона, климатические изменения.

Research of Influence of the General Circulation of the Atmosphere on Global Climate

S. V. Morozova

In the present article influence of a planetary high-rise frontal zone on variability of global climate is considered. It is revealed the high-rise frontal zone loudspeaker during various natural climatic periods of a condition of the Earth's climate system and their statistical importance is estimated.

Key words: global climate, planetary high-rise frontal zone, climatic changes.

Проблема глобальных и региональных изменений современного климата в настоящее время стоит как никогда остро, поскольку их последствия становятся всё более тяжёлыми для экономики и трагичными для населения. Одним из факторов, влияющих на климат и его изменение, считается общая циркуляция атмосферы (ОЦА), причём, по мнению многих учёных, именно ОЦА формирует мезомасштабную изменчивость (на уровне регионов), а в глобальном плане первостепенная роль отводится астрономическим, геофизическим, а также антропогенным факторам.

В настоящей статье поставлена задача рассмотреть влияние общей циркуляции атмосферы на глобальный климат. Для оценки этого влияния исследовался такой структурный элемент ОЦА, как планетарная высотная фронтальная зона (ПВФЗ). Этот объект циркуляции разделяет око-

лополярные холодные области с отрицательными аномалиями среднеполюсшарной температуры от более южных районов с положительными аномалиями. Так, если осевая изогипса в масштабах полушария сместится к югу, то возрастёт площадь, ограничиваемая ею, а следовательно, расширится область отрицательных аномалий температур. При уменьшении площади ПВФЗ области положительных аномалий температур продвигаются к северу. Расширение и сужение областей положительных и отрицательных аномалий температур в масштабах полушария могут отразиться на глобальной температуре.

Известно, что для планетарной высотной фронтальной зоны характерно квазипостоянство площади для каждого месяца (сезона) года [1,2]. В свою очередь, площадь ПВФЗ определяется внутри сезонной изогипсы, также имеющей своё конкретное значение в каждом месяце или естественном синоптическом сезоне. В монографии [3] опубликованы данные о площади ПВФЗ для каждого месяца с 1949 по 2010 г. Среднегодовые значения площадей ПВФЗ с 1949 по 2010 г. рассчитаны по этим данным.

Климатические изменения наилучшим образом проявляются в изменениях среднегодовой температуры воздуха. Так, согласно многочисленным публикациям в состоянии земной климатической системы (ЗКС) в последние 120 лет выделяются три естественных климатических периода: первая волна глобального потепления, наблюдавшаяся с конца XIX в. по середину сороковых годов XX в., период стабилизации в 50–60-е гг. XX в. и вторая волна глобального потепления, начавшаяся с середины 70-х гг. прошлого века и продолжающаяся в настоящее время с существенным замедлением темпа. Причём такие изменения средней глобальной температуры характерны и для Северного, и для Южного полушарий, и для земного шара в целом [4, 5].



Автором, по данным сайта [6], построен график аномалий среднегодовой температуры воздуха для Северного полушария со скользящим усреднением по 11-летним периодам (рисунок).

По графику (см. рисунок) можно чётко выделить естественные климатические периоды состояния ЗКС. На основании многочисленных публикаций, этого графика и в зависимости от имеющегося архива данных о площади планетарной высотной фронтальной зоны для исследования влияния ПВФЗ на глобальный климат выбраны следующие временные интервалы. С 1949 по 1974 г. – примерно совпадает с периодом стабилизации и с 1975 по 2010 г. – соответствует второй волне глобального потепления. Поскольку в настоящее время (примерно с начала 2000-х гг.) наблюдается довольно сильное замедление темпов потепления, то второй период, в свою очередь, разделён ещё на два промежутка: начало потепления – с 1975 по 1995 г. и развитие второй волны – с 1996 по 2010 г.

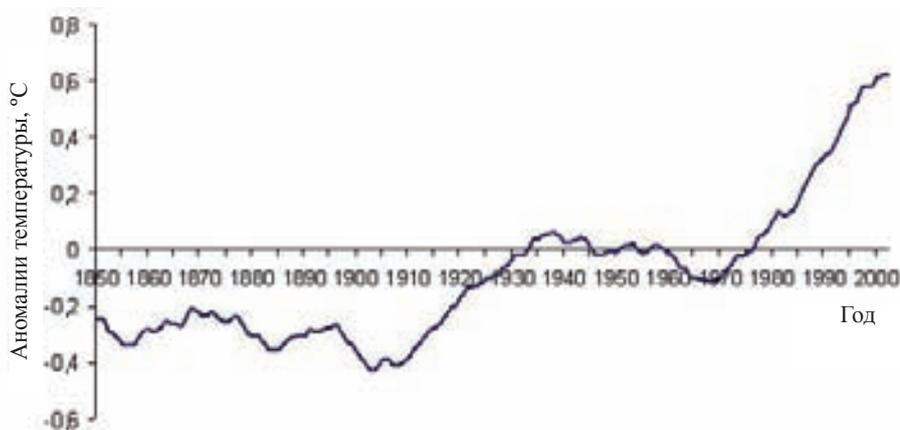
В каждом из этих временных интервалов рассчитана средняя многолетняя площадь планетарной высотной фронтальной зоны и оценена значимость этих изменений (табл. 1). По данным о среднегодовых значениях площадей ПВФЗ отметим, что она изменялась от наименьшей (50, 045 млн км²) – в 1951 г. до наибольшей (62,378 млн км²) – в 1978 г. За весь исследуемый период изменчивость среднегодовых площадей по среднему квадратическому отклонению составила 2,83 при дисперсии 8,01.

На основе анализа табл. 1 заметим, что наиболее сильная изменчивость площадей ПВФЗ проявилась в первом периоде (1949–1974 гг.), характеризующемся прекращением роста глобальной температуры и даже её некоторым снижением (рисунок). На фоне второй волны глобального потепления наблюдаем уменьшение изменчивости площадей. Заслуживает внимания тот факт, что от периода стабилизации к началу второй волны

глобального потепления произошло увеличение площади ПВФЗ, а это предполагает расширение области отрицательных аномалий температур. От начала глобального потепления к его развитию, при замедлении темпов потепления, наоборот, наблюдаем уменьшение средней площади и, как следствие, сужение зоны отрицательных аномалий температур. Изменение площадей в обоих этих случаях произошло примерно на 3% (2,7% и 3,1% соответственно). Объяснение такого «нелогичного» проявления динамики ПВФЗ требует дальнейших, более глубоких исследований, пока только оценим статистическую значимость этих изменений.

Статистическая значимость динамики ПВФЗ оценена с помощью стандартных процедур математической статистики. Для каждого временного отрезка рассчитаны доверительные интервалы с помощью критерия Стьюдента при 95%-ном уровне значимости. Доверительные интервалы для каждого периода приведены в табл. 2.

Видим, что границы всех этих интервалов перекрываются, каждый следующий интервал входит в предыдущий, что говорит о статистической незначимости таких изменений. Таким образом, изменение площадей на 3% вряд ли может приводить к каким-либо значимым климатическим изменениям. Однако делать однозначные выводы об отсутствии влияния планетарной высотной фронтальной зоны на глобальный климат не стоит. Известно, что одной из особенностей второй волны глобального потепления является его сезонность. Резкий рост температуры с середины 70-х гг. обусловлен повышением температур именно холодной части года, в период стабилизации понижались также зимние температуры. Летние сезоны и в том, и в другом случае испытывали известную стабильность. Поэтому в дальнейшем динамику ПВФЗ в отдельные естественные климатические периоды состояния ЗКС предполагается рассмотреть дифференцированно – отдельно в зимние и летние сезоны года.



Одиннадцатилетнее скользящее среднее аномалий средней по Северному полушарию температуры воздуха, °С (сост. по [6])



Таблица 1

Динамика площадей планетарной высотной фронтальной зоны

Период, год	Значение площади ПВФЗ, млн км ²	σ^2	σ
1949–1974 (стабилизация)	56,97	13,32	3,65
1975–1995 (начало второй волны глобального потепления)	58,51	2,59	1,6
1996–2010 (развитие потепления)	56,70	1,30	1,14

Таблица 2

Оценка статистической значимости динамики ПВФЗ

Период, год	Доверительные интервалы
1949–1974 (стабилизация)	[49,61–62,32]
1975–1995 (начало второй волны глобального потепления)	[55,67–61,34]
1996–2010 (развитие потепления)	[54,65–58,82]

Библиографический список

1. Байдал М. Х., Ханжина Д. Г. Многолетняя изменчивость макроциркуляционных факторов климата. М., 1986. С. 40–52.
2. Кантер Ц. А. О некоторых свойствах полей геопотенциала // Вопросы климата и погоды Нижнего Поволжья. Саратов, 1965. Вып. 1.
3. Мониторинг общей циркуляции атмосферы. Северное полушарие / А. И. Неушкин, Н. С. Сидоренков, А. Т. Са-

УДК 633.1:551.58

АСИНХРОННОСТЬ НАСТУПЛЕНИЯ ФАЗ РАЗВИТИЯ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР ПО СТАНЦИИ САРАТОВ ЮГО-ВОСТОК

С. И. Пряжина, Е. И. Гужова, М. М. Смирнова, А. А. Миронов

Саратовский государственный университет
E-mail: kafmeteo@sgu.ru

В статье за 30-летний период были определены основные фазы развития разных групп зерновых культур, рассмотрены критические фазы развития каждой культуры и дан анализ связи этих фаз с агрометеорологическими условиями. Определены культуры, которые наиболее полно используют биоклиматические ресурсы данного региона.

Ключевые слова: зерновые культуры, урожайность, фазы развития растений, качество зерна, вегетационный период.

Asynchrony Onset of the Phases of Development of Crops for Station Saratov South-east

S. I. Pryakhina, E. I. Gugova, M. M. Smirnova,
A. A. Mironov

In article for the 30-year period identified the main phase of development of different groups of crops, examined critical phases of development of each culture and analyzed the relationship of these phases with agro-meteorological conditions. Also highlighted in crops that best use bioclimatic resources of the region.

нина, Т. Б. Иванова, Т. В. Бережная, Н. В. Панкратенко, М. Е. Макарова. Обнинск, 2013.

4. Переведенцев Ю. П. Теория климата. Казань, 2009.
5. Шерстюков Б. Г. Региональные и сезонные закономерности изменений современного климата / ГУ «ВНИИГМИ-МЦД». Обнинск, 2008.
6. Сайт климатических исследований университета Восточной Англии. URL : <http://www.cru.uea.ac.uk/cru/data/temperature/#datdow> (дата обращения: 15.11.1013).



Key words: crops, yield, phase of plant development, grain quality, vegetation period.

Зерновые культуры – важнейшая группа злаковых растений, возделываемых в основном для получения зерна. Они занимают примерно половину посевной площади мира и выращиваются практически везде, где живут люди. Размещение зерновых культур по районам возделывания определяется биологическими особенностями растений и природными условиями территории.

По географическому положению и климатическим условиям Саратовская область является одним из основных производителей в России высококачественного зерна, в частности сортов сильных и твердых пшениц [1].

Одним из основных показателей качества зерна является содержание в нем белка и клейковины, так как с ними связаны технологические, мукомольно-хлебопекарные свойства и товарная ценность зерна. Белки – наиболее ценная часть питательных веществ, содержащихся в зерне. Они в основном состоят из аминокислот, восемь из



которых являются незаменимыми для организма человека и не синтезируются в живом организме, а поступают туда с растительной пищей, в том числе с зерном или продуктами его переработки.

Изменение содержания белка и клейковины в зерне на территории страны связано с континентальностью климата и обусловленными ею свойствами почвы. Повышенный температурный режим и дефицит осадков способствуют повышению содержания белка в зерне [2].

В данной работе рассматриваются три зерновых культуры, постоянно возделываемые на территории Саратовской области: яровая и озимая пшеница, просо. Яровая пшеница – одна из наиболее ценных продовольственных культур, ее зерно содержит много белка и отличается хорошими хлебопекарными качествами. Озимая пшеница относится к числу наиболее высокоурожайных зерновых культур. Зерно богато белками и другими ценными веществами, поэтому оно широко используется в продовольственных целях. Просо – ценная крупяная культура, оно используется в продовольственных и кормовых целях. Особенностью проса является его принадлежность к наиболее засухоустойчивым культурам, а также то, что оно не имеет общих болезней с другими зерновыми злаками.

Многолетняя динамика урожайности зерновых культур представлена на рис. 1. Самая высокая средняя многолетняя урожайность наблюдается у озимой пшеницы и составляет 34 ц/га, у яровой пшеницы – 15 ц/га, у проса – 25 ц/га.

В процессе индивидуального роста и развития зерновые культуры проходят ряд фенологических фаз и этапов органогенеза, каждый из которых характеризуется определенными внешними морфологическими признаками и образованием новых органов. В течение вегетации у зерновых

культур отмечают следующие фазы роста и развития: всходы, кущение, выход в трубку, колошение (выметывание), цветение, налив и созревание зерна (молочная, восковая и полная спелость) [3].

Ход среднесуточной температуры и осадков за вегетационный период, а также средние многолетние даты наступления фаз развития у яровой и озимой пшеницы и проса отображены на рис. 2. Как видно из рис. 2, наиболее благоприятные условия прохождения этапов органогенеза наблюдаются у озимой пшеницы. Она хорошо переносит майскую засуху за счет весенних запасов талых вод в почве. Осадки в июне приходятся на фазы колошение – цветение – молочная спелость, что способствует формированию высокой урожайности этой пшеницы.

Фаза кущение – выход в трубку у яровой пшеницы совпадает с майским минимумом осадков, что приводит к слабому кущению, и, несмотря на последующий всплеск осадков, урожайность не может достигнуть максимальных значений.

Просо – теплолюбивая культура, хорошо использующая осадки на всем протяжении вегетации, и формирующая хороший урожай.

Рассмотрим отдельно метеорологические условия высокоурожайного для рассматриваемых культур 2003 г. и урожайного для озимой пшеницы, но неурожайного для яровой пшеницы и проса 2002 г.

Даты наступления фаз развития зерновых культур и значения температуры и осадков по декадам представлены в табл. 1. Агрометеорологические условия 2003 г. были благоприятны для формирования урожайности всех зерновых культур. За вторую декаду июня выпала двойная норма осадков. В это время яровая пшеница находилась в фазе кущение – выход в трубку, озимая пшеница – в фазе цветение – молочная спелость. В

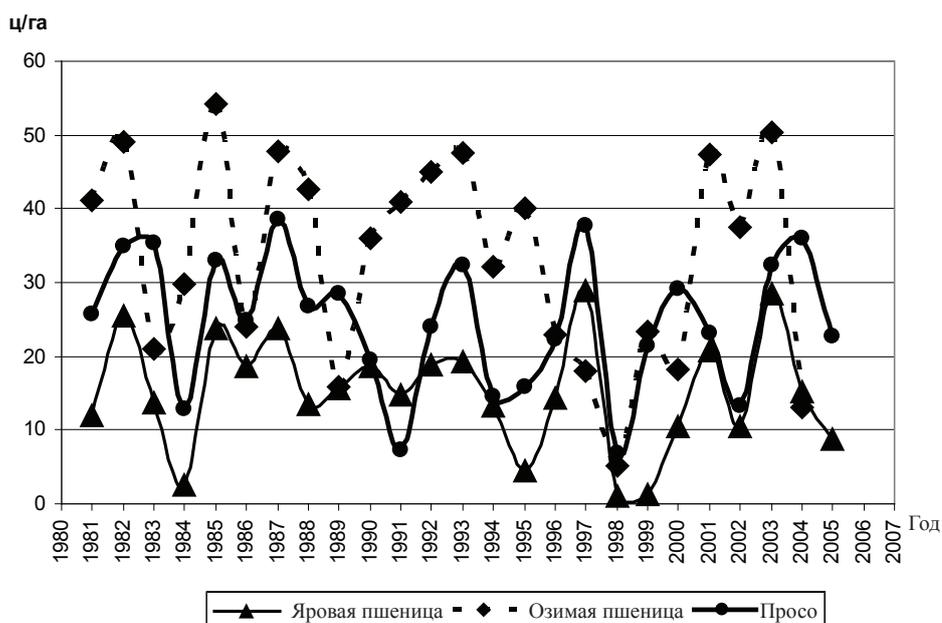


Рис. 1. Урожайность зерновых культур (ст. Саратов ЮВ) 1980–2005 гг.

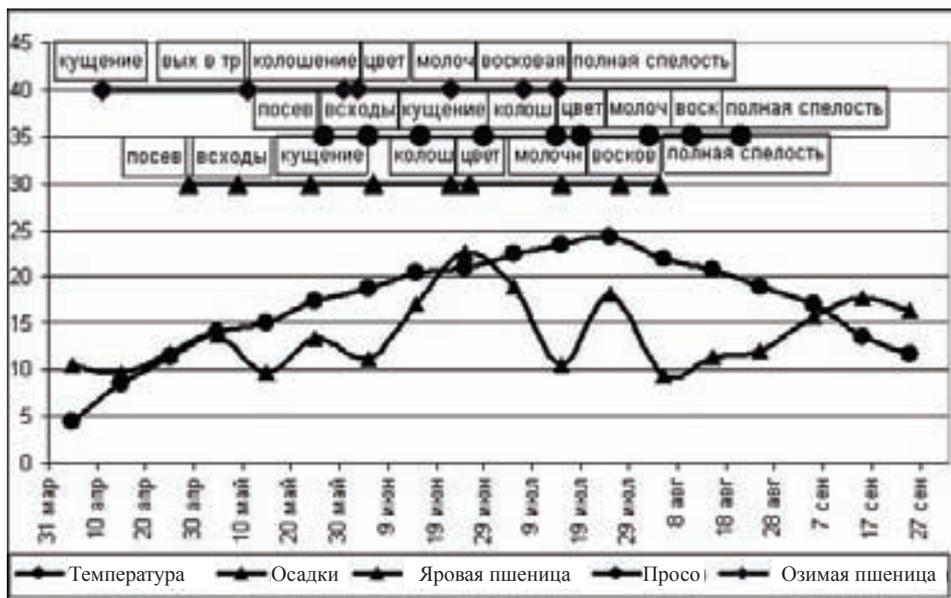


Рис. 2. Средние многолетние даты наступления фаз развития зерновых культур, средний много-летний ход температуры и осадков за 1980–2010 гг. (ст. Саратов ЮВ)

Таблица 1

Фазы развития и метеопараметры зерновых культур за вегетационный период 2003 года (ст. Саратов ЮВ)

Культура	Фазы развития					Урожай-ность, ц/га
	Посев	Кущение	Выход в трубку	Цветение	Полная спе-лость	
Озимая пшеница	4 сентября	13 апреля	20 мая	5 июня	6 августа	37,4
Яровая пшеница	7 мая	30 мая	10 июня	3 июля	18 августа	28,6
Просо	22 мая	10 июня	30 июня		1 сентября	32,4
Метеопараметр	Температура, °С	Осадки, мм	Температура, °С	Осадки, мм	Температура, °С	Осадки, мм
Месяц	Май		Июнь		Июль	
1-я декада	15,4	8,3	15,0	11,5	21,9	12,5
2-я декада	16,1	6,4	15,0	67,4	20,7	34,9
3-я декада	20,3	7,5	17,5	24,9	20,8	19,0

эти периоды растениям требуется влага, поэтому осадки благоприятно повлияли на формирование колоса и зерна. Значения температуры держались в пределах 20–22°С – достаточное тепло, освещение и влага поспособствовали формированию хорошего урожая.

В 2002 г. урожайность яровой пшеницы и проса была низкой, в то время как у озимой пшеницы – выше средней (табл. 2). Период от выхода в трубку до колошения очень важный в развитии зерновых. В это время усиленно растут листья и соломина, формируется колос и поэтому растение испытывает повышенную потребность во влаге, питательных веществах, освещенности [3]. Озимая пшеница проходила фазу выход в трубку – колошение с конца апреля по май, в это время температура в среднем составляла 15°С, значительные осадки выпали в 3-ю декаду апреля и мая. Яровая пшеница данную фазу проходила в первые две декады июня, когда наблюдался спад

осадков, а температура поднималась до 30°С. В июле отмечалась средняя и сильная засуха. К этому времени озимая пшеница уже была в фазе восковой спелости, а яровая пшеница – только в фазе цветения. При высокой температуре опыление проходило слабо, был сформирован шуплый колос, что отрицательно отразилось на урожайности яровой пшеницы. В засушливые годы озимая пшеница дает урожай благодаря раннему отрастанию и прохождению фаз органогенеза, используя влагу, накопленную в почве за зимний период.

Анализируя ход наступления фаз развития на большом ежедневном метеорологическом материале, можно выделить наиболее ответственные фазы: кущение – выход в трубку, при неблагоприятных метеорологических условиях этот период растягивается, что ведет к неравномерности созревания зерновых культур, и фаза колошение – цветение, в этот период при температуре выше 30°С



Таблица 2

Фазы развития и метеопараметры зерновых культур за вегетационный период 2002 года (ст. Саратов ЮВ)

Культура	Фазы развития					Урожайность, ц/га
	Посев	Кущение	Выход в трубку	Колошение	Полная спелость	
Озимая пшеница	26 августа	8 апреля	30 апреля	26 мая	16 июля	47,4
Яровая пшеница	19 апреля	17 мая	27 мая	18 июня	1 августа	10,5
Просо	28 мая	24 июня	8 июля	21 июля	30 августа	13,3
Метеопараметр	Температура, °С	Осадки, мм	Температура, °С	Осадки, мм	Температура, °С	Осадки, мм
Месяц	Апрель		Май		Июнь	
1-я декада	3,2	33,4	15,5	0,0	17,1	11,3
2-я декада	8,4	0,0	12,4	0,8	19,4	19,3
3-я декада	11,2	19,3	12,8	10,1	20,3	9,1

пыльца не отлетает от пыльников и в конечном итоге урожайность снижается.

Исследования показали, что из трех зерновых культур самая слабая – яровая пшеница. Озимая пшеница относится к гарантированным культурам и дает высокий урожай почти каждый год. Просо – наиболее засухоустойчивая культура, которая хорошо использует осадки второй половины лета и дает относительно высокий урожай.

Увеличение производства зерна является ключевой задачей интенсификации сельского хозяйства. Для получения высоких и устойчивых урожаев, а также для проведения важных народнохозяйственных мероприятий большое значение

имеет подбор культур и сортов, а также особенности агротехнических приемов возделывания зерновых культур.

Библиографический список

1. Пряхина С. И., Гужова Е. И., Смирнова М. М. Климатические риски в сельскохозяйственном производстве и пути их преодоления // Изв. Сарат. ун-та. Нов. сер. Сер. Науки о Земле. 2012. Т. 12, вып. 1. С. 35–41.
2. Деревянко А. Н. Погода и качество зерна озимых культур. Л., 1989. 127 с.
3. Ермакова Л. Н., Ермаков В. М. Агрометеорология : учеб. пособие. Пермь, 2004. 222 с.

УДК 551.55

ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ НА РАЗЛИЧНЫХ ВЫСОТАХ ПРИЗЕМНОГО СЛОЯ АТМОСФЕРЫ НА ЮГО-ВОСТОКЕ ЕВРОПЕЙСКОЙ ТЕРРИТОРИИ РОССИИ



А. Б. Рылов

Саратовский государственный университет
E-mail: kafmeteo@mail.ru

Реализована оригинальная методика оценки ветроэнергетического потенциала на различных высотах приземного слоя атмосферы по наземным данным. Построены карты географического распределения среднего годового полного куба скорости ветра на юго-востоке европейской территории России (ЕТР). Выполнен анализ его пространственного изменения по региону.

Ключевые слова: скорость ветра, мощность, ветроэнергетический потенциал, особенности, распределение.

Wind Energy Potential at Different Altitudes of the Surface Atmospheric Layer in the South-east of European Russia

А. В. Rikhlov

Implemented the original methodology of assessment of the wind energy capacity at different altitudes of the surface layer of the

atmosphere from the ground-based data. Maps of geographical distribution of average annual complete the cube of the wind speed in the South-East of European Russia. Analysis of its spatial changes in the region.

Key words: wind speed, power, wind power, potential, features, distribution.

Удельная мощность ветрового потока N (мощность в единицу времени на единицу площади) определяется выражением

$$N = \frac{1}{2} \rho v^3, \quad (1)$$

где ρ – плотность воздуха, v – скорость ветра. Из уравнения (1) следует, что удельная мощность ветрового потока пропорциональна кубу скорости ветра и в силу этого она значительно возрастает даже при небольшом усилении ветра. Например,



при усилении скорости ветра в 2 раза мощность возрастает в 8 раз. В частности, отсюда следует, что для оценки средней удельной мощности ветроэнергетических установок (ВЭУ) и количества вырабатываемой ими энергии необходима надежная информация о повторяемости различных скоростей ветра в предполагаемом районе их установки на уровне оси ветроколеса.

Эта же особенность не позволяет оценивать среднюю за какой-либо отрезок времени (месяц, год) удельную мощность ветрового потока и использовать ее для расчета величины вырабатываемой ВЭУ энергии, зная только среднюю скорость ветра. Поэтому среднюю удельную мощность \bar{N} необходимо рассчитывать во всем диапазоне возможных скоростей ветра как

$$\bar{N} = \frac{1}{2} \bar{\rho} \int_0^{\infty} f(v) \cdot v^3 dv, \quad (2)$$

где $f(v)$ – дифференциальная функция распределения скоростей ветра. Ввиду большой изменчивости ветра во времени и пространстве полученные оценки средних значений удельной мощности следует относить лишь к тому пункту и высоте, где произведены метеорологические наблюдения.

Поиск вида функции $f(v)$ – одна из важнейших задач. В качестве таких функций ранее использовались различные теоретические законы распределения скоростей ветра, имеющих свои достоинства и недостатки: нормальный, логнормальный, Максвелла, Вейбулла – Гудрича и др. Рассмотрев различные аппроксимирующие выражения, рекомендованные для выравнивания распределения скоростей ветра по всей совокупности наблюдений в [1–3], установлено, что по значениям критериев Колмогорова и Пирсона лишь распределение Вейбулла – Гудрича не противоречит гипотезе соответствия эмпирическому скоростному режиму.

Несмотря на достоинства распределения Вейбулла – Гудрича, ему присущ недостаток, связанный с изменением параметров распределения от месяца к месяцу и от станции к станции. В этой связи в [4, 5] поставлена и решена задача по разработке методов совмещения распределений скоростей ветра во времени и обобщения их в пространстве, позволивших получить по всем областям региона одно уравнение, воспроизводящее ветровой режим в любой точке рассматриваемой территории по средним значениям скорости ветра. Сведения о последних по большому числу метеостанций содержатся в справочниках по климату [6, 7]. Обобщенное уравнение распределения скоростей ветра на юго-востоке ЕТР, к которой относятся, прежде всего, Калмыкия, Астраханская, Волгоградская, Саратовская, Пензенская, Самарская и Ульяновская области, имеет вид

$$P(V \geq v) = \exp \left[-0.88 \left(\frac{v}{\bar{v}} \right)^{1.37} \right]. \quad (3)$$

Для восстановления режима ветра в каком-либо пункте и на произвольной высоте оси ветроколеса необходимо знание лишь средней скорости ветра на ее уровне.

Разработанные в [1–5, 8] статистические модели климатологического режима ветра и оценки ветроэнергетических ресурсов на произвольном уровне 150-метрового слоя атмосферы представлены системой уравнений. Входным параметром в эту систему является средняя месячная или средняя годовая скорость ветра.

Известно, что скорость ветра в приземном слое воздуха существенно изменяется на близких расстояниях под влиянием неоднородностей подстилающей поверхности, особенно рельефа и крупных водоемов. Методы пространственной интерполяции скорости ветра в условиях неоднородной подстилающей поверхности, разработанные в ГГО [9], позволяют с большой точностью прогнозировать пространственные изменения средних скоростей ветра на основе данных метеостанций, морфометрического анализа местности и обобщенных данных о коэффициентах изменения скорости ветра в зависимости от типа местоположения и формы рельефа.

Для построения карт географического распределения ветроэнергетических характеристик данные по метеостанциям необходимо привести к сравнимым условиям. Ими могут быть условия открытой ровной местности и высота 10 м от земли. Приведение наблюдаемой средней многолетней скорости ветра v к сравнимым условиям нами выполнено с помощью поправочных коэффициентов на открытость ветроизмерительного прибора k_1 и фактическую высоту его установки k_2 :

$$\bar{v} = vk_1k_2, \quad (4)$$

где \bar{v} – средняя многолетняя скорость ветра, приведенная к сравнимым условиям.

В России для учета условий открытости площадок метеостанций на местности обычно используют классификацию В. Ю. Милевского [10, 11]. Она позволяет учитывать не только форму рельефа (выпуклая, плоская, вогнутая), наличие затеняющих элементов (зданий, построек, деревьев), но и присутствие водных поверхностей (озера, моря, океана). В классификации открытости местоположения ветроизмерительного прибора, по В. Ю. Милевскому, определенному классу открытости в данных условиях атмосферной циркуляции соответствуют определенные средние годовые скорости ветра и вероятность их различных значений. По результатам исследований скоростей ветра в средней полосе ЕТР методическим отделом ГГО получены связи между классами метеостанций и скоростными характеристиками ветра [11].

В качестве поправочного коэффициента на открытость k_1 , учитывающего переход от фак-



тических условий местоположения к условиям открытой ровной местности, для которой $k_1=7$, нами использовано выражение

$$k_1 = \frac{7}{\sum k_i \cdot p_i}, \quad (5)$$

где k_i – класс открытости метеостанции в направлении i -го румба; p_i – повторяемость ветров этого румба. Оно показывает, что если фактические условия открытости станции хуже, чем условия открытой ровной местности ($\sum k_i p_i < 7$), то поправочный коэффициент $k_1 > 1$, и наоборот.

На рассматриваемой территории на большинстве метеостанций класс открытости составляет 6–8 баллов, что соответствует отдельным элементам затененности ниже высоты флюгера, слабо деформирующим ветровой поток. В Волгоградской области примерно по трети станций расположены как на выпуклых, так и вогнутых формах рельефа. Это может приводить к большей пестроте средних скоростей ветра и их изменчивости по территории, связанной с влиянием рельефа. Ряд метеостанций Астраханской области расположены на островах в устье Волги и Каспийском море (Укатный остров, Дамчик, Чистая Банка) – здесь класс открытости по всем направлениям горизонта или части из них повышается до 10, а это обуславливает усиленный ветровой режим под влиянием водоема. Вместе с тем, достаточно большое число метеостанций Астраханской области и Калмыкии расположены на местности с классом открытости 6–8 баллов.

Как показывают наши расчеты, величина общего поправочного коэффициента k_1 складывается не только из класса затененности в направлении определенного направления, но и повторяемости ветров данного румба. В ряде мест, несмотря на наличие в отдельных сторонах горизонта элементов затененности выше флюгера, повторяемость этих направлений незначительна и общий коэффициент невелик. Анализ полученных коэффициентов на защищенность местоположений метеостанций показал, что для отдельных местоположений они оказались исключительно высоки – 1,3–1,6, в соответствии с чем наблюдаемые средние скорости ветра необходимо значительно увеличивать. Поскольку таких метеостанций менее 10% от привлеченных к исследованию, для недопущения крайних погрешностей оценки ветроэнергетического потенциала и изучения его географического распределения, они исключены из анализа.

На метеостанциях региона регистрирующие приборы (флюгеры и анемометры) располагаются на высотах от 6 до 18 м. Для приведения скоростей ветра к одной высоте (за нее принят уровень 10 м) воспользуемся формулой $k_2 = \left(\frac{10}{h}\right)^m$. Величина параметра m находится по формулам, приведенным в [3–5, 8]. По большинству метеостанций поправочный коэффициент на высоту изменяет среднюю скорость ветра всего на несколько десятых долей метра в секунду. Расчеты показывают,

что отличие высоты ветроизмерительного прибора на ± 2 м от уровня 10 м изменяет среднюю скорость ветра всего на 0,1 м/с, поэтому в этом диапазоне данную поправку можно не вводить.

С использованием изложенных подходов была подготовлена соответствующая информационная база и построены карты географического распределения средней годовой и полного среднего куба скорости ветра v^3 на разных уровнях – 10, 30, 50, 70, 90, 110, 130 и 150 м – над земной поверхностью (рис. 1–3). В данной работе они приведены для уровней 10 и 110 м (см. рис. 2–3). Карты построены с применением геоинформационных систем, в пакет которых входит программа Mapinfo (версия 8.5) для создания электронной базы данных и их географической привязки, а также Vertical Mapper (версия 3.1) для проведения изолиний. Эти программы позволяют производить пространственную интерполяцию данных с высокой разрешающей способностью.

Карты позволили вскрыть ряд внутрирегиональных особенностей пространственного распределения ветроэнергетических ресурсов, ранее неизвестных. Так, оказалось, что фоновые карты ветроэнергетических ресурсов [12], построенные по весьма ограниченному числу метеостанций, скрывают перспективные для ветроэнергетики участки внутри региона. Как показало настоящее исследование, внутрирегиональные значения \bar{v}^3 могут быть в 2 раза выше и ниже фоновых. В связи с этим, на наш взгляд, необходима разработка карт географического распределения ветроэнергоресурсов по отдельным территориям именно с использованием максимально возможного числа метеостанций. В настоящей работе в качестве исходных данных использовались средние годовые скорости ветра почти по 200 метеостанциям рассматриваемого региона, содержащимся в справочниках по климату. Они предварительно были приведены к сравнимым условиям – ровной открытой местности и высоте 10 м над земной поверхностью. Построенные нами карты позволяют с необходимой точностью отразить характер мезомасштабной изменчивости \bar{N} для ограниченных участков территории внутри региона.

На большей части рассматриваемой территории средние годовые скорости ветра составляют 4,5–5,0 м/с, что следует из рис. 1. Наиболее высокие скорости ветра (более 5 м/с) приурочены к относительно возвышенным территориям: Бугульминско-Белебеевской и Приволжской возвышенности, юго-восточной оконечности Среднерусской возвышенности, Волго-Уральскому и Предуральскому плато, Ергени. Пониженные средние годовые скорости ветра (менее 4,5 м/с) характерны для пониженных форм рельефа: Окско-Донской равнине, Низкого Заволжья, долины устья Волги и Калмыцкой степи. Надо иметь в виду, что во всех административных областях имеются возвышенные участки, поэтому на их

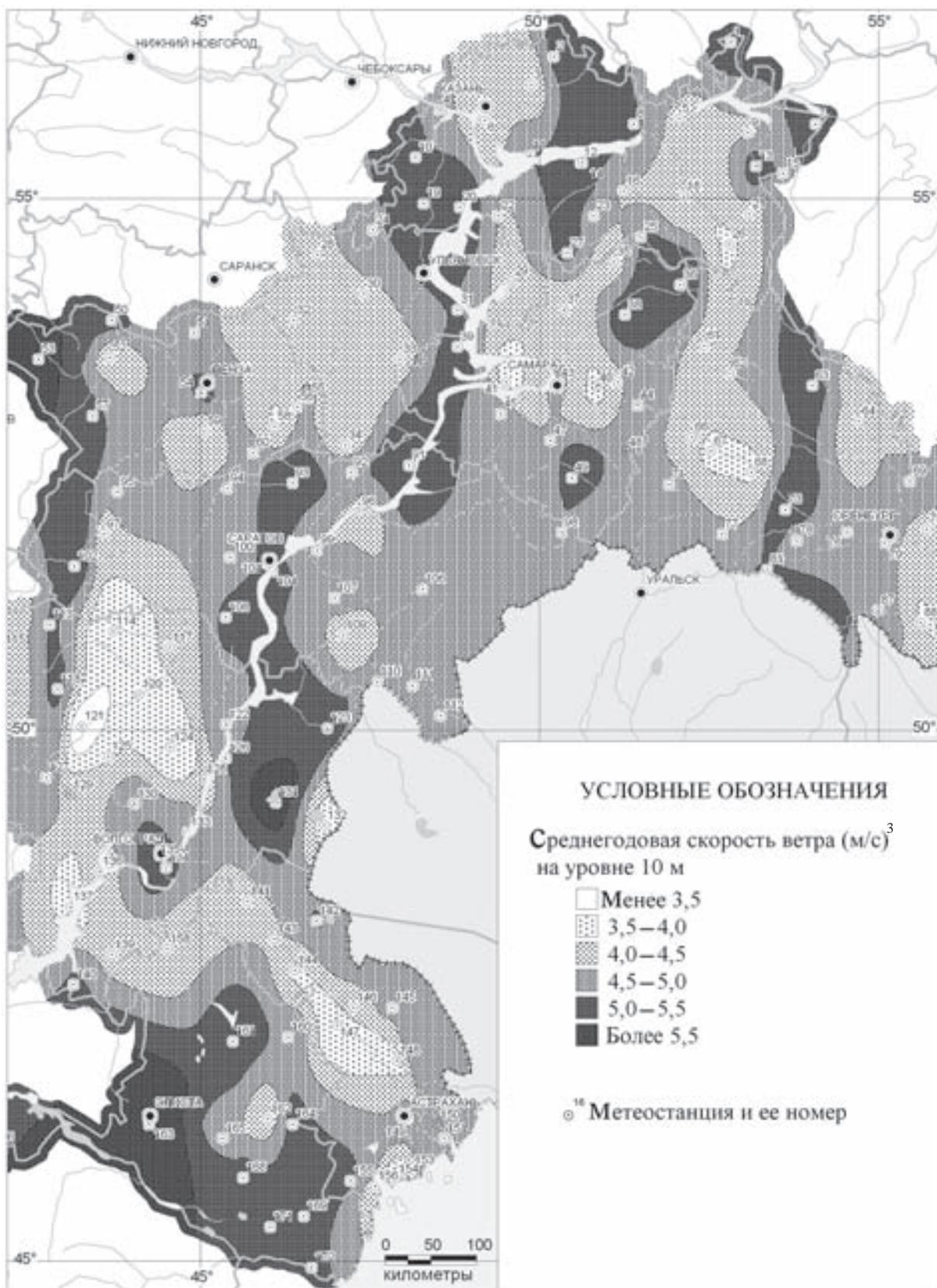


Рис. 1. Средняя годовая скорость ветра, (м/с)³, на уровне 10 м

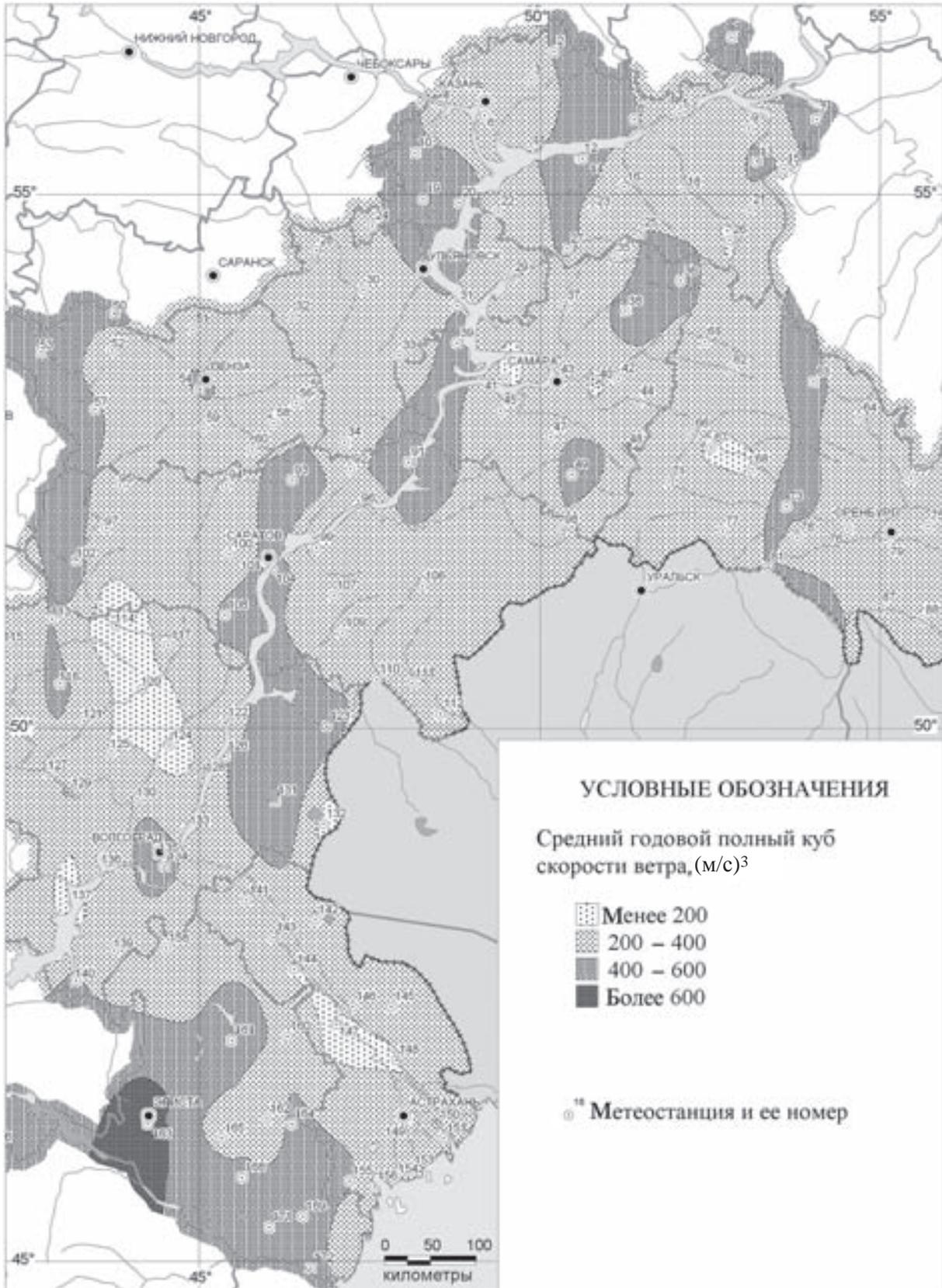


Рис. 2. Средний годовой полный куб скорости ветра, (м/с)³, на уровне 10 м

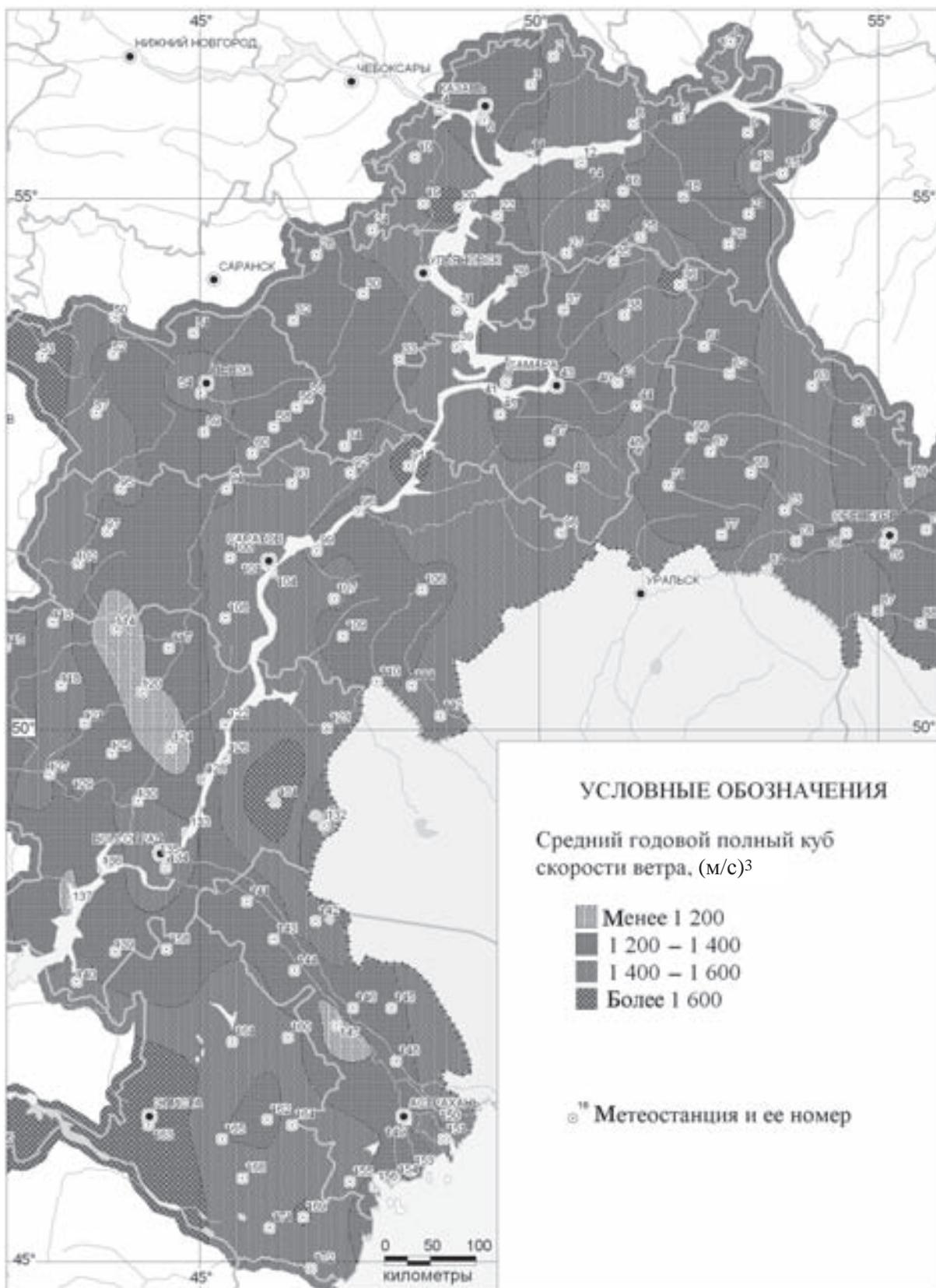


Рис. 3. Средний годовой полный куб скорости ветра, (м/с)³, на уровне 110 м



территории можно выбрать место для размещения высокопроизводительных ВЭУ. Отметим, что весьма перспективным районом в ветроэнергетическом отношении на рассматриваемой территории оказываются Ергени (Калмыкия). Средние скорости ветра здесь оказываются почти в 1,5 раза выше, чем в Прикамье, где скорости ветра более 4 м/с отмечаются лишь на небольших пространствах северо-запада региона.

В последние 10–15 лет в ряде институтов системы Росгидромета (ГУ ГГО, ЗапСибНИИ и др.) и ведомственных организациях выполнен обширный комплекс методических и прикладных климатологических разработок, позволивших существенно уточнить особенности географического и вертикального распределения ветроэнергетических ресурсов в приземном слое атмосферы до высоты 200 м над поверхностью земли, как отдельных регионов, так и России в целом [12].

Так, А. Д. Дробышевым и Ю. А. Пермяковым [13] выполнена оценка ветроэнергетических ресурсов Прикамья (сопредельной на северо-востоке территории) на уровнях 30 м и 100 м с использованием полного среднего куба скорости ветра. Поэтому в настоящем исследовании в качестве основной характеристики ветроэнергетического потенциала рассматриваемой территории также принято распределение $\overline{v^3}$, это обуславливает возможность сравнения ветроэнергетического потенциала этих территорий. Величина $\overline{v^3}$ является полным средним кубом возможных скоростей ветра, его расчет осуществляется по всем наблюдаемым данным, начиная от 0 м/с и до наибольшего значения. В этих условиях расчеты средней удельной мощности ветрового потока \overline{N} определяют теоретические (потенциальные) значения. Они являются верхними пределами этих характеристик и служат в основном для оценки запасов ветровых ресурсов территории. Формулу (2) для расчета средней потенциальной удельной мощности \overline{N} можно представить в виде

$$\overline{N} = \frac{1}{2} \rho \overline{v^3}. \quad (6)$$

Из формулы (6) следует, что переход от среднего куба скорости к \overline{N} осуществляется умножением $\overline{v^3}$ на $\frac{1}{2} \rho$. Если в качестве ρ принять его значение для стандартной атмосферы равно 1,226, то величина множителя составит 0,613. На правомерность такого подхода указывали еще Л. Е. Анапольская и Л. С. Гандин [14].

Карта географического распределения полного среднего куба скорости ветра на уровне 10 м, представлена на рис. 2. Анализ пространственного распределения полного среднего куба скорости на высоте 10 м показывает, что он в основном следует за географическим изменением средней

скорости ветра. На большей части рассматриваемой территории он составляет 200–400 (м/с)³. Вместе с тем, почти во всех регионах ЮВ ЕТР можно выбрать местоположения, где он повышается до 400–600 (м/с)³ и более. Эти места обычно приурочены к плавно выпуклым возвышенным формам рельефа, там средние скорости ветра принимают повышенные значения. В пониженных местоположениях полный средний куб скорости ветра менее 200 (м/с)³. Практическое значение подобных карт состоит в том, что они позволяют определить удельную мощность ВЭУ, расположенных на ровной открытой местности (плоские формы рельефа).

Совместный анализ карт географического распределения среднего куба скорости ветра на различных высотах позволил установить такую важную для применения ВЭУ особенность, как то, что территории и с повышенными, и пониженными его значениями пространственно сопряжены, т. е. располагаются над одними и теми же территориями на любом из рассматриваемых уровней.

Вторая немаловажная особенность географического распределения показателей ветроэнергетического потенциала состоит в том, что наименьшие значения $\overline{v^3}$ соответствуют пониженным территориям, особенно находящимся в так называемой ветровой тени возвышенностей. К ним можно отнести восточные части Окско-Донской и Среднерусской равнин, сюда попадают западные районы Татарстана, Пензенской, Саратовской и Волгоградской областей. Сравнительно пониженным ветроэнергетическим потенциалом обладают Низменное Заволжье, Калмыцкая степь и Уфимское плато (абсолютные высоты до 220 м), находящееся между Бугульминско-Белебеевской возвышенностью (абсолютные высоты 220–400 м) и южным Уралом (абсолютные высоты 450–1200 м). Относительно повышенные значения $\overline{v^3}$ приходятся на восточную оконечность Среднерусской возвышенности и Приволжскую возвышенность, Заволжье Саратовской и Волгоградской областей.

На рассматриваемой территории наибольшие значения полного куба скорости ветра на уровне 30 м превышают 800 (м/с)³, это более чем в 2 раза больше чем в Прикамье 400 (м/с)³ [13]. Наименьшие же значения здесь примерно такой же величины (400 (м/с)³), что и в Прикамье (около 300 (м/с)³). Это характеризует ЮВ ЕТР как весьма перспективную территорию для применения ветроэнергетики. Еще ярче это проявляется на уровне 100 м. На данной высоте даже наименьшие для территории $\overline{v^3}$ (около 900 (м/с)³) оказываются существенно выше наибольших в Прикамье (800–850 (м/с)³). На уровне 70 м наибольшие значения полного куба скорости ветра превышают 1400 (м/с)³, наименьшие – около 800 (м/с)³.



Третьей особенностью пространственного распределения характеристик ветроэнергетического потенциала на ЮВ ЕТР является такая его изменчивость по территории, которая позволяет выбрать площадки для эффективного размещения ВЭУ в каждой административной области в составе Приволжского и Южного федеральных округов.

Кроме того, на каждом из рассматриваемых уровней из оценок полного среднего куба скорости ветра по всем метеостанциям в регионе нами выбрано наибольшее и наименьшее его значение. Оказалось, что отношение наибольших в регионе значений v^3 к наименьшим на высоте 10 м составляет 4,5, что свидетельствует о значительной пространственной изменчивости этой характеристики. На высоте 50 м это отношение снижается до 2,2, на высоте 100 м – до 1,6, а на высоте 150 м – до 1,4. Поэтому следующей особенностью пространственного распределения ветроэнергетического потенциала в регионе является выравнивание с высотой скоростного режима ветра и его энергетических характеристик.

Библиографический список

1. Рыхлов А. Б. Анализ применения различных законов распределения для выравнивания скоростей ветра на юго-востоке европейской территории России // Изв. Саратов. ун-та. Нов. сер. Сер. Науки о Земле. 2010. Т. 10, вып. 2. С. 25–30.
2. Рыхлов А. Б. К вопросу об аппроксимации скоростей ветра на юго-востоке европейской территории России законом распределения Вейбулла–Гудрича // Изв. Саратов. ун-та. Нов. сер. Сер. Науки о Земле. 2010. Т. 10, вып. 2. С. 32–37.
3. Рыхлов А. Б. Закономерности изменения средней скорости ветра с высотой в приземном слое атмосферы на

УДК 796.5+908

ПРИМЕНЕНИЕ БРЕНДОВ ТЕРРИТОРИИ В ЭКСКУРСИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ (на примере экскурсии «Брендовые места Саратова»)

О. В. Терентьева, Д. Ю. Лощева

Саратовский государственный университет
E-mail: ovterenteva@mail.ru

Статья написана на основе опыта создания и проведения экскурсии «Брендовые места Саратова». Авторы полагают, что в силу того, что бренд территории помогает привлечь потенциальных туристов, разработка экскурсии по знаковым местам является необходимым шагом в этом направлении. В статье также приводятся примеры успешного применения брендирования территории, рассматриваются возможные бренды Саратова и области, анализируется тематика экскурсий, предлагаемых саратовскими туристическими фирмами. Указываются основные этапы создания экскурсии и проблемы при ее проведении.

ЮВ ЕТР для решения задач ветроэнергетики // Учен. зап. ПГГМУ. 2011. Вып. 20. С. 89–100.

4. Рыхлов А. Б. Климато-информационная технология решения ветроэнергетических задач // Изв. Саратов. ун-та. Нов. сер. Сер. Науки о Земле. 2012. Т. 12, вып. 1. С. 30–33.
5. Рыхлов А. Б. Разработка методов климатологической оценки ветроэнергетического потенциала на различных высотах (на примере юго-востока Европейской части России) / под ред. Ю. А. Склярова. Саратов, 2012. 135 с.
6. Научно-прикладной справочник по климату СССР. Л., 1988. Вып. 12–13.
7. Справочник по климату СССР : 5 ч. Ч. 3. Л., 1967. Вып. 12–13.
8. Рыхлов А. Б. Оценка параметров законов изменения средней скорости ветра с высотой в приземном слое атмосферы на юго-востоке европейской части России для решения задач ветроэнергетики // Изв. Саратов. ун-та. Нов. сер. Сер. Науки о Земле. 2011. Т. 11, вып. 2. С. 28–34.
9. Руководство по специализированному климатологическому обслуживанию экономики / под ред. проф. Н. В. Кобышевой. СПб., 2008. 336 с.
10. Милевский В. Ю. Методика исследования скоростных роз и скоростных роз диаграмм ветра // Тр. ГГО. 1960. Вып. 113. С. 57–70.
11. Милевский В. Ю. Вероятность ветра различной скорости на территории СССР // Тр. ЛГМИ. 1961. Вып. 12. С. 58–97.
12. Энциклопедия климатических ресурсов. СПб., 2005. 319 с.
13. Дробышев А. Д., Пермяков Ю. А. Ветровая энергия и ее возможный вклад в ресурсосбережение и экологию Прикамья. Пермь, 1997. 122 с.
14. Анапольская Л. Е., Гандин Л. С. Ветроэнергетические ресурсы и методы их оценки // Метеорология и гидрология. 1978. № 7. С. 11–17.



Ключевые слова: бренд территории, бренды Саратова и Саратовской области, экскурсия, туристическая деятельность.

The Use of Brands of the Territory in the Excursion Activity (on the Example of the Excursion «The Brand Places of Saratov»)

O. V. Terenteva, D. Yu. Loshcheva

The article is written on the basis of the creation's and realization's experience the excursion «The brand places of Saratov». The authors believe that, in virtue of the fact that the brand of the territory helps to attract potential tourists, the development of excursion to the brand



places is a necessary step in this direction. The article also provides examples of the successful application of the territory branding, possible Saratov and the region brands are considered there, the themes of excursions offered Saratov tourist companies are analyzed. The authors point out the creation's stages of the excursion and problems of its realization.

Key words: brand of the territory, brands of Saratov and Saratov region, excursion, touristic activity.

Развитие туристической деятельности предполагает активное использование брендов территорий. Весь сектор экскурсионного туризма по России, который составляет 20–30% от общего объема проданных туров, привязан к брендовым местам [1]. Так, в одном из наиболее «раскрученных» туристических регионов России – Вологодской области – каждый район имеет свой бренд: Великоустюжский район – Дед Мороз, Тарногский район – мёд и т. д. Великий Устюг стал наиболее привлекательным туристическим центром российского северо-запада. Поток туристов сюда почти за 10 лет увеличился в 6 раз, оставив позади такие туристические бренды, как Новгород и Псков [2]. Функционирование бренда «Великий Устюг – родина Деда Мороза» увеличило доходы от туризма в Вологодской области на 30 – 40% [3].

Итак, бренд территории – это уникальный эмоционально-позитивный образ, обусловленный природными, историческими, производственными, социально-культурными и другими особенностями территории, ставший широко известным общественности [4] или, другими словами, имидж, основанный на идентичности территории [2].

Бренд территории помогает привлечь потенциальных туристов, реализовать конкурентные преимущества территории и в конечном счете обеспечить приток финансовых ресурсов [4].

Выделяют несколько основных типов брендов территорий [5]:

- историко-культурный;
- религиозный;
- промышленный;
- туристический;
- этнографический.

По ширине охвата потребителей географические бренды делят на три основные категории: локальный, национальный и мультинациональный.

Саратов и Саратовская область также имеют несколько символов, которые могут стать ее национальными и мультинациональными (мировыми) брендами. Обычно с Саратовом ассоциируются саратовский калач, саратовская гармошка и стерлядь. Однако исторические бренды нашего города за последние десятилетия ушли в прошлое. Так, например, в Волге выловить стерлядь, которая изображена на гербе города, практически невозможно. Другие традиционные бренды – саратовский калач и саратовская гармошка – также на грани исчезновения. Отыскать их в современном Саратове не просто. Знаменитый калач выпускает лишь один

из местных хлебокомбинатов, но в основном по заказам и по современной технологии. То же касается и гармошки. Единственное предприятие, где выпускался этот музыкальный инструмент, было продано его владельцами несколько лет назад, и выпуск саратовской гармошки прекратился.

В 2011 г. была создана рабочая группа при министерстве по развитию спорта, физической культуры и туризма Саратовской области по формированию визитной карточки региона [6]. На одном из заседаний в качестве символа обсуждались саратовская гармоника, саратовский калач, известные писатели и видные деятели Саратовского края Ю. А. Гагарин, К. А. Федин, Н. Г. Чернышевский, Н. И. Вавилов, А. П. Боголюбов, В. Э. Борисова-Мусатов, К. Л. Мюфке, И. А. Слонов, А. Г. Шнитке. В качестве символов были также предложены «золотые огни» (фонари на улицах Саратова), рыболовный промысел на Волге, парк «Липки» и городской парк. Среди архитектурных и мемориальных объектов назывались автомобильный мост через Волгу, памятник Н. Г. Чернышевскому, здание консерватории, памятник «Журавли» на Соколовой горе.

Надо отметить, что экскурсии, которая бы включала большинство мест, связанных с потенциальными брендами города, не существует. Вообще, несмотря на большое число туристических фирм в Саратове, лишь некоторые из них предлагают экскурсии по городу.

На основе анализа сайтов саратовских туристических компаний [7, 8, 9] можно выделить следующую тематику экскурсий, предлагаемых туристам: храмы и церкви Саратова; Саратов немецкий; литературный Саратов; Саратов купеческий; памятники Саратова. Наиболее часто включаются в программы экскурсий проспект Кирова, набережная Космонавтов, Музейная площадь, Троицкий собор, церковь «Утоли мои печали», места, связанные с именами Н. Г. Чернышевского, К. А. Федина, Ю. А. Гагарина.

Наибольшим спросом среди туристов пользуются обзорная экскурсия по Саратovu, «Храмы и церкви Саратова», а также «Саратов немецкий» благодаря интересу со стороны туристов из Германии [9].

В силу того, что бренд территории помогает привлечь потенциальных туристов, разработка экскурсии по знаковым местам представляется нам необходимым шагом в этом направлении.

Процесс разработки экскурсии «Брендовые места Саратова» включал несколько этапов.

Первоначально надо было отобрать символы города. При этом авторы руководствовались принципом известности широкой публике (в том числе молодежи и гостям Саратовской области), так как экскурсия предназначена для людей всех возрастов, местных жителей и приезжих.

Далее следовал этап поиска и изучения объектов для показа, связанных с каждым брендом. Если интересных объектов оказывалось меньше одного, бренд отбрасывался.



На третьем этапе все отобранные бренды связывались содержательно в одну тему, а объекты показа – в одну подтему.

Важно было также расставить подтемы по порядку их следования. Этому был посвящен четвертый этап. При этом учитывались продолжительность экскурсии и, как следствие, утомляемость экскурсантов, степень нарастания интереса, близкое территориальное размещение объектов по каждой подтеме и скученность объектов показа в целом.

Кроме того, пришлось учесть технологические рекомендации к разработке экскурсии и технические требования к ее проведению.

В итоге авторами в качестве брендов были выбраны следующие символы Саратова: саратовский калач, саратовская гармоника, песня «Огней так много золотых...» из кинофильма «Дело было в Пенькове», автомобильный мост через Волгу, памятник «Журавли» на Соколовой горе, здание консерватории. Из известных личностей в программу экскурсии включены Ю. А. Гагарин, Н. Г. Чернышевский, К. А. Федин, О. И. Янковский, О. П. Табаков.

В ходе экскурсии раскрываются следующие подтемы:

1. Н. Г. Чернышевский в Саратове.
2. К. А. Федин и Саратов.
3. Саратовская гармоника.
4. Огни Саратова.
5. Саратовские деятели культуры.
6. П. А. Столыпин – саратовский губернатор.
7. Знаменитый саратовский калач.
8. Юрий Гагарин на Саратовской земле.
9. Мемориальный комплекс «Журавли».
10. Один из самых длинных мостов Европы.

Экскурсия является автобусно-пешеходной и включает 16 точек показа.

Подтема 1. Н. Г. Чернышевский в Саратове.

Объекты показа: музей-усадьба Н. Г. Чернышевского, памятник Н. Г. Чернышевскому.

Точка 1. Музей-усадьба Н. Г. Чернышевского.

Точка 2. Памятник Н. Г. Чернышевскому.

Подтема 2. К. А. Федин и Саратов.

Объекты показа: музей К. А. Фебина, памятник К. А. Федину.

Точка 3. Музей К. А. Фебина.

Точка 4. Памятник К. А. Федину.

Подтема 3. Саратовская гармоника.

Объекты показа: памятник саратовской гармонике.

Точка 5. Памятник саратовской гармонике.

Подтема 4. Огни Саратова.

Объекты показа: памятник «Огней так много золотых».

Точка 6. Памятник «Огней так много золотых».

Подтема 5. Саратовские деятели культуры.

Объекты показа: консерватория, связанная с именем Л. А. Сметанникова, дом и школа, где учился О. И. Янковский, школа, где учился О. П. Табаков.

Точка 7. Консерватория.

Точка 8. Дом О. И. Янковского.

Точка 9. Школа О. И. Янковского.

Точка 10. Школа О. П. Табакова.

Подтема 6. П. А. Столыпин – саратовский губернатор.

Объекты показа: памятник П. А. Столыпину, особняк А. А. Столыпина.

Точка 11. Памятник П. А. Столыпину.

Точка 12. Особняк А. А. Столыпина.

Подтема 7. Знаменитый саратовский калач.

Объекты показа: мельница Шмидта, саратовский хлебокомбинат им. Стружкина.

Точка 13. Мельница Шмидта.

Точка 14. Саратовский хлебокомбинат им. Стружкина.

Подтема 8. Юрий Гагарин на Саратовской земле.

Объекты показа: Народный музей Ю. А. Гагарина.

Точка 15. Народный музей Ю. А. Гагарина.

Подтема 9. Мемориальный комплекс «Журавли».

Объекты показа: памятник «Журавли».

Точка 16. Соколовая гора, парк Победы.

Подтема 10. Один из самых длинных мостов Европы.

Объекты показа: саратовский мост (панорама города на Соколовой горе).

Экскурсия была не только разработана, но и проведена в тестовом режиме, правда в несколько укороченном варианте. Это выявило следующие проблемы:

- большую продолжительность экскурсии (4 академических часа);
- неоднократное пересечение маршрута в силу его протяженности (35 км);
- наложение отдельных участков маршрута друг на друга при наличии одностороннего движения на некоторых улицах Саратова.

Таким образом, разработка экскурсии по брендовым местам является сложным процессом, предполагающим отбор символов, поиск и изучение объектов показа по каждому бренду, содержательное связывание брендов и объектов показа, расстановку подтем по порядку их следования, а также учет местных условий. В будущем предполагается расширение экскурсии до многодневной программы.

Библиографический список

1. Туринфо. № 13 (536). 3–9 апреля 2007 года. URL : <http://www.tourinfo.ru> (дата обращения: 12.06.2013).
2. Визгалов Д. В. Брендинг города. М., 2011. 160 с.
3. Официальный сайт вотчины Деда Мороза. URL : <http://www.votchina-dm.ru> (дата обращения: 12.06.2013).
4. Макашев М. О. Бренд. М., 2004. 207 с.
5. Сайт Всероссийского научного и общественно-просветительского журнала «Инициативы XXI века».



№ 4, 5, 2011 г. URL: <http://www.ini21.ru> (дата обращения: 12.06.2013).

6. Правительство Саратовской области министерство по развитию спорта и физической культуры. URL: <http://sport.saratov.gov.ru/news/tourism> (дата обращения: 12.06.2013).

7. Официальный сайт туристического агентства «Свет-

лица». URL: <http://svetlica-saratov.ru> (дата обращения: 12.06.2013).

8. Официальный сайт туристической компании «Альянс Тур». URL: <http://www.a-tours.com> (дата обращения: 12.06.2013).

9. Саратовский туристический портал. URL: <http://www.sarrest.ru/cultura/muzei> (дата обращения: 12.06.2013).



ГЕОЛОГИЯ

УДК 551.1/4

МАГНИТНЫЕ ТЕКСТУРЫ КАК ИНДИКАТОРЫ УСЛОВИЙ ФОРМИРОВАНИЯ ТИТОНСКИХ-БЕРРИАССКИХ ПОРОД ГОРНОГО КРЫМА

М. И. Багаева, А. Ю. Гужиков

Саратовский государственный университет
E-mail: багаевami@mail.ru

Измерена анизотропия магнитной восприимчивости ~ 1300 образцов из 10 разрезов титона-берриаса Центрального и Восточного Крыма. В результате анализа магнитных текстур установлена разная степень тектонических деформаций пород, уточнено геологическое строение изученных районов.

Ключевые слова: анизотропия магнитной восприимчивости, магнитная текстура, Горный Крым, юра, мел, титон, берриас.

Magnetic Structures as Indicators Some Features of Formations of Tithonian-Berriasian Rocks in the Mountain Crimea

M. I. Bagaeva, A. Yu. Guzhikov

Anisotropy of magnetic susceptibility was measured in ~ 1,300 samples from 10 sections of the Tithonian-berriasian of the Central and Eastern Crimea. In consequence of the analysis of magnetic structures were found different degrees of tectonic deformation of rocks and corrected geological structure of explored area.

Key words: anisotropy magnetic susceptibility, magnetic structure, Mountain Crimea, jurassic, cretaceous, tithonian, berriasian

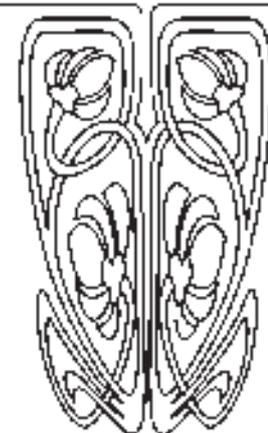
Результаты исследований магнитных текстур (МТ) горных пород широко используются зарубежными исследователями для выяснения условий формирования осадочных толщ на стадиях седиментогенеза и эпигенеза [1]. В нашей стране этой проблемой занимается пока ограниченное количество специалистов [2–4].

Чаще всего в качестве индикатора магнитной текстуры служит анизотропия магнитной восприимчивости (АМВ) – данные о магнитной восприимчивости (К) пород, измеренной по разным направлениям. Данные по АМВ образца традиционно представляются в виде трехосного эллипсоида (рис. 1) с максимальной (длинной) К1, промежуточной (средней) К2 и минимальной (короткой) К3 осями восприимчивости. Проекции К1, К2 и К3 выносятся на стереограмму в виде квадратов, треугольников и кругов соответственно (рис. 2). По значениям осей также рассчитывают многочисленные параметры, характеризующие степень анизотропии, форму зерен и другие особенности магнитной текстуры. Различные типы магнитной анизотропии могут быть индикаторами гидродинамического режима среды осадконакопления, показателями интенсивности деформаций пород и других особенностей седиментогенеза и эпигенеза [5, 6].

В настоящей статье представлены данные по АМВ титона-берриаса Горного Крыма, которые получены в 2009–2012 гг. в рамках магнитостратиграфического изучения пограничного интервала юры-мела этого региона [7, 8]. Кроме того, проведены измерения АМВ нижнемеловых образцов Центрального Крыма из палеомагнитной коллекции О. Б. Ямпольской [9], результаты которых способствовали геологической интерпретации авторских данных о магнитной анизотропии. Для



НАУЧНЫЙ
ОТДЕЛ



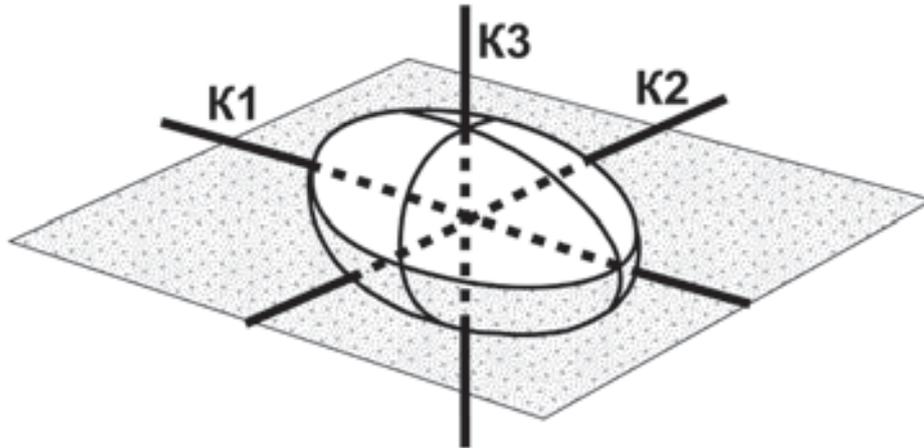


Рис. 1. Схема эллипсоида анизотропии магнитной восприимчивости

исследований АМВ использовались ориентированные образцы в виде кубиков с ребрами 2 см, измерения K выполнялись в 15 разных положениях на каппабридже МФК-1FB, анализ данных проводился с помощью программы Anisoft 4.2.

Объекты исследований

В Восточном Крыму (г. Феодосия и бассейн р. Тонас) изучены следующие разрезы титона-берриаса: Орджоникидзе (обнажение 2902, титон), Двукорная бухта (обнажения 2901, 2922–2924, верхний титон – нижний берриас), мыс Феодосийский и мыс Святого Ильи (обнажения 2920, 2921 и 2456 соответственно, нижний берриас), р. Кучук-Узень (обнажения 2941, 2942, нижний берриас), Заводская балка (обнажения 2900, 2925, верхний берриас) (см. рис. 2).

В Центральном Крыму на северных склонах Караби близ сел Балки и Межгорье (Белогорский район) исследовался берриасский ярус (обнажения 2940, 2943, 2944, 2947–2951) (см. рис. 2).

В общей сложности, АМВ измерена у 1340 образцов, взятых с 522 разных стратиграфических уровней титона-берриаса.

Кроме того, по нижнемеловой коллекции О. Б. Ямпольской изучена магнитная анизотропия у 145 образцов из берриаса р. Тонас, сел Балки и Пасечное Белогорского района (обнажения 2415, 2419, 2420), а также 65 образцов из баррема-апта Центрального Крыма (села Верхоречье, Партизанское и п. Марьино) (см. рис. 2).

В литологическом отношении изученные разрезы представлены преимущественно глинистыми и карбонатными отложениями. Практически все известняки слабомагнитны ($K = 1-9 \cdot 10^{-5}$ ед. СИ), магнитная восприимчивость глин варьирует в широких пределах – от 10 до $110 \cdot 10^{-5}$ ед. СИ.

Результаты измерений АМВ

Рассматривая материалы по всем разрезам в совокупности, каких-либо закономерностей на

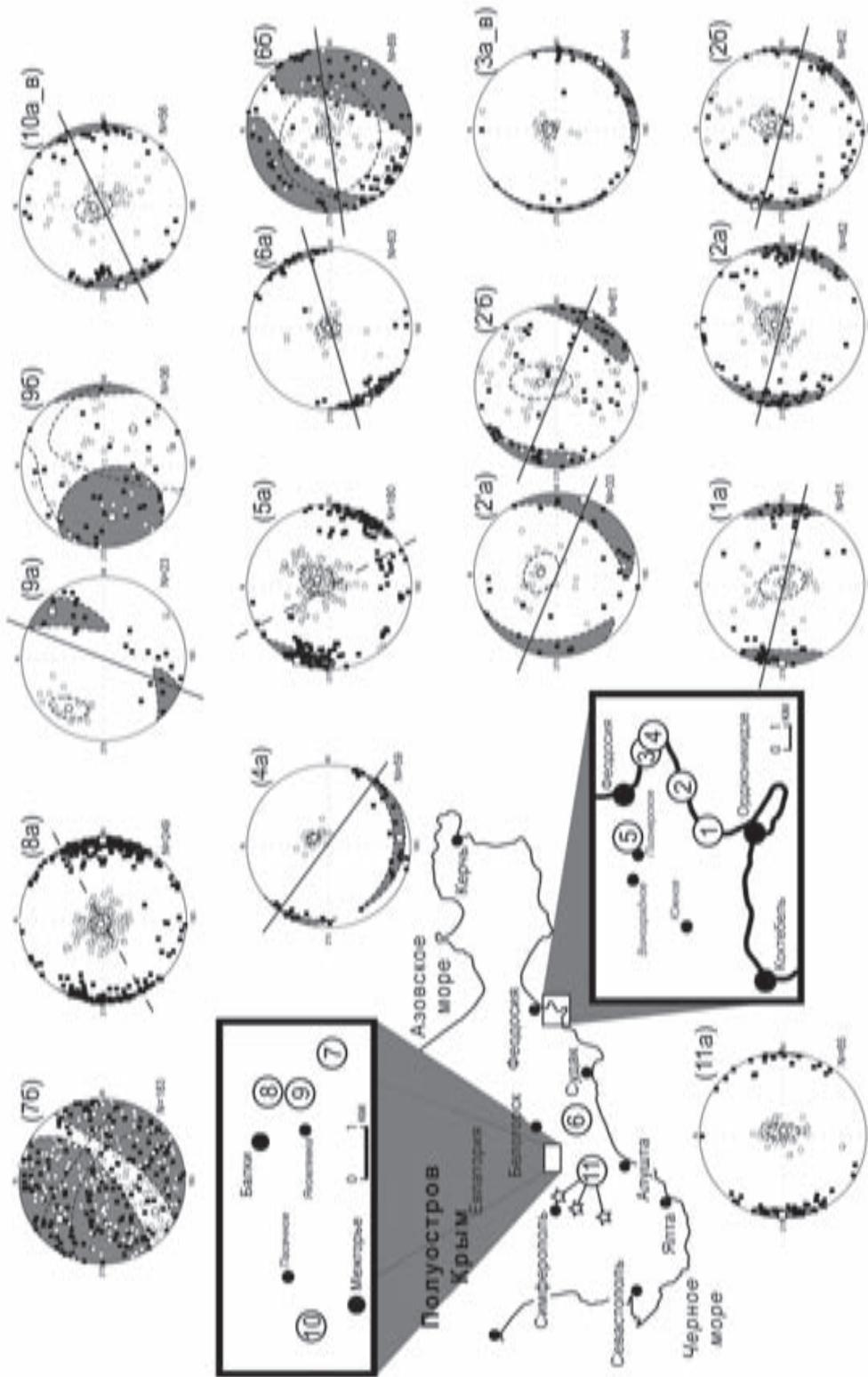
стереограммах АМВ обнаружить невозможно, но они отчетливо проступают после дифференцированного анализа магнитных текстур по различным литологическим разностям. Для всех глин характерна плоскостная анизотропия, осложненная в той или иной степени упорядоченностью длинных осей магнитных эллипсоидов в определенных направлениях (рис. 3, тип 1). Степень упорядоченности $K1$ пропорциональна величине параметра $L = (K1/K2) \cdot 100\%$ (lineation). По различиям в значениях L и особенностям распределения проекций коротких осей, наблюдаемых в глинах, магнитные текстуры можно разделить на несколько подтипов:

1.1. Упорядоченность длинных осей проявлена слабо, проекции коротких осей сгруппированы в центре стереограммы (см. рис. 2, стереограмма 8а). В некоторых случаях отмечается смещение среднего значения $K3$ на $7-17^\circ$ от центра стереограммы (см. рис. 2, стереограммы 3а_в, 4а). Величины параметра L колеблются в пределах $0.4-0.5\%$.

1.2. Упорядоченность длинных осей хорошо заметна, проекции коротких осей растянуты вдоль направления перпендикулярного ориентировке $K1$, но средние значения $K3$ тяготеют к центру стереограммы (см. рис. 2, стереограммы 1а, 2а, ба). Иногда среднее значение $K3$ смещено от центра стереопроекции (см. рис. 2, стереограмма 5а). Значения L варьируют от 0.8 до 1.4% .

1.3. Упорядоченность длинных осей выражена отчетливо, а проекции коротких осей группируются близко к краю стереограммы (см. рис. 2, стереограмма 9а). Величина параметра L составляет 1.3% .

Подобное деление весьма условно, потому что многие магнитные текстуры с равным успехом могут быть отнесены к разным группам, например, АМВ на стереограммах 5а и ба (см. рис. 2) являются промежуточным случаем между подтипами 1.1 и 1.2 (рис. 3). На самом деле, все данные по глинам (см. рис. 3, тип 1) характеризуют фрагмент своеобразного «изоморфного» ряда



1 2 3 4 5 6 7 8 9

Рис. 2. Схемы расположения изученных разрезов и стереограммы АМВ по ним: прямые линии, проходящие через центр стереограмм, соответствуют преимущественному простиранию пластов. Цифры на схемах расположения и в номерах стереограмм соответствуют разрезам: 1 – п. Орджоникидзе; 2 – Двужорная бухта; 3 – мыс Феодосийский; 4 – мыс Святого Ильи; 5 – Заводская балка; 6 – рр. Тонас и Кучук-Узень (все Восточный Крым); 7 – овраг Ени-Сарай; 8 – обнажение 2940 у с. Балки; 9 – обнажение 2952 у с. Балки; 10 – села Межгорье и Пасечное; 11 – села Верхоречье, Партизанское и п. Марьино; условные обозначения: 1, 2 – проекции длинных (К1) и коротких (К3) осей эллипсоидов АМВ (в древней системе координат); 3, 4 – средние значения К1 и К3 соответственно; 5, 6 – овалы доверия для К1 и К3 соответственно, 7 – линии преимущественного простирания пластов (пунктиром недостоверные); 8 – местоположения разрезов титано-берриаса; 9 – месторасположения разрезов баррема-апта; а, в – глины, известняки, мергели соответственно

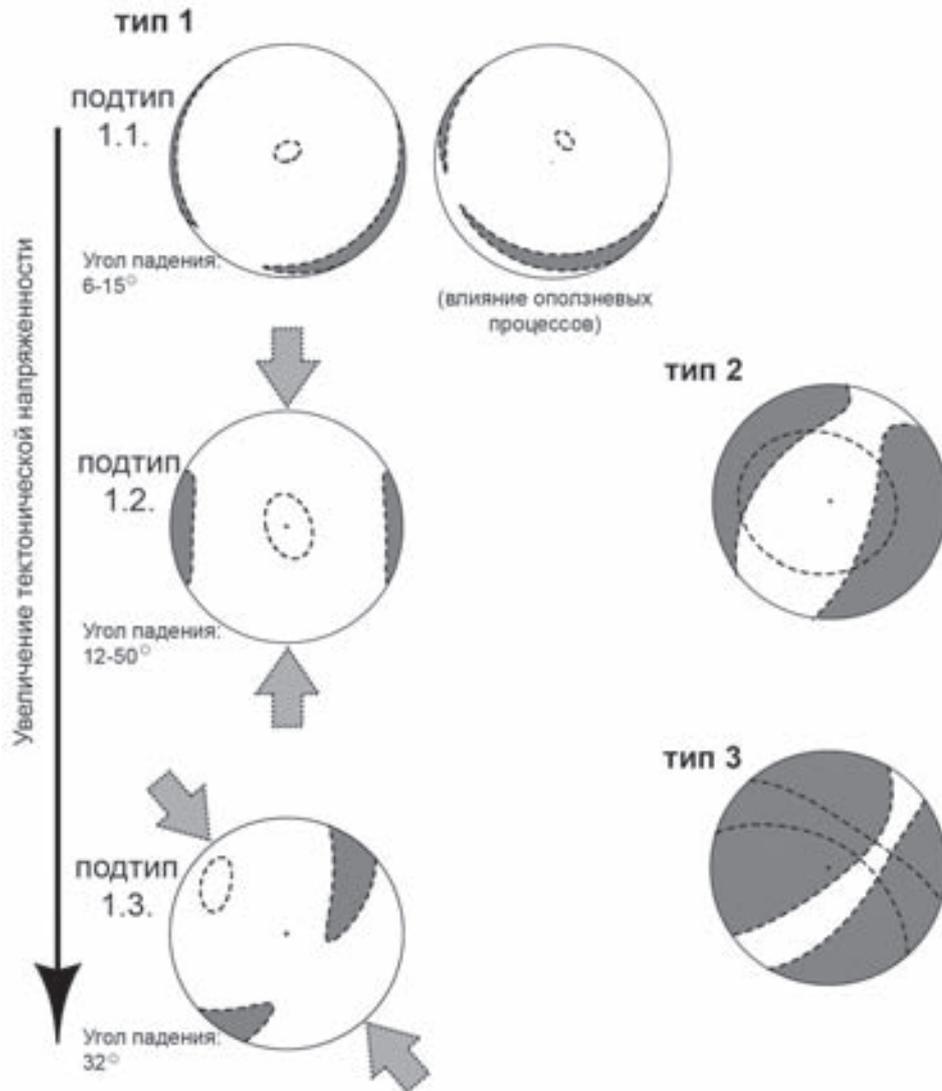


Рис. 3. Типизация магнитных текстур (стрелками показаны предположительные направления тектонических напряжений)

АМВ осадочных пород. Крайними членами этого ряда являются первичная МТ отложений (для которой характерно равномерное распределение К3 в центре, а К1 – по краю стереограммы), с одной стороны, и линейная МТ, соответствующая породам, подвергшимся максимальному тектоническому стрессу (К1 группируются в центре, а К3 упорядочиваются в направлении сжатия) – с другой [5, 6].

В изученных нами известняках, которые в отличие от пластичных глин практически не деформируются, либо проявляют слабые тенденции к упорядочиванию К1 и группированию проекций К3 близко к центру (см. рис. 2, стереограммы 2б, 2'б, 6б), выделенные нами в тип 2 (см. рис. 3), либо в них фиксируется хаотичное распределение и длинных, и коротких осей (см. рис. 2, стереограммы 7б, 9б), что соответствует типу 3 (см. рис. 3). АМВ на стереограмме рис. 2, 6б можно рассматривать как промежуточный случай между типами

2 и 3. Для того чтобы исключить подозрения об обусловленности хаотичной магнитной текстуры приборной погрешностью измерений слабомагнитных известняков (в основном $K < 3 \cdot 10^{-5}$ ед. СИ), был проведен анализ двух выборок образцов – с ошибкой измерений менее и более 5 % соответственно. Результаты теста показали, что характер МТ в этих двух выборках одинаков (рис. 4).

Геологическая интерпретация данных АМВ

Магнитные текстуры глин, характерной особенностью которых является упорядоченность К1 (см. рис. 3, тип 1), отражают направления неотектонических деформаций и, вероятно, степень их интенсивности – от минимальной в разрезах мыс Святого Ильи, Феодосийский мыс и обнажения 2940 у с. Балки (см. рис. 2, стереограммы 3а_в, 4а, и 8а соответственно) до максимальной в обнажении 2952 у с. Балки (см. рис. 2, стереограмма 9а).

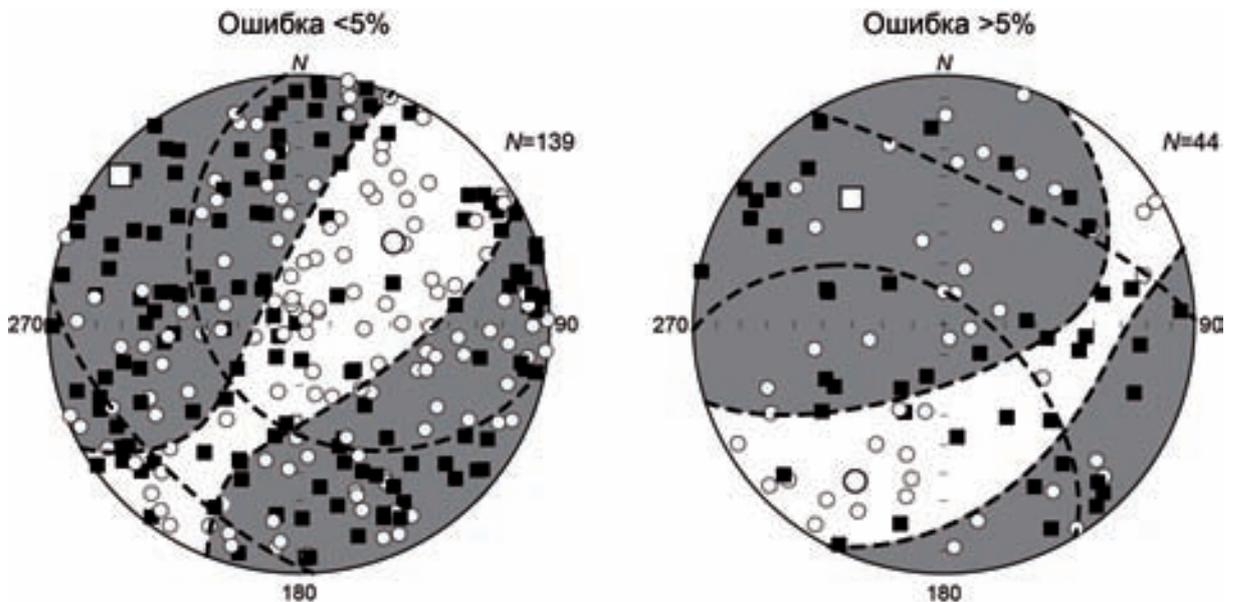


Рис. 4. Сравнение АМВ в слабомагнитных известняках с разной погрешностью (ошибкой) измерений

Магнитная текстура подтипа 1.3 (см. рис. 3) наблюдается только в обнажении 2952 близ с. Балки (см. рис. 2, стереограмма 9а) и свидетельствует о том, что породы здесь подверглись сильному локальному сжатию по оси ЮВ-СЗ [1, 10]. Этот разрез характеризуется плохим качеством палеомагнитных данных, а известняки, слагающие его верхи, кливажированы и содержат комплекс фораминифер, отличный от такового в нижележащих терригенных породах, но идентичный микрофаунистическому комплексу в более древних известняках (данные А. А. Федоровой, ФГУП «Геолоразведка», Санкт-Петербург). Совокупность перечисленных особенностей позволяет сделать вывод, что тектоническое сжатие здесь сформировало надвиговую структуру, а кливажированные известняки являются экзотической глыбой (клиппом) более древних пластов. Схожий характер АМВ имеет подтип 1.2 (см. рис. 3), наблюдаемый у глин и мергелей из разрезов Межгорье и Пасечное (см. рис. 2, стереограмма 10а_в): проекции коротких осей растянуты вдоль большого круга (перпендикулярного к направлению, по которому ориентированы К1), но среднее значение К3 тяготеет к центру стереограммы. Это свидетельствует о том, что и здесь (так же как и в обнажении 2952) пластичные отложения подверглись локальному сжатию по линии ЮВ-СЗ, но в меньшей степени.

Глины с магнитными текстурами подтипов 1.1 и 1.2 (см. рис. 3) распространены в титоне-берриасе Центрального и Восточного Крыма, в отличие от глин подтипа 1.3 не локально, а повсеместно, что говорит об обусловленности МТ общей причиной регионального характера – коллизионным сжатием в субмеридианальном направлении. Этот вывод согласуется с общепринятыми представлениями о геодинамике

Крымского полуострова [11]. По сравнению с породами, отнесенными нами к подтипам 1.3, глины подтипов 1.1 и 1.2 в целом подверглись не столь значительным тектоническим стрессам, но степень их деформированности, скорее всего, разная. Например, АМВ нижнего берриаса у с. Балки (см. рис. 2, стереограммы 3а_в, 4а и 8а соответственно) почти не отличается от первичных осадочных текстур. А в разрезе верхнего берриаса Заводская балка, представленном аналогичными глинами, картина магнитной анизотропии близка к подтипу 1.2, указывающему на значительную деформацию пород (см. рис. 2, стереограмма 5а).

Незначительные отклонения (на 7–17°) средних значений К3 от центра (см. рис. 2, стереограммы 3а_в, 4а, 5а) могут быть связаны с неучтенным наклоном поверхности рампа, на которой накапливался осадок [8], оползневыми смещениями [12], неточным определением элементов залегания либо с совокупностью этих факторов.

До некоторой степени исключением из отмеченных выше закономерностей являются глины из верхов разреза Двужорная бухта (см. рис. 2, стереограмма 2'а), характеризующиеся весьма слабой упорядоченностью осей магнитных эллипсоидов. Возможно, это связано с диагенетическими деформациями вследствие сползания нелитифицированного глинистого осадка по пологому склону рампа [8, 13], обусловившими хаотичное распределение К3, которое было частично ликвидировано неотектоническими сжатиями.

В пользу неотектонических движений как главного фактора, определившего облик магнитных текстур глин, свидетельствуют:

– примерное совпадение направлений, вдоль которых ориентированы К1, с преимущественным простираем слоев (см. рис. 2). Отклонения от



этой закономерности в Заводской балке и обнажении 2940 у с. Балки (см. рис. 2, стереограммы 5а, 8а), возможно, связаны с неточностями в определении элементов залегания, ввиду отсутствия твердых разностей слоев с четко выраженными поверхностями напластования. Применительно к разрезу мыс Феодосийский про преимущественное простирание пластов говорить не приходится, потому что направления их падений при субгоризонтальном (до 10°) залегании очень разные;

– прямая связь степени упорядоченности К1 с углами падения пластов в подтипе 1.1: слабая анизотропия характерна для субгоризонтального залегания с углами падения от 6 до 15° (см. рис. 2, стереограммы 3, 4, 8), а явно выраженной анизотропии К1 соответствуют наклоны пластов 12 – 50° (см. рис. 2, стереограммы 1, 2а, 9а, 10);

– АМВ, аналогичная подтипу 1.2, проявляется

на стереограммах, соответствующих барремским-аптским глинам (см. рис. 2, стереограмма 11), что исключает версию об обусловленности магнитных текстур позднекиммерийской складчатостью в конце берриасского века.

Хаотичное распределение осей эллипсоидов магнитной восприимчивости в нижнеберриасских известняках Центрального Крыма (см. рис. 2, стереограммы 7б, 9б), скорее всего, связано с образованием магнетита в биотурбациях, которыми изобилуют карбонатные породы в изученном разрезе. Биогенный магнетит содержится в организмах многих ракообразных [14], кроме того, биотурбации могут заселяться магнетитпродуцирующими бактериями [15]. Произвольная конфигурация ихнофоссилий и их неравномерное распределение в объеме образца (рис. 5) предопределяют хаотичный характер магнитной текстуры.

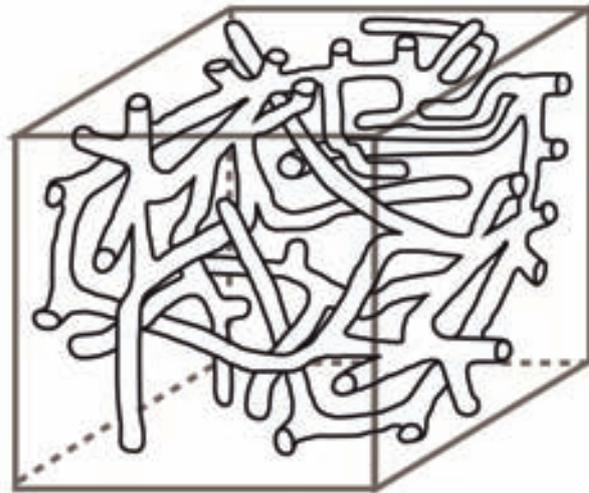


Рис. 5. Схематичное изображение биотурбированного образца

Титонские-нижнеберриасские известняки в разрезах Двужорная бухта и рр. Тонас и Кучук-Узень (Восточный Крым) обнаруживают хотя и не столь выраженную как в глинах, но все же заметную тенденцию к упорядоченности длинных осей магнитных эллипсоидов (см. рис. 2, стереограммы 2б, 2'б, 6б,г), не выявленную в известняках Центрального Крыма. Возможно, этот эффект обусловлен более активными тектоническими процессами в Восточном Крыму, но пока нельзя исключить и других вариантов интерпретации магнитной анизотропии известняков Восточного Крыма (например, турбидитную природу магнитной текстуры).

Заключение

Массовые данные по анизотропии магнитной восприимчивости титона и нижнего мела Горного Крыма являются первыми материалами подобного рода для этого региона. Проведенный нами качественный анализ магнитных текстур,

очевидно, не исчерпал информационного потенциала полученных нами сведений, но уже позволил получить нетривиальные геологические результаты, а именно:

1) выявить по данным о магнитной анизотропии, в сочетании с микрофаунистическими данными, существование неизвестного ранее дизъюнктивного нарушения (клиппа), уточнив тем самым геологическое строение исследуемого района (близ с. Балки) Центрального Крыма;

2) определить направления деформаций пород в разных районах горного Крыма вследствие тектонических подвижек;

3) установить факт отражения биотурбаций в магнитной анизотропии, что особенно актуально для обоснования древней природы намагниченности при проведении палеомагнитных исследований;

4) обосновать неотектонический возраст последней деформации титонских-берриасских слоев Центрального и Восточного Крыма.



Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 14-05-311152 мол_а) и Минобрнауки России в рамках базовой части (государственная регистрация № 1140304447, код проекта 1582) и в сфере научной деятельности по заданию № 1757.

Библиографический список

1. Tarling D. H., Hrouda F. The magnetic anisotropy of rock. L., 1993. 217 p.
2. Матасова Г. Г., Казанский А. Ю., Зыкина В. С. Анизотропия магнитной восприимчивости лессово-почвенных отложений (на примере опорного разреза Белово, Западная Сибирь) // Физика Земли. 2004. № 2. С. 50–65.
3. Matasova G. G., Kazansky A. Yu. Magnetic properties and magnetic fabrics of Pleistocene loess/palaeosol deposits along west-central Siberian transect and their palaeoclimatic implications // Magnetic Fabric : Methods and Applications. Geological Society, London, Special Publications. 2004. № 238. P. 145–173.
4. Попов В. В., Журавлев А. В. Использование анизотропии различных магнитных параметров для определения направления сноса материала при изучении турбидитных потоков // Нефтегазовая геология. Теория и практика. 2012. Т. 7. № 1. URL : http://www.ngtp.ru/rub/2/11_2012.pdf (дата обращения : 25.11.2013).
5. Chadima M. Magnetická anizotropie hornin (stručný přehled a využití v geologii). 2008. URL : <http://www.sci.muni.cz/~chadima/geomagnetismus/anizotropie2.pdf> (дата обращения :)
6. Borradaile G. J., Henry B. Tectonic applications of magnetic susceptibility and its anisotropy // Earth-Science Reviews. 1997. № 42. P. 49–93.
7. Аркадьев В. В., Багаева М. И., Гужиков А. Ю., Маникин А. Г., Перминов В. А., Ямпольская О. Б. Био- и магнитостратиграфическая характеристика разреза верхнего берриаса «Заводская балка» (восточный Крым, Феодосия) // Вестн. С.-Петерб. ун-та. Сер. Геология. География. 2010. Т. 7, № 2. С. 3–16.
8. Гужиков А. Ю., Аркадьев В. В., Барабошкин Е. Ю., Багаева М. И., Пискунов В. К., Рудько С. В., Перминов В. А., Маникин А. Г. Новые седиментологические, био- и магнитостратиграфические данные по пограничному юрскому – меловому интервалу Восточного Крыма (г. Феодосия) // Стратиграфия. Геологическая корреляция. 2012. Т. 20, № 3. С. 35–71.
9. Ямпольская О. Б., Барабошкин Е. Ю., Гужиков А. Ю., Пименов М. В., Никульшин А. С. Палеомагнитный разрез нижнего мела Юго-Западного Крыма // Вестн. Моск. ун-та. Сер. Геология. 2006. № 1. С. 3–15.
10. Lanza R., Meloni A. The Earth's Magnetism : An Introduction for Geologist. Springer. 2006. 278 p.
11. Никушин А. М., Болотов С. Н., Барабошкин Е. Ю., Брунэ М. – Ф., Еришов А. В., Клутинг С., Конаевич Л. Ф., Назаревич Б. П., Панов Д. И. Мезозойско – кайнозойская история и геодинамика Крымско – Кавказско – Черноморского региона // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 4, Геология. 1997. № 3. С. 6–16.
12. Новик Н. Н., Борисенко Л. С., Гук В. И., Люльев Ю. Б., Сидоренко Е. П. Оползни района г. Феодосия // Геологический журн. 1985. Т. 45, № 4. С. 110–117.
13. Багаева М. И., Гужиков А. Ю. Отражение в анизотропии магнитной восприимчивости (AMS) условий формирования пород нижнего мела Горного Крыма // Меловая система России и ближнего зарубежья : проблемы стратиграфии и палеогеографии / под ред. Е. Ю. Барабошкина, Н. А. Бондаренко, К. Е. Барабошкина. Краснодар, 2012. С. 28–30.
14. Баскирк Р. Е., О'Брайен У. П. мл. Остаточная намагниченность и реакции на магнитное поле у ракообразных // Биогенный магнетит и магниторецепция. Новое о биомагнетизме : в 2 т. / пер. с англ. ; под ред. Дж. Киршвинка, Д. Джонса, Б. Мак-Фаддена. М., 1989. Т. 2. С. 123–146.
15. Stolz J. F., Chang S. B. R., Kirschvink J. L. Magnetotactic bacteria and single-domain magnetite in hemipelagic sediments // Nature. 1986. Vol. 321. P. 849–851.

УДК [551.83:551.735.1](470.44)

ТЕРРИГЕННО-МИНЕРАЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА БОБРИКОВСКОГО ГОРИЗОНТА САРАТОВСКОГО ЗАВОЛЖЬЯ: ПАЛЕОГЕОГРАФИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ

О. П. Гончаренко, С. В. Астаркин¹, Ю. А. Писаренко²

Саратовский государственный университет

¹ Филиал ООО «ЛУКОЙЛ-Инжиниринг» «КогалымНИПИнефть», г. Тюмень

² Нижне-Волжский научно-исследовательский институт геологии и геофизики, Саратов

E-mail: sv.astarkin@rambler.ru

Приведена терригенно-минералогическая характеристика бобриковского горизонта в пределах Саратовского Заволжья на примере Березовской группы поднятий. Установлено ка-



чественное и количественное изменение состава минералов тяжелой фракции по разрезу. Отсутствие резких, скачкообразных изменений всех характеристик вещественного состава свидетельствует об относительной непрерывности разреза. На основании изучения минерального состава выделены терригенно-минералогические ассоциации для бобриковских отложений. Выявлены основные источники сноса, контролирующие состав терригенно-минералогических ассоциаций и их изменение.

Ключевые слова: терригенно-минералогические ассоциации, бобриковский горизонт, обстановки осадконакопления, источники сноса, Саратовское Заволжье.



Terrigenous-mineralogic Characteristics of the Bobrikovskian Horizon from the Saratov Trans-Volga Region: Paleogeographical Aspects

O. P. Goncharenko, S. V. Astarkin, Yu. A. Pisarenko

Terrigenous-mineralogic characteristics of the Bobrikovskian horizon within the Saratov Trans-Volga Region is provided in terms of the Berezovskaya group of rises. The quantitative and the qualitative composition changes of the heavy fraction minerals within the section have been determined. The lack of abrupt, intermittent changes of any material composition characteristics testifies to the section relative continuity. Examination of the mineral composition has provided the basis for specifying terrigenous-mineralogic associations in the Bobrikovskian deposits. Principal source areas have been revealed, those that control compositions and changes in the terrigenous-mineralogic associations.

Key words: terrigenous-mineralogic associations, Bobrikovskian horizon, sedimentation settings, source area, Saratov Trans-Volga Region.

Общеизвестно, что терригенно-минералогические исследования являются неотъемлемой частью литолого-фациальных исследований и необходимы при детальных палеогеографических реконструкциях. В середине прошлого столетия изучение акцессорных минералов являлось неотъемлемой частью литологических исследований в нефтяной геологии, однако в последние десятилетия исследование вещественного состава терригенных коллекторов либо не осуществляется, либо носит формальный характер, без какого-либо последующего анализа. В связи с этим в данной статье предлагается рассмотреть результаты изучения терригенно-минералогического состава бобриковского горизонта, являющегося регионально нефтегазоносным как в пределах объекта изучения – Саратовского Заволжья (рис. 1), так и Волго-Уральской провинции в целом [1, 2]. Последние подобные исследования в пределах Саратовско-Волгоградского Поволжья проводились более четверти века назад Л. П. Съестновой [3, 4].

В. П. Батурич [5, 6], И. М. Губкин [7], Н. Б. Вассоевич [8], В. А. Гроссгейм с соавторами [9] и другие ученые неоднократно в своих работах подчеркивали необходимость проведения минералогических исследований при реконструкции обстановок седиментации в нефтегазоносных осадочных бассейнах. При комплексном изучении применение минералогического анализа позволяет детализировать обстановку седиментации в палеобассейне, определить морфологию и характер распространения песчаных тел (перспективных ловушек нефти и газа) и их зоны выклинивания. Особенно важно применение терригенно-минералогических исследований при поисках литологических залежей нефти и газа, являющихся первоочередным объектом для проведения геолого-разведочных работ (ГРП) в пределах Саратовского Заволжья [10–12].

Терригенно-минералогическое изучение отложений проведено в пределах Саратовского Ближнего Заволжья на примере Березовской группы поднятий (БГП), где бобриковский горизонт представлен светло-серыми, серыми алевро-песчаными породами и залегает на глубинах 2356–2423 м (рис. 2) [12, 13].

При изучении минералов тяжелой фракции было установлено, что в независимости от минерального состава бобриковских отложений наибольший выход тяжелой фракции приурочен к гранулометрическому спектру 0,063–0,08 и 0,08–0,1 мм.

Практически во всех изученных образцах были определены устойчивые (турмалин, рутил, циркон, гранаты), титаносодержащие (лейкоксен, анатаз), рудные (ильменит) минералы и хромшпинелиды (хромит), количественное соотношение которых позволило установить терригенно-минералогические ассоциации (ТМА) для бобриковских отложений.

Турмалин в бобриковском горизонте в пределах БГП встречается в виде призматических кристаллов и их обломков и характеризуется повсеместным присутствием в тяжелой фракции. Облик кристаллов удлиненно- и реже короткопризматический, в сечении образует сферический треугольник, грани кристаллов часто с вертикальной штриховкой, иногда имеют гладкую (чистую) поверхность. Часто встречаются призмы {1010} и {1120} в комбинациях с тригональными пирамидами {1011} и {0221}. Окраска минерала в основном бурая до темно-коричневой, иногда серая до черной.

Рутил встречается в осадках в виде разнообразной формы кристаллов, их обломков и зерен различной степени окатанности. Кристаллы имеют обычно удлиненно-призматический облик, иногда в комбинации с бипирамидой. Поверхность призматических кристаллов рутила гладкая и зачастую характеризуется вертикальной (тонкой) или диагональной штриховкой. Обломки обычно неправильной формы и различной степени окатанности; встречаются удлиненно-овальные зерна. По окраске различают красные, вишнево-красные, красновато-бурые, иногда золотисто-желтые, желтовато-коричневые разновидности. Зерна рутила в основном прозрачные чистые, редко лейкоксенизированы.

Для рутила в изученных образцах установлено три морфологических типа. Рутил как наиболее распространенный минерал россыпей встречается в виде кристаллов столбчато-призматического облика. Для них характерны комбинационные формы призм (тетрагональных и дитетрагональных) с дипирамидой и иногда с усеченной дипирамидой (в комбинации с пинакоидом). Их поперечное сечение часто приобретает псевдоокруглые очертания за счет осложнения гранями призматической зоны. Этот тип форм рутила характерен для метаморфических пород и гораздо реже встречается в

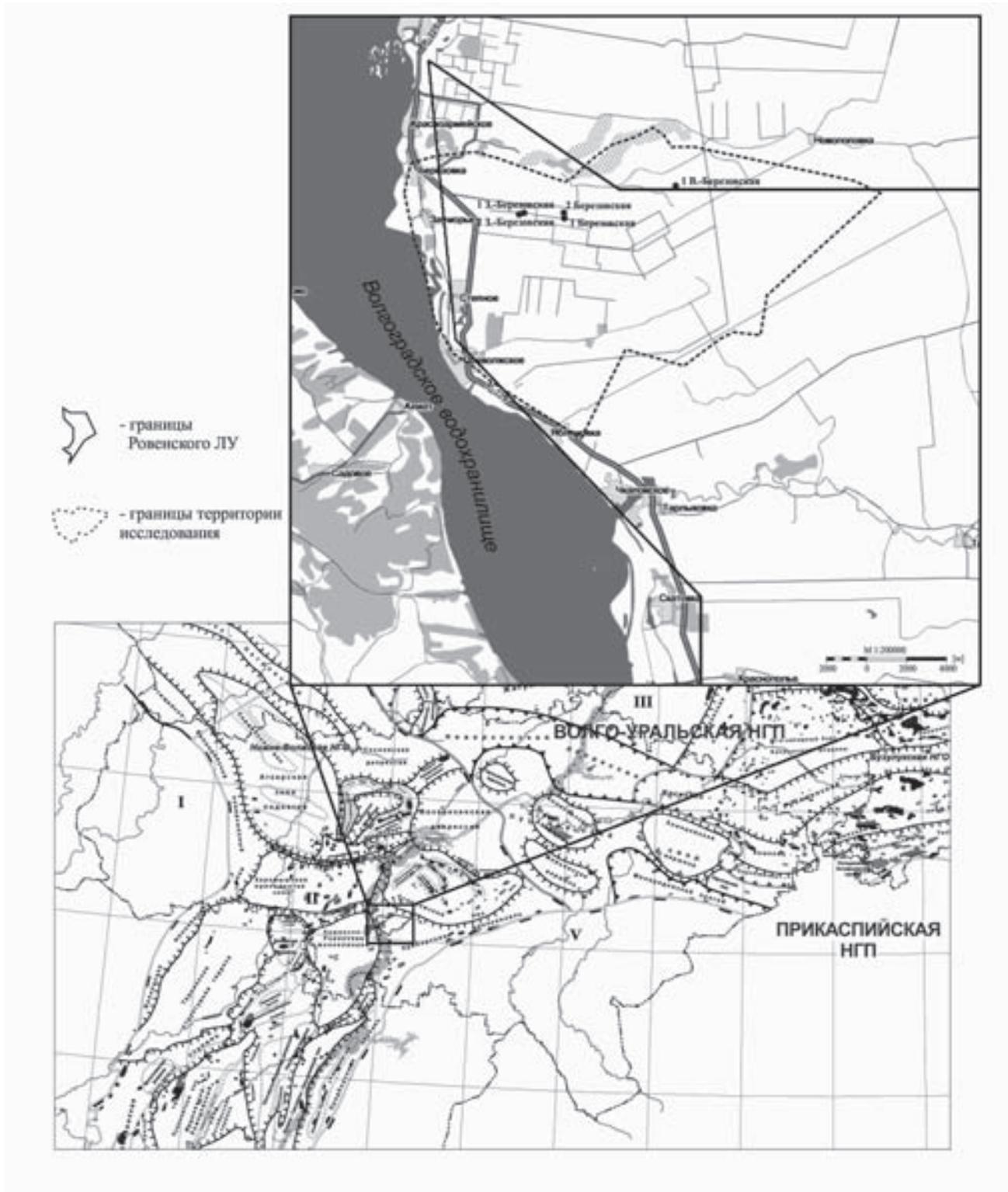


Рис. 1. Обзорная схема территории исследования

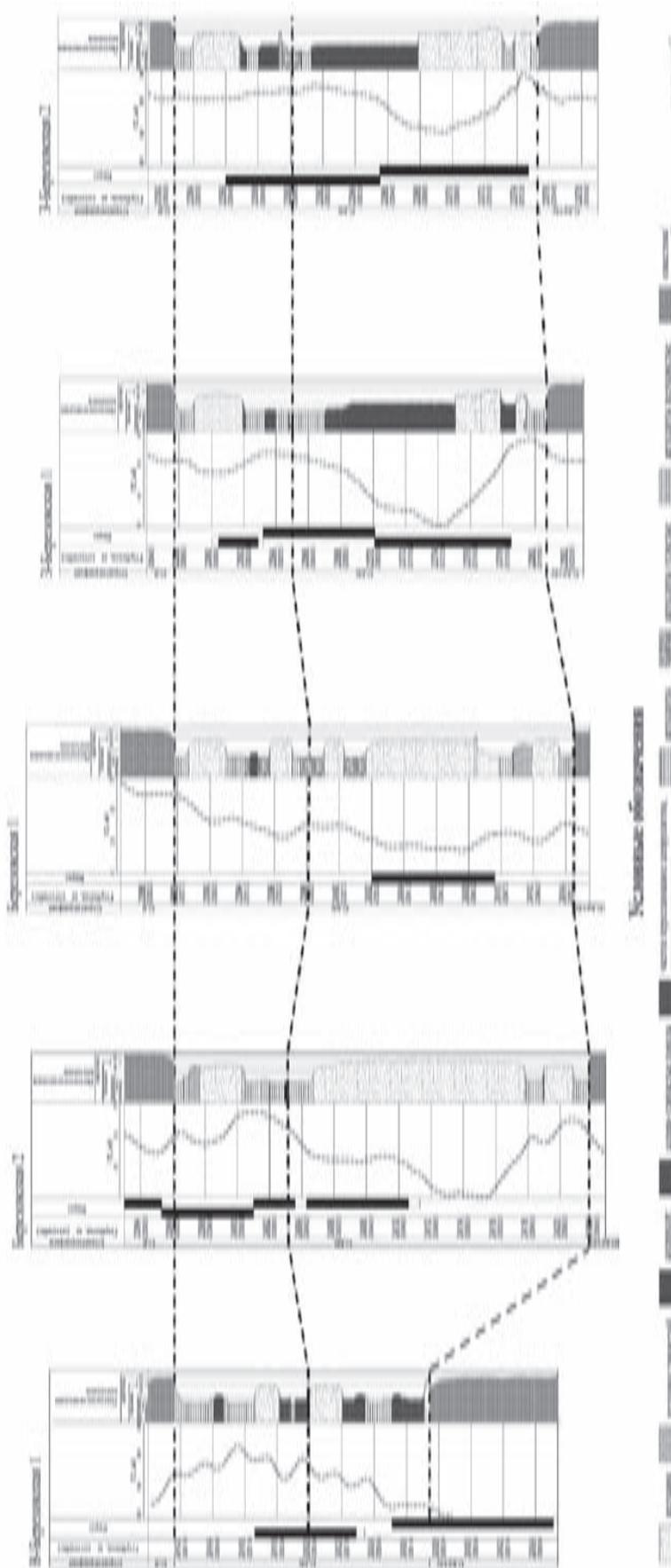


Рис. 2. Схема корреляции бобриковского горизонта Березовской группы поднятий



изверженных горных породах. Второй тип рутила представлен колечкатыми двойниками (символы граней – 111, 100, 110, 010), который наиболее характерен для пегматитовых жил. Третий тип рутила – зернистые агрегаты окатанной и угловато-окатанной формы – образуются, как правило, в процессе выветривания различных магнезиально-железистых пород.

Циркон в изученных отложениях встречается в виде розовых и желтовато-буроватых зерен, реже прозрачных и бесцветных, различной степени окатанности – от хорошо ограненных кристаллов до овально-округлых зерен. Иногда обнаруживаются зерна с зональным строением, а также со штриховкой на гранях. Благодаря своей устойчивости циркон является весьма распространенным минералом и отмечается практически в каждом анализе любой пробы.

Для циркона установлено три морфологических типа, которые свидетельствуют о различных условиях их образования. Первый «цирконовый» призматический тип характеризуется комбинацией двух тетрагональных призм и тетрагональной дипирамиды, иногда в сочетании со скаленоэдром. Этот тип наиболее распространен в сиенитах и щелочных сиенитах; иногда встречается в габбро как акцессорный минерал. «Гиацинтовый» призматический тип циркона отличается комбинацией трёх тетрагональных призм с тетрагональной дипирамидой. Он характерен для нормальных гранитов и связанных с ними жильных пород. Третий тип циркона – изометрический – определяется приблизительно одинаковым развитием тетрагональных призм разного порядка и граней основной дипирамиды. Этот тип наиболее часто встречается в умеренно кислых магматических породах, таких как гранодиориты.

Ильменит присутствует практически во всех изученных образцах в виде зерен неправильной формы, которые иногда лейкоксенизированы. Цвет минералов от темно-серого до черного. Его роль в составе тяжелой фракции достаточно мозаична.

Гранаты в осадках представлены прозрачными, бесцветными или окрашенными в розовый цвет и имеют угловатую, реже окатанную форму. Иногда гранаты встречаются в виде хорошо ограненных кристаллов (ромбододекаэдры). Поверхность зерен в основном чистая, хотя отмечается на поверхности сеть мелких трещин.

Анализ представлен в виде кристаллов таблитчатого или бипирамидального габитуса, иногда в виде обломков кристаллов и неправильных зерен, голубого, сине-голубого цвета. Минерал прозрачен или полупрозрачен за счет штриховки на поверхности зерен.

При изучении минерального состава тяжелой фракции пород бобриковского горизонта в пределах Западно-Березовского поднятия (скв. 1,2 Западно-Березовские) было установлено закономерное увеличение содержания тяжелых

минералов от кровли к подошве (до 5–6% от веса гранулометрической фракции) и выделено два интервала разреза.

В I интервале (2360.3–2361.9 м, скв. 1 Западно-Березовская; 2356.7–2357.7 м, скв. 2 Западно-Березовская) минеральный состав тяжелой фракции представлен в основном турмалином, рутилом, цирконом, ильменитом и лейкоксеном. Иногда присутствуют единичные зерна гранатов и анатаза. Турмалин встречается в виде удлиненно-призматических кристаллов с гладкой (чистой) поверхностью. Для рутила характерны кристаллы удлиненно-призматического облика, иногда в комбинации с бипирамидой. Обломки обычно неправильной формы и различной степени окатанности; встречаются удлиненно-овальные зерна. По окраске различают красные, вишнево-красные, красновато-бурые, иногда золотисто-жёлтые, желтовато-коричневые разновидности. Для циркона установлено два морфологических типа. «Цирконовый» призматический тип характеризуется комбинацией двух тетрагональных призм и тетрагональной дипирамиды, иногда в сочетании со скаленоэдром. Изометрический тип циркона определяется одинаковым развитием тетрагональных призм разного порядка и граней основной дипирамиды. Ильменит встречается реже в данном разрезе и с ним часто ассоциирует лейкоксен. Отличительной особенностью данного интервала является присутствие в составе тяжелой фракции единичных зерен гранатов и анатаза. Для I интервала установлена циркон-рутил-турмалиновая ТМА.

Во II интервале (2369.7–2375.5 м, скв. 2 Западно-Березовская) увеличивается роль рудных минералов – ильменита и появляется хромит. Для рутила установлено три морфологических типа. Необходимо отметить появление второго типа, представленного колечкатыми двойниками (символы граней – 111, 100, 110, 010) и рутила от темно-красного до черного цвета – нигрина. В отличие от I интервала циркон отличается появлением третьего морфологического типа: «гиацинтового» призматического, характеризующего комбинацией трёх тетрагональных призм с тетрагональной дипирамидой. Для турмалина характерны удлиненно- и короткопризматические формы кристаллов. Во II интервале также установлены единичные зерна гранатов и анатаза. Учитывая роль рудных минералов в составе тяжелой фракции в образцах данного интервала выделена рутил-турмалин-ильменитовая минеральная ассоциация.

При изучении минерального состава тяжелой фракции Березовского поднятия было выделено также два интервала. В I интервале (2402.0–2405.9 м, скв. 1 Березовская; 2398.7–2400.7 м, скв. 2, Березовская) определена циркон-рутил-турмалиновая ТМА. Для циркона установлены все три морфологических типа, характерных для I интервала, выделенного в пределах Западно-Березовского

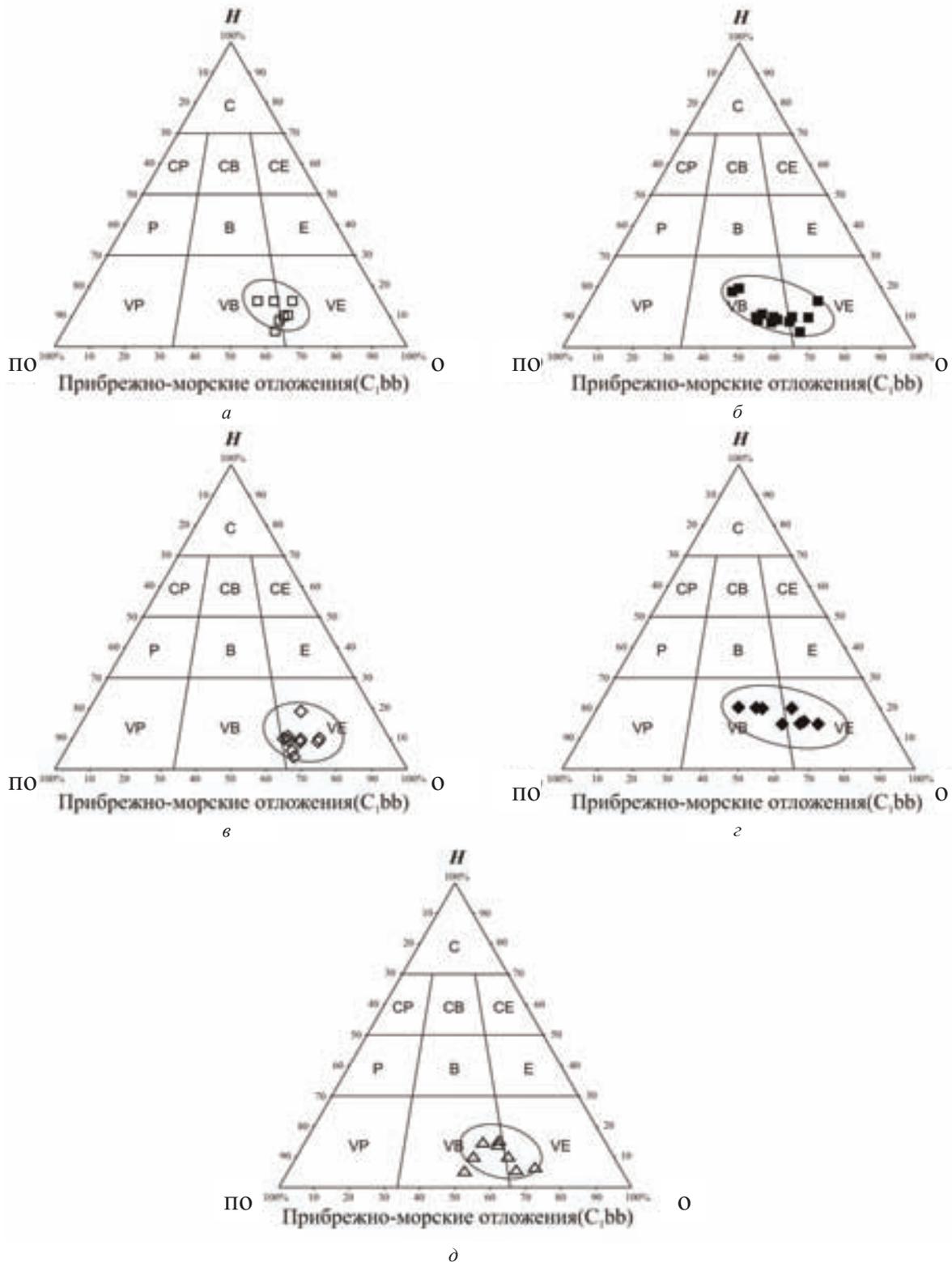


Рис. 3. SF-диаграммы [16] распределения морфологических типов кварца бобриковского горизонта: ПО – полуокатанный; Н – неокатанный; О – окатанный; F – коэффициент формы, S – коэффициент изометричности; морфологические типы: C – Compact, CP – Compact Platy, CB – Compact Bladed, CE – Compact Elongate, P – Platy, B – Bladed, E – Elongate, VP – Very Platy, VB – Very Bladed, VE – Very Elongate; диаграммы морфологических типов кварца: а – скв. 1 Западно-Березовская, б – скв. 2 Западно-Березовская, в – скв. 1 Березовская, г – скв. 2 Березовская, д – скв. 1 Восточно-Березовская



поднятия. Следует отметить отсутствие «гиацинтового» призматического типа циркона, характеризующегося комбинацией трёх тетрагональных призм с тетрагональной дипирамидой, в бобриковских отложениях, вскрытых скв. 2 Березовская. Для рутила характерны кристаллы удлиненно-призматического облика, иногда в комбинации с бипирамидой. Обломки обычно неправильной формы и различной степени окатанности; встречаются удлиненно-овальные зерна. По окраске различают красные, вишнево-красные, красновато-бурые, иногда золотисто-желтые, желтовато-коричневые разновидности. Кроме того, встречаются морфологический тип рутила, представленного коленчатыми двойниками (символы граней – 111, 100, 110, 010). Турмалин встречается в виде удлиненно-призматических кристаллов с символами граней {1010} и {1120}, в основном с гладкой (чистой) поверхностью. В образцах рассматриваемого интервала разреза установлены единичные зерна ильменита, лейкоксена, анатаза. В целом компонентный состав и морфологические особенности минералов тяжелой фракции аналогичны выделенным в пределах I интервала Западно-Березовского поднятия с той лишь разницей, что выход тяжелой фракции не превышает 2,5–4% и приурочен преимущественно к фракции 0,08 мм.

Во II интервале Березовского поднятия (2405.0–2410.8 м, скв. 2 Березовская) тяжелая фракция представлена турмалином, рутилом, цирконом, ильменитом, хромитом. Отмечается увеличение роли рудных минералов – ильменита и появляется хромит. Здесь для рутила установлены два морфологических типа: коленчатые двойники (символы граней – 111, 100, 110, 010) и рутил от темно-красного до черного цвета – нигрин. В отличие от I интервала циркон отличается появлением третьего морфологического типа: «гиацинтового» призматического, характеризующего комбинацией трёх тетрагональных призм с тетрагональной дипирамидой. Для турмалина характерны удлиненно-призматические формы кристаллов с четко-выраженной штриховкой на гранях. Учитывая роль рудных минералов в составе тяжелой фракции в образцах данного интервала выделена рутил-турмалин-ильменитовая минеральная ассоциация.

В пределах Восточно-Березовского поднятия бобриковский горизонт представлен двумя песчаными пластами, разделенными алевро-глинистыми породами. Выделено также два интервала. В I интервале (2416.0–2418.0 м, скв. 1 Восточно-Березовская) по компонентному и количественному соотношению минералов выделена циркон-рутил-турмалиновая терригенно-минералогическая ассоциация. Во II интервале (2420.0–2422.0 м, скв. 1 Восточно-Березовская), так же как и на расположенных рядом Западно-Березовском и Березовском поднятиях, из-за высокого содержания рудных минералов – ильменита – выделена рутил-турмалин-ильменитовая ТМА.

Исходя из приведенных данных, поступление кластического материала происходило в основном с севера, северо-запада, со стороны Татарского свода, вблизи которого наблюдаются ареалы таких минералов, как циркон, турмалин, рутил. Этот комплекс минералов свидетельствует о том, что на данном участке размывались более древние осадочные породы, возможно, девонского возраста. Частично материал поступал с Токмовского и Башкирского сводов, являющихся источником гранатов и рудных минералов (в основном ильменит) соответственно. Присутствие в тяжелой фракции хорошо окатанных минеральных зерен может говорить и о переотложении и перемыве ранее накопившихся осадочных толщ.

Легкая фракция бобриковских отложений в пределах территории изучения представлена преимущественно кварцем (до 100%) с незначительным присутствием глауконита, полевых шпатов и слюд, суммарное содержание которых не превышает 1–2%.

Кварц как наиболее распространенный минерал осадочных пород издавна изучался многими исследователями [14, 15]. Морфологические особенности кварца нами изучались по методике Г. Г. Леммлейна и В. С. Князева, согласно которой из восьми выделенных ими типоморфных групп по характеру включений и их распределению в зернах, нами установлены четыре: 1 – кварц с мелкими включениями, 2 – кварц с крупными включениями, 3 – кварц прозрачный, 4 – кварц опалесцирующий.

Во всех изученных образцах доля прозрачного кварца составляет 50–65% от общей массы пробы, содержание опалесцирующего кварца не превышает 10–15%. На долю кварца с крупными включениями, которые представлены в основном рудными минералами (ильменит или хромит), приходится 20%, а с мелкими включениями, которые представлены рудными минералами и иногда рутилом – до 10–15%.

Типоморфными свойствами обломочных минералов, приобретенных в процессе транспортировки и отложения осадков, является окатанность зерен. Существует много методов оценки окатанности зерен, и прежде всего это визуальные методы под микроскопом по трех- или пятибалльной шкале. Нами использовалась трёхбалльная шкала и установлены следующие морфотипы кварца: 1 – окатанный, 2 – полуокатанный, 3 – неокатанный (угловатый).

При изучении морфологических особенностей кварца Западно-Березовского поднятия выделено два интервала, каждый из которых характеризуется своими особенностями. Для I интервала (2360.3–2361.9 м, скв. 1 Западно-Березовская; 2356.7–2357.7 м, скв. 2 Западно-Березовская) характерно равномерное соотношение морфотипов с преобладанием окатанных форм (60–65%) (рис. 3, а, б). Кроме того, I интервал характеризуется преобладанием прозрачных форм кварца, доля которого составляет 85–90%.



Во II интервале (2369.7–2375.5 м, скв. 2 Западно-Березовская) наблюдается снижение окатанных форм вплоть до равного соотношения с полуокатанными формами, что говорит либо о высокой гидродинамике пласта среды седиментации, либо о многократном переотложении осадка.

В пределах Березовского поднятия также выделено два интервала со своими типоморфными особенностями кварца. В I интервале (2402.0–2405.9 м, скв. 1 Березовская; 2398.7–2400.7 м, скв. 2 Березовская) отмечается достаточно равномерная картина в распределение морфологических типов кварца (рис. 3 в, з): на долю прозрачного кварца приходится 60–65 % от общего объема пробы, также необходимо отметить увеличение доли прозрачного кварца к кровле пласта, где его количество достигает 70–85 %. Опалесцирующий кварц составляет в среднем 20 % от общего объема пробы, а кварц с включениями не превышает 5–20 %. Степень окатанности кварца изменяется от 60–70 %, повторяя равномерность в распределении в пределах аналогичного интервала в пределах Западно-Березовского поднятия. Следует отметить иное поведение в распределении окатанных форм в пределах скв. 2 Березовской, для которой характерно закономерное сокращение количества окатанного кварца к подошве пласта до 40–45% и увеличение полуокатанных форм до 35–45%.

Во II интервале (2405.0–2410.8 м, скв. 2 Березовская) наблюдается снижение роли прозрачного кварца до 65–75 %, увеличивается доля кварца с включениями, при этом опалесцирующая разность остается в тех же пределах и составляет 5 % от общего объема пробы. Степень окатанности зерен кварца относительно первого интервала скв. 2 Березовская изменяется в сторону снижения окатанных форм вплоть до равного соотношения с полуокатанными формами, что также свидетельствует либо о высокой гидродинамике пласта среды седиментации, либо о многократном переотложении осадка.

Два интервала также выделено по результатам изучения морфологических типов и в пределах Восточно-Березовского поднятия. Так, для I интервала (2416.0–2418.0 м, скв. 1 Восточно-Березовская) характерной особенностью является тот факт, что кварц в основном прозрачный и составляет 85–90 % от общего объема пробы (фракция 0,2 мм), на долю кварца с включениями, представленными рудными минералами и рутилом, приходится 5–10 %, а опалесцирующая разность кварца составляет 3–5 %. Доля окатанных форм составляет 65–65% (рис. 3, д).

Для II интервала (2420.0–2422.0 м, скв. 1 Восточно-Березовская) отмечается снижение роли прозрачного кварца до 75–80 %, увеличивается доля кварца с включениями, при этом опалесцирующая разность остается в тех же пределах и составляет 5 % от общего объема пробы. Кроме

того, необходимо отметить, что для II интервала характерно присутствие сульфидов. Что касается степени окатанности кварца, то в данном разрезе отмечается закономерность, аналогичная разрезам Западно-Березовского поднятия.

Исходя из приведенных данных, следует, что и по результатам изучения типоморфных особенностей минералов легкой фракции бобриковского горизонта в пределах Березовской группы поднятий можно выделить два интервала. Указанные интервалы соответствуют интервалам, установленным по результатам изучения минерального состава тяжелой фракции и гранулометрического состава [13]. Морфологические признаки кварца указывают на его формирование в платформенных условиях при неоднократном переотложении и перемыве обломочного материала.

Таким образом, по результатам терригенно-минералогического анализа бобриковской горизонт подразделяется на два интервала, которые соответствуют различным этапам развития палеобассейна [11, 12]. На границе этих интервалов происходят наиболее выразительные изменения в качественном и количественном соотношении минералов, их типоморфных особенностей. Изменения различных характеристик вещественного состава отражают седиментационную ритмичность и связаны в основном с вариациями интенсивности привноса терригенного материала в бобриковский палеобассейн, что, в свою очередь, контролировалось колебаниями уровня моря за счет эвстатического или (и) тектонического фактора. Вместе с тем, сколь-нибудь крупных перерывов в осадконакоплении, которые обычно сопровождаются резкими, скачкообразными изменениями характеристик вещественного состава, не наблюдается.

Анализ минерального состава тяжелой фракции терригенных отложений свидетельствует о том, что основными источниками сноса являлись породы магматического, метаморфического и осадочного комплекса пород. При разрушении древнего осадочного комплекса пород в составе вновь образованных отложений доминирует комплекс устойчивых к выветриванию минералов: циркон, турмалин, рутил и другие, причем они будут отличаться от магматических и метаморфических минералов хорошо окатанными формами зерен.

По совокупности полученных данных следует, что поступление терригенного материала в палеобассейн осуществлялось с севера, северо-запада и в качестве основных источников сноса выступали Татарский, Токмовский и Башкирский своды.

Библиографический список

1. Клецев К. А., Шейн В. С. Нефтяные и газовые месторождения России : справочник : в 2 т. Т. 1. Европейская часть России. М., 2010. 832 с.



2. Шейн В. С. Геология и нефтегазоносность России. 2-е изд., перераб. и доп. М., 2012. 848 с.
3. Съестнова Л. П. Литолого-минералогическая характеристика бобринских отложений Саратовского Поволжья // Вопросы стратиграфии, палеонтологии и литологии Нижнего Поволжья. Саратов, 1969. Вып. 9. С. 119–124.
4. Съестнова Л. П. Литология и условия формирования терригенных нефтегазоносных отложений нижнего карбона Саратовско-Волгоградского Поволжья : дис. ... канд. геол.-минерал. наук. Саратов, 1977. 139 с.
5. Батурич В. П. Палеогеография по терригенным компонентам. М. ; Баку, 1937. 291 с.
6. Батурич В. П. Петрографический анализ геологического прошлого по терригенным компонентам. М., 1947. 338 с.
7. Губкин И. М. Урало-Волжская нефтеносная область. М. ; Л., 1940. 117 с.
8. Вассоевич Н. Б. К изучения геотерригенных (предисловие) // Осадочные формации и их нефтегазоносность. М., 1978. 140 с.
9. Методы палеогеографических реконструкций (при поисках залежей нефти и газа) / В. А. Гроссгейм, О. В. Бескровная, И. Л. Герашенко [и др.]. Л., 1984. 271 с.
10. Результаты региональных геолого-геофизических работ на территории юго-восточной части Русской плиты и перспективы их дальнейшего проведения / Ю. А. Писаренко, В. Я. Воробьев [и др.] // Геология нефти и газа. 2011. № 1. С. 68–77.
11. Астаркин С. В., Гончаренко О. П., Пименов М. В. Обстановки осадконакопления в бобринское время в пределах юго-востока Русской плиты // Изв. Саратов. ун-та. Новая серия. Серия Науки о Земле. 2013. Т. 13, вып. 1. С. 57–62.
12. Астаркин С. В., Гончаренко О. П., Щеглов В. Б., Писаренко Ю. А., Зотов А. Н. Литолого-фациальная характеристика бобринских отложений Березовской группы месторождений (Ближнее Саратовское Заволжье) // Осадочные бассейны, седиментационные и постседиментационные процессы в геологической истории : материалы VII Всерос. литол. совещ. Новосибирск, 28–31 октября 2013 г. : в 3 т. Новосибирск, 2013. Т. I. С. 46–49.
13. Астаркин С. В., Гончаренко О. П., Зотов Н. А. Опыт применения дробного гранулометрического анализа для реконструкций условий формирования песчаников продуктивного пласта Б2 в пределах Березовской группы поднятий // Проблемы геологии Европейской России : сб. тр. Всерос. науч. конф., 11–14 сентября 2013 г., Саратов. Саратов : СГТУ, 2013. С. 38–48.
14. Леммлейн Г. Г., Князев В. С. Опыт изучения обломочного кварца // Изв. АН СССР. Сер. Геол. 1951. № 4. С. 142–148.
15. Симанович И. М. Кварц песчаных пород. М., 1978. 156 с.
16. Sneed E. D., Folk R. L. Pebbles in the lower Colorado River, Texas, a study of particle morphogenesis // J. of Geology. 1958. Vol. 66. P. 114–150.

УДК 504.064:574.21

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ В ЭКОЛОГО-ПОЧВЕННОМ МОНИТОРИНГЕ ГОРОДА МЕДНОГОРСКА



К. Т. Нгун, Е. В. Плешакова, М. В. Решетников, В. В. Кузнецов

Саратовский государственный университет
E-mail: plekat@rambler.ru

Проведена микробиологическая индикация техногенно нарушенных почв г. Медногорска на основе оценки численности гетеротрофных, железобактериальных и марганецоксилирующих бактерий. Установлена взаимосвязь между высоким значением показателя коэффициента магнитности в почвах и повышенным содержанием железобактериальных бактерий, что свидетельствует о возможности использования данной группы микроорганизмов для мониторинга загрязненных тяжелыми металлами почв.

Ключевые слова: тяжелые металлы, коэффициент магнитности, железобактериальные и марганецоксилирующие бактерии, гетеротрофные микроорганизмы.

The Use of Microbial Indicators in Environmental Soil Monitoring of the City Mednogorsk

C. T. Ngun, Ye. V. Pleshakova, M. V. Reshetnikov, V. V. Kuznecov

A microbiological indication of anthropogenic disturbed soils from the city Mednogorsk was carried out based on the evaluation of the

number of heterotrophic, iron- and manganese-oxidizing bacteria. This study states a relationship between high levels of magnetism in these soil samples and high content of iron-oxidizing bacteria, indicating the possible use of this group of microorganism for monitoring heavy metal contaminated soils.

Key words: heavy metals, coefficient of magnetism, iron- and manganese oxidizing bacteria, heterotrophic microorganisms.

В результате антропогенного загрязнения в окружающую среду поступают различные поллютанты, среди которых наиболее опасными являются тяжелые металлы (ТМ) [1]. Накапливаясь в почвах, ТМ снижают их биологический потенциал: подавляют активность почвенных ферментов, изменяют численность и состав микрофлоры, приводят к развитию фитопатогенных микроорганизмов, угнетают рост растений [1]. В результате почвы могут постепенно утратить свои уникальные свойства: плодородие, способность эффективно осуществлять биологический круговорот, поддерживать гомеостаз [2]. Важным аспектом в охране окружающей среды и одной



из экологических характеристик ТМ являются знание их нормального (фонового) содержания в почвах и параметры его возможного техногенного изменения, что позволяет осуществлять контроль за состоянием почвенного покрова, определять темпы и степень загрязнения его тяжелыми металлами [3]. Загрязнение почв ТМ нужно строго контролировать, так как эти токсиканты могут длительно и опасно воздействовать на живые организмы. Для рационального использования и воспроизводства природных ресурсов необходимо решить важную задачу, которой является поиск высокочувствительных индикаторов загрязнения почв тяжелыми металлами.

Будучи обязательными компонентами любого биоценоза, почвенные микроорганизмы могут служить индикаторами изменения состояния среды [4]. Преимущество микроорганизмов как индикаторов состоит в том, что они отличаются исключительно высокой скоростью размножения, быстротой наращивания биомассы, высокой чувствительностью к изменениям внешней среды и способностью к разнообразным ответным реакциям, которые могут быть положены в основу методов нормирования техногенного воздействия на наземные экосистемы.

Попадая в почву, ТМ вступают во взаимодействие с микроорганизмами, происходит изменение видового состава, численности, биомассы и продуктивности микроорганизмов [5]. В настоящее время накоплены сведения, свидетельствующие о неоднозначном влиянии техногенного загрязнения на почвенную микробиоту. Одни исследователи отмечают, что загрязнение почвы приводит к снижению численности неспорообразующих бактерий, микроскопических грибов, актиномицетов и возрастанию количества спорных и денитрифицирующих бактерий [6], другие высказывают мнение о преобладающем развитии олигонитрофильных и сапрофитных бактерий в органических горизонтах почв, загрязненных выбросами металлургических производств [7]. С одной стороны, показано повышение активности окислительно-восстановительных ферментов в загрязненных антропогенными экотоксикантами почвах [8]. По другим данным загрязнение промышленными выбросами металлургических производств приводит к снижению активности гидролитических ферментов, что объясняется либо подавлением биохимической активности микроорганизмов, либо уменьшением их численности и качественного состава [9].

По данным О. В. Римкевич [5], реакции микробного комплекса на загрязнение почв разнообразны. Так, популяция или ее часть может: 1) приобретать устойчивость к ТМ; 2) снижать концентрацию ТМ в растворе до менее токсичного уровня, путем изменения степени окисления, извлекая энергию их химических связей; 3) снижать общую концентрацию и активность ТМ; 4) сни-

жать метаболическую активность и переходить в состояние покоя.

Способность окислять двухвалентные соединения железа и марганца и осажать оксиды металлов на поверхности клеток присуща многим филогенетически разнообразным микроорганизмам [10]. Бактерии, использующие разные формы железа и марганца для конструктивных и энергетических потребностей, играют ключевую роль в геохимическом цикле этих элементов. Мы предположили, что при высокой концентрации ТМ в почве будут происходить существенные изменения в численности железобактерий и марганецобактерий. Оценка данных показателей позволит выявить возможность их использования для мониторинга почв, загрязненных ТМ.

В связи с вышесказанным целью настоящей работы явилась биоиндикационная оценка техногенно нарушенных почв г. Медногорска. В ходе работы оценивались показатель магнитной восприимчивости почв, общая численность гетеротрофных микроорганизмов (ОЧГМ) и количество железо- и марганецобактерий в почвенных образцах. Решалась задача по выбору показателей, которые могут быть использованы для биомониторинга загрязненных ТМ почв.

Материалы и методы

Объектом исследования явились образцы почв, отобранные на территории г. Медногорска Оренбургской области, который входит в пятерку самых сложных городов по экологическим и санитарным условиям проживания в России. Одним из ведущих предприятий города является медносерный комбинат (производство черновой меди, серной кислоты). Антропогенное воздействие на почву и растительный покров происходит в результате газопылевых выбросов комбината и через объекты размещения отходов. Приоритетными загрязняющими веществами являются медь, железо, марганец, а также соединения серы. Усугубляет сложившуюся ситуацию месторасположение Медногорска, который расположен в котловине отрогов Уральских гор.

Отбор почвенных проб проводила группа студентов и преподавателей геологического факультета Саратовского государственного университета имени Н. Г. Чернышевского в июле 2012 г. Выбор пробных площадок основывался на сходстве ландшафта и типа антропогенного воздействия.

В почвенных пробах определяли коэффициент магнитности (K_{mag}):

$$K_{mag} = K_i / K_{fon},$$

где K_i – среднее значение магнитной восприимчивости в почве; K_{fon} – среднее значение магнитной восприимчивости на фоновом участке [11].



Оценку общей численности гетеротрофных микроорганизмов производили на мясо-пептонном агаре (МПА) общепринятыми бактериологическими методами [12]. Учет численности культивируемых бактерий, окисляющих Fe и Mn, проводили на агаризованной селективной среде следующего состава (г/л): $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 0,5; NaNO_3 0,5; K_2HPO_4 0,5; $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 0,5; лимонная кислота 10; сахароза 2; пептон 1; агар 20 [13]. Для оценки содержания в почве железобактерий в среду добавляли $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ в количестве 5,9 г/л; марганцеобактерий $\text{MnSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ – в количестве 4,72 г/л. Учитывая, что производился анализ численности нейтрофильных бактерий, pH среды перед стерилизацией доводили до 7,0 титрованием 30%-ным раствором NaOH.

Определение содержания микроорганизмов (гетеротрофных, железо- и марганцеобактерий) в исследуемых почвенных образцах включало несколько этапов: подготовку почвы к микробному анализу (гомогенизация), приготовление разведений почвенной суспензии в стерильном физиологическом растворе; посев полученных разведений на плотную среду в чашки Петри и подсчет выросших колоний после культивирования в термостате при 28°C.

Высевы на МПА и на селективную среду для учета численности железобактерий производили из разведений 10^{-3} , 10^{-4} , 10^{-5} , для оценки численности марганцеобактерий – из разведений 10^{-2} , 10^{-3} , 10^{-4} . Из каждого разведения производили по 2 параллельных посева. Колонии микроорганизмов на МПА подсчитывали через 2–3 сут, на селективных средах – через 5–7 сут инкубации. На поверхности селективных сред появлялись характерные колонии, рост которых сопровождался накоплением желто-оранжевых окислов железа или бурых окислов марганца. По мере роста и развития колоний используемая среда также меняла цвет, постепенно окисляясь, от светло-зеленого до ржавого у железобактерий

или от бежевого до коричневого у марганцеобактерий.

Статистическую обработку экспериментальных данных осуществляли с применением пакета прикладных программ Microsoft Excel 2003 (для Windows XP).

Результаты и их обсуждение

Аккумуляция ТМ в почве зависит от целого комплекса природных и техногенных факторов, важнейшими из которых являются характер почвообразующей породы, климат, растительность, почвенные микроорганизмы, рельеф местности, расположение и особенности техногенных источников ТМ региона.

Магнитная восприимчивость является показателем наличия в почве магнитных минералов, в первую очередь минералов группы железа (магнетита, гемагита и других), т. е. в химическом отношении является показателем, отражающим концентрацию железа [11]:

$K_{\text{mag}} < 1$ – допустимый уровень содержания железа;

$1 < K_{\text{mag}} < 1,5$ – умеренный уровень;

$1,5 < K_{\text{mag}} < 3$ – опасный уровень;

$K_{\text{mag}} > 3$ – чрезвычайно опасный уровень.

Из исследованных 70 проб г. Медногорска нами для микробиологического анализа были отобраны 10 проб (№ 4, 7, 13, 32, 53, 54, 55, 56, 69, 70), которые по результатам оценки магнитной восприимчивости характеризовались чрезвычайно высоким уровнем коэффициента магнитности (таблица). Исходя из того, что оксиды и гидроксиды железа в почве сорбируют катионы ТМ, можно предположить, что в отобранных пробах будут повышенные по сравнению с другими пробами концентрации тяжелых металлов и, как следствие, общая токсичность почв. В качестве контрольных образцов (с низким коэффициентом магнитности) нами исследовались варианты № 11, 15 и 48 (см. таблицу).

Показатели магнитной восприимчивости в образцах почвы г. Медногорска

Номер пробы	4	7	13	32	53	54	55	56	69	70	11	14	48
K_{mag}	6,49	4,10	3,82	3,15	4,97	5,60	3,16	4,64	4,02	3,18	0,33	0,57	0,37

Попадая в почву, ТМ, как известно, вступают во взаимодействие с почвенными микроорганизмами, происходит изменение видового состава, численности, биомассы и продуктивности микроорганизмов [14]. В связи с этим в отобранных образцах почвы г. Медногорска нами исследовалась общая численность гетеротрофных микроорганизмов. В пробах почвы с высоким уровнем магнитности ОЧГМ составляла в среднем от 14,9 до $71,5 \times 10^5$ кл/г почвы (рис. 1).

В двух вариантах наблюдалось пониженное содержание гетеротрофных микроорганизмов (№ 4 и № 54). Именно эти образцы почв характе-

ризовались максимальным значением магнитной восприимчивости (см. таблица). Это согласуется с рядом литературных данных о снижении количества прокариотных микроорганизмов в разных типах почв под влиянием загрязнения их тяжелыми металлами [15].

Один образец почвы (№ 7) отличался высокой численностью гетеротрофных микроорганизмов ($3,25 \times 10^7$ кл/г почвы), что может быть связано с другим видом загрязнения почвы, например с высоким содержанием органических веществ. В контрольных образцах почвы (с низким содержанием ТМ согласно анализу коэффициента магнит-

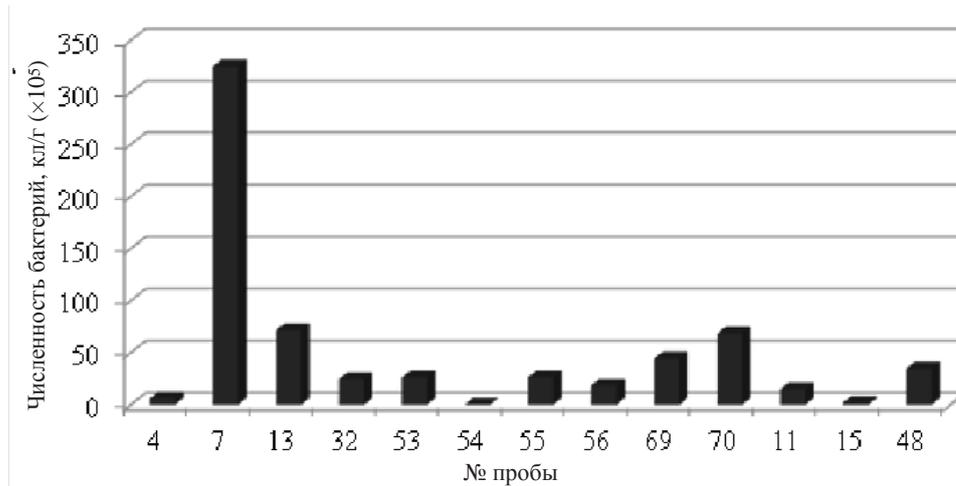


Рис. 1. Общая численность гетеротрофных бактерий в почвенных образцах (г. Медногорск)

ности) ОЧГМ варьировала от 1,9 до $34,6 \times 10^5$ кл/г почвы (см. рис. 1).

Для мониторингового микробиологического анализа нами были выбраны также две физиологические группы микроорганизмов: железooksисляющие и марганецooksисляющие бактерии, учитывая, что почвы г. Медногорска загрязнены ТМ, в том числе железом. В связи с тем, что микроорганизмы могут участвовать в превращениях железа в почве в разнообразных условиях, мы попытались обнаружить различные железобактерии. Специфические железooksисляющие микроорганизмы, такие как *Thiobacillus ferrooxidans*, выделяли в кислой среде Летена (рН 3,5) [16]. Нам не удалось обнаружить в анализируемой почве бактерии *Thiobacillus ferrooxidans*, вероятно, потому, что данные почвы не отличались повышенной кислотностью. Поэтому мы сосредоточили свое внимание на другой группе железooksисляющих микроорганизмов, которые развиваются в нейтральной среде. Как известно, для таких бактерий процесс окисления железа является побочным и идет без использования ими энергии этого

окисления. Как показала Г. А. Дубинина [17], он проводится гетеротрофными микроорганизмами, которые удаляют таким путем образующуюся в их метаболических процессах перекись водорода. Эта функция у них проявляется только в специфических экологических условиях. К данной группе микроорганизмов относятся представители самых разных групп прокариот. Из них в почве распространены микоплазмы и представители рода *Arthrobacter*.

Содержание культивируемых железooksисляющих бактерий в исследованных нами почвах составляло в среднем от 0,8 до 32×10^5 кл/г почвы (рис. 2). В некоторых вариантах наблюдалась более высокая численность по сравнению с другими образцами (№ 13, 32, 69, 70). В почвенном образце № 7 обнаруживалась самая высокая численность железooksисляющих бактерий, как и гетеротрофных. В контрольных образцах почвы содержание железooksисляющих бактерий было невысоким, составляя $0,6-4,8 \times 10^5$ кл/г почвы (см. рис. 2).

Марганец в почве находится в рассеянном состоянии в разных формах, в том числе и в

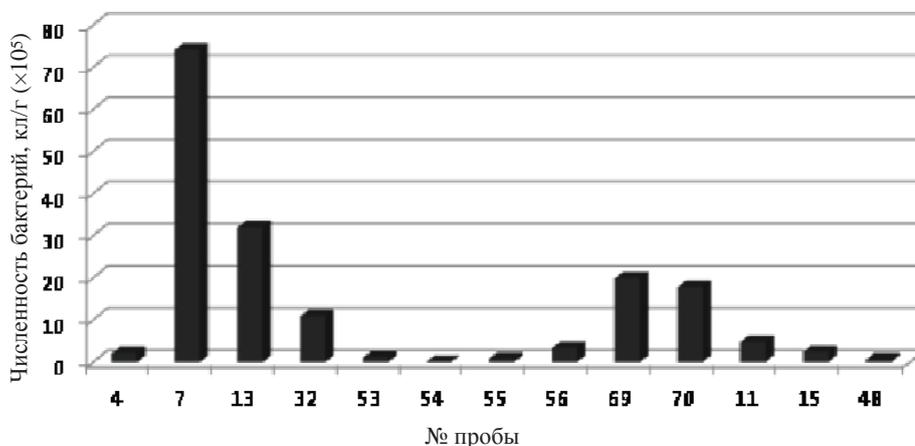


Рис. 2. Численность железooksисляющих бактерий в почвенных образцах (г. Медногорск)



виде металлоорганических комплексов. Как и железо, он имеет переменную валентность и по-разному подвижен в зависимости от этого. Мигрирует марганец в почве главным образом в двухвалентной форме, в этой же форме он и усваивается растениями и микроорганизмами. В трех- и четырехвалентном состоянии марганец входит в состав железомарганцевых конкреций [18]. Наиболее изученный микроорганизм, участвующий в окислении и аккумуляции марганца, – *Metallogenium*. В окислительных процессах, разрушении минералов и в разложении органи-

неральных комплексных соединений с марганцем участвуют почвенные грибы, гетеротрофные бактерии, простекобактерии рода *Pedomicrobium*. Мы проводили выделение и учет численности марганцеоксиляющих бактерий, развивающихся в нейтральной среде.

Содержание марганцеоксиляющих бактерий в почвах по сравнению с железобактериями было намного меньше, в двух образцах менее 100 кл/г почвы (№ 4 и № 70), в четырех образцах от 0,9 до $2,3 \times 10^4$ кл/г почвы (рис. 3). А вариант № 7 характеризовался самой высокой численностью

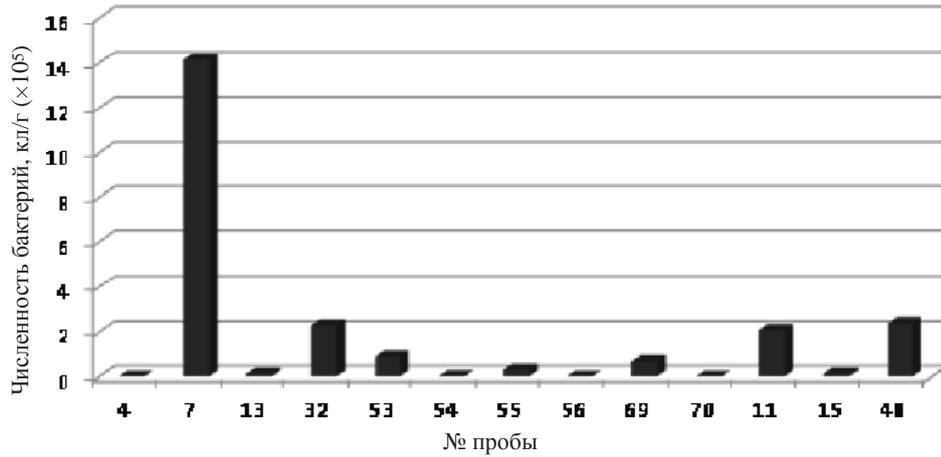


Рис. 3. Численность марганцеоксиляющих бактерий в почвенных образцах (г. Медногорск)

марганцеоксиляющих бактерий ($14,2 \times 10^5$ кл/г почвы). В контрольных образцах почвы содержание марганцеоксиляющих бактерий составляло $0,13-2,38 \times 10^5$ кл/г почвы (см. рис. 3).

Анализируя полученные результаты, мы подсчитали, какую часть составляют железобактерии, марганцеоксиляющие бактерии и гетеротрофные микроорганизмы в составе исследованных почвенных микробных сообществ. Полученные данные позволили распределить исследованные нами варианты почв по нескольким группам:

– 1-я группа – почвенные образцы № 7, 32 и 54, в которых количество железобактерий

значительно; содержание марганцеоксиляющих бактерий также выше, чем в других вариантах;

– 2-я группа (самая многочисленная) – образцы № 4, 13, 56, 69 и 70, в которых численность железобактерий высокая, а марганцеоксиляющих невысокая;

– 3-я группа – образцы № 53 и 55, в которых содержание и железобактерий, и марганцеоксиляющих бактерий невелико.

По одному примеру для каждой группы приведено на рис. 4. Контрольные образцы почвы были отнесены нами к 1-й и 3-й группе.

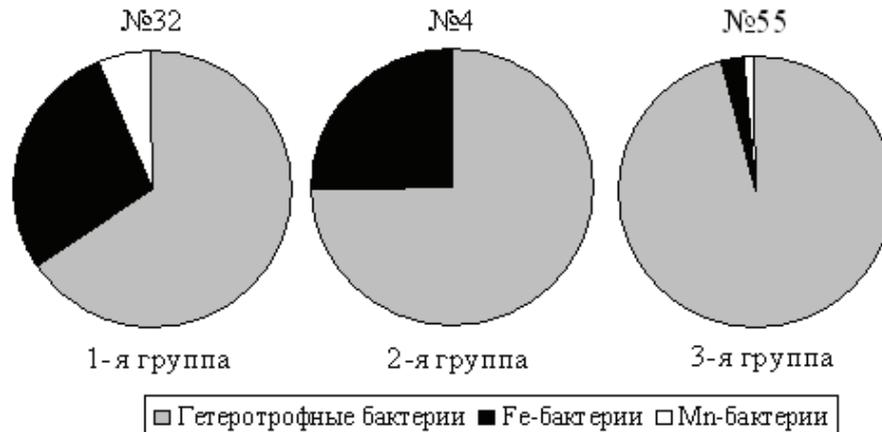


Рис. 4. Долевая часть гетеротрофных, железо- и марганцеоксиляющих бактерий в составе микробиоценозов почв г. Медногорска



Заключение

Таким образом, среди исследованных образцов техногенно нарушенных почв г. Медногорска были выявлены 2 образца, которые характеризовались самым высоким уровнем коэффициента магнитности (№ 4 и № 54) и пониженным содержанием гетеротрофных микроорганизмов, что указывало на ингибирующий эффект ТМ на почвенные бактерии.

Результаты микробиологического анализа показали, что содержание марганецоксилирующих бактерий в почвах было на несколько порядков меньше, чем железобактерий, оно варьировало независимо от высокого или низкого значения коэффициента магнитности в пробах.

Было обнаружено, что в почвах с чрезвычайно высоким значением показателя магнитности достоверно увеличено содержание железооксилирующих бактерий по сравнению с контрольными пробами. Результаты наших исследований позволяют предположить, что данная физиологическая группа бактерий может использоваться для мониторинга загрязненных тяжелыми металлами почв.

Библиографический список

1. Robert B. Heavy metal pollutants and chemical ecology : exploring new frontiers // J. Chem. Ecol. 2010. Vol. 36. P. 46–58.
2. Экология почв : учеб. пособие для студ. вузов : в 3 ч. / под ред. В. Ф. Валькова. Ростов н/Д, 2004. 54 с.
3. Прохорова Н. В., Матвеев Н. М. Тяжелые металлы в почвах и растениях в условиях техногенеза // Вестн. СамГУ. 1996. Спец. вып. С. 125–147.
4. Минкина Т. М. Ферментативная индикация почв района Новочеркасской ГРЭС // Почвоведение. 2011. № 1. С. 32–37.
5. Римкевич О. В. Эколого-функциональная роль микроорганизмов техногенно-нарушенных почвогрунтов : автореф. дис. ... канд. биол. наук. Благовещенск, 2006. 27 с.
6. Евдокимова Г. А., Мозгова Н. Р. Влияние выбросов предприятия цветной металлургии на почву в условиях модельного опыта // Почвоведение. 2000. № 5. С. 630–638.
7. Наплекова Н. Н. Микробиологическая индикация состояния почв // Микробное разнообразие : состояние, стратегия сохранения, биотехнологический потенциал : материалы 3-й Междунар. науч. практ. конф. Пермь, 2008. С. 15.
8. Karthikeyan G., Meenakshi S., Satheesh B. T. G. Influence of soil characteristics on the leaching of fluoride from soils in selected fluoride environments of Tamil Nadu // Pollution Research. 2008. № 3. P. 503–506.
9. Gadd G. M., Burford E. P. Fungal influences on metal mobility // Mechanisms and relevance to environment and biotechnology : abstract of the 7th International mycological congress. Oslo, 2002. P. 34–37.
10. Sabrina H., Michael S., Johnson B. The iron-oxidizing prokaryotes // Microbiology. 2011. Vol. 157. P. 1551–1564.
12. Практикум по микробиологии : учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / под ред. А. И. Нетрусова. М., 2005. 608 с.
11. Кузнецов В. В. Применение петромагнитного метода при оценке геоэкологического состояния почв на примере города Медногорск // ЛОМОНОСОВ-2013 : материалы Междунар. молод. науч. форума. / отв. ред. А. И. Андреев, А. В. Андриянов, Е. А. Антипов, К. К. Андреев, М. В. Чистякова. [Электронный ресурс]. М. : МАКС Пресс, 2013. 1 электрон. опт. диск (DVD-ROM) ; 12 см. Систем. требования : ПК с процессором 486+ ; Windows 95 ; дисковод DVD-ROM ; Adobe Acrobat Reader.
13. Захарова Ю. Р., Парфенова В. В. Метод культивирования микроорганизмов, окисляющих железо и марганец в донных осадках оз. Байкал // Изв. РАН. Сер. Биол. 2007. № 3. С. 290–295.
14. Гузев В. С., Левин С. В. Техногенные изменения сообщества почвенных микроорганизмов // Перспективы развития почвенной биологии. 2001. № 5. С. 178–219.
15. Murata T., Kanao-Koshikawa M., Takamatsu T. Effects of Pb, Cu, Sb, Zn and Ag contamination on the proliferation of soil bacterial colonies, soil dehydrogenase activity, and phospholipid fatty acid profiles of soil microbial communities // Water, Air and Soil Pollution. 2005. Vol. 164. P. 103–118.
16. Leathen W. W., McIntyre L. D., Braley S. A. A medium for study of the bacterial oxidation of ferrous iron // Science. 1951. Vol. 114. P. 280.
17. Дубинина Г. А. Биология железобактерий и их роль в образовании железомарганцевых руд : автореф. дис. ... д-ра биол. наук. М., 1977. 45 с.
18. Юдович Я. Э., Кетрис М. П. Геохимия марганца в процессах гипергенеза : обзор // Междисциплинарный научный и прикладной журнал «Биосфера». 2013. Т. 5, № 1. С. 21–36.

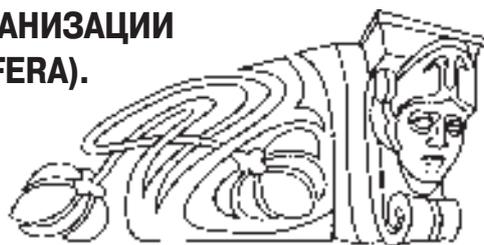


УДК 563.45 (116.3)

КОЛОНИАЛЬНЫЙ УРОВЕНЬ МОДУЛЬНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ ПОЗДНЕМЕЛОВЫХ ГЕКСАКТИНЕЛЛИД (PORIFERA). НАСТОЯЩИЕ КОЛОНИИ

Е. М. Первушов

Саратовский государственный университет
E-mail: pervushovem@mail.ru



Представлены тенденции в морфогенезе поздне меловых модульных формирований сложно устроенных вторичных (настоящих) колоний. Скелет настоящих колониальных губок отличается не только многочисленностью и разнообразным расположением равнозначных модулей, несущих оскулюмы, но и наличием соединительных элементов модулей – перемычек. Между модулями и перемычками выделены характерные элементы скелета настоящих колоний – зияния. Увеличение количества перемычек и возрастание их роли в структуре скелета заметно нивелируют обособленность каждого модуля в структуре единого скелета.

Ключевые слова: губки, гексактинеллиды, модульная организация, настоящие (вторичные) колонии, поздний мел.

Colonial Level of Modular Organization in the Late Cretaceous Hexactinellids (Porifera). Genuine Colonies

Е. М. Pervushov

Tendencies of morphogenesis in the Late Cretaceous modular forms contributed to formations of complexly structured secondary (genuine) colonies. Skeletons of genuine colonial sponges differ not just in numerous and diversely arranged equivalent oscula-carrying modules, but in the presence of the module connecting elements – junctions, as well. Characteristic elements of genuine colony skeletons – ostia – have been recognized between the modules and the junctions. Increasing junction numbers and importance in the skeleton structure appreciably disguise each module insularity within the structure of an integral skeleton.

Key words: sponges, hexactinellids, modular organization, genuine (secondary) colonies, Late Cretaceous.

При характеристике морфологии скелета ископаемых гексактинеллид практически не используются представления об уровнях их организации. В описании губок, в отличие от других морских эпибентосных сессильных беспозвоночных, не получили распространения и тем более однозначного восприятия понятия об одиночных (унитарных) и колониальных формах. В отечественной биологической литературе представлены некоторые принципиальные определения [1, 2] явления колониальности. В работах представителей Санкт-Петербургской школы зоологов изложены материалы исследований по индивидуальности и морфогенезам губок, где в том или ином виде рассматривались аспекты уровневой организации современных губок [3–5]. В монографии И. Т. Журавлевой и Е. И. Мягковой [6] обобщен материал по низшим многоклеточным фанерозоя

и представлен взгляд авторов на соотношение унитарных, колониальных форм, и форм переходного, кормиального, уровня организации.

При рассмотрении аспектов «одиночного» – «колониального» – строения ископаемых губок автор статьи на протяжении двадцати лет пробовал использовать представления, выработанные на основе изучения археоциат и основанные на системном исследовании квидарий [7]. Но целостного представления по формам организации ископаемых гексактинеллид получить не удалось.

Качественно иная парадигма – о модульной организации простейших беспозвоночных [8–15] осваивалась нами в последнее десятилетие и апробировалась на примере поздне меловых губок. Среди гексактинеллид выделены одиночные, перифронтальные и автономные, транзиторные (переходные или, возможно, кормиальные) и колониальные формы [16–18]. Каждый уровень модульной организации представляется конечной ветвью стадийного, ступенчатого морфогенеза. Колонии – наиболее сложный, специализированный уровень модульных форм гексактинеллид. Установленные закономерности полифилиитического происхождения и особенности строения скелета позволили выделить два подуровня организации колоний – простейшие (первичные) [19] и настоящие (вторичные, высшие).

Согласно представлениям об организации современных низших многоклеточных в отношении губок нельзя использовать представления о колониальности, что объясняется отсутствием у них зооидов [8]. Формирование сложно построенных скелетов губок может происходить не только при проявлении вариантов незавершенно вегетативного размножения, а, возможно, и главным образом за счет свойственного этим беспозвоночным явления реанжировки структур организма [8], что подтверждается при рассмотрении формирования модульных форм ископаемых гексактинеллид [17–19]. Однако при системной работе со скелетными формами меловых гексактинеллид и при выработке возможных уровней организации этих губок автор статьи использует известные, наиболее используемые при описании ископаемых беспозвоночных понятия с тем, чтобы не усложнять существующего терминологического аппарата и способствовать доступному восприятию представляемого материала.



Определение и характеристика настоящих колоний. Строение настоящих колоний отличается от простейших появлением в структуре скелета новых каркасообразующих элементов – перемычек, а также зияний, ведущих к интерлабиринтовому пространству (рис. 1, 3).

Перемычки – участки соединения двух или нескольких соседних модулей, объединяющие участки парагастра в единую полость сложной конфигурации. Это элементы конструктивной жесткости архитектоники скелета, с такой же толщиной стенки, как и у модулей – 1–1,5 мм и менее. В строении ранних настоящих колоний перемычки уверенно выделяются горизонтальным расположением и меньшими значениями длины и диаметра в сравнении с модулями (см. рис. 1). В последующем перемычки приобрели сходные значения параметров с модулями и разную ориентацию в структуре скелета. Многократное развитие различно ориентированных перемычек в онтогенезе организма способствовало маскированию морфологии и нивелированию функций модулей в строении колонии (рис. 2, 1; 3, 2, 3).

В основании и в нижней части скелета многих колоний, на участках достоверной дихотомии исходных модулей (см. рис. 1), выделяются междуузлия [9–11]. Это элементы разделения одного из исходных модулей на несколько последующих – на два, три или четыре одновременно, на одном гипсометрическом уровне. Верхняя поверхность междуузлий определяется как седловина (см. рис. 1, 1), так же как и у расположенных выше по высоте скелета перемычек. При сравнении междуузлий и перемычек отчетливо прослеживаются две отличительных основных особенностей последних. Во-первых, перемычки в вертикальной плоскости имеют две поверхности – нижнюю и верхнюю. Во-вторых, перемычки ориентированы поперек соседних модулей и обладают некоторой длиной (см. рис. 1, 1; 2, 1). Междуузлия рассматриваются как одно из морфологических проявлений возможных вариантов незавершенного деления.

Зияния – сквозные отверстия (*Paracraticularia*, *Zittelispongia*) или устьевые участки (*Etheridgia*) интерлабиринтового пространства между модулями и перемычками (см. рис. 1). Через зияния придонные воды с взвешенными частицами проникали во внутреннее интерлабиринтовое пространство, достигая дермальной поверхности стенок модулей, удаленных от внешних частей организма, и выходили наружу с противоположных и боковых участков (рис. 4).

Интерлабиринтовое пространство – участки внешней водной среды во внутренней части скелета между модулями и перемычками колонии (см. рис. 4). Диаметр участков интерлабиринтового пространства обычно соотносится с диаметром модулей, перемычек и зияний.

У настоящих колоний гексактинеллид единая парагастральная полость, от общего основания,

составные элементы которой прослеживаются в разно ориентированных модулях (ветвях) и перемычках. С полостью сопряжено большое количество подобных оскулюмов, расположенных регулярно, порой в одной плоскости, или относительно равномерно по окружности скелета (см. рис. 2). Скелетообразующая стенка обычно очень тонкая, за исключением *Euretidae*, с сопряженной системой плотно расположенных каналов (*Leptophragmidae*) и часто без нее (*Camerospongiidae*, *Zittelispongia*). Различно ориентированные в пространстве, сопоставимые по параметрам и очертаниям, дихотомирующие модули и перемычки, зияния и участки интерлабиринтового пространства создают сложный, лабиринтовый, облик настоящих колоний. При неискаженном строении скелета кустистых форм с отворотом модулей (см. рис. 3, 2) или без него (см. рис. 2), регулярное расположение каркасообразующих элементов хорошо прослеживается.

В строении первичных колоний прослеживается последовательная неоднократная дитрихотомия одного или двух-трех первичных модулей с образованием седловин (междуузлий) и не происходит слияния соседних модулей с образованием перемычек. Среди первичных колоний известны формы с замыканием и даже с ассимиляцией апикальных секторов стенок соседних модулей [19], но без слияния парагастральных полостей модулей и без формирования перемычек.

Происхождение настоящих колоний. В морфогенезе гексактинеллид прослеживается два основных тренда, предопределивших появление настоящих колоний.

1. Значительная часть настоящих колоний происходит от первичных колоний, сформированных при незавершенном равнокачественном («синхронном») и неравнокачественном («асинхронном») делении апикальных участков модулей. При этом участки стенок соседних модулей оказывались плотно расположенными и соприкасались. Происходила ассимиляция участков стенок соседних модулей и образовывался единый сектор стенки, но без парагастральной полости (*Sporadopyle*) [19, 20]. В последующем формирование перемычек могло происходить двояко: либо ассимилировались не только сектора стенки модулей, но и модули целиком с парагастральной полостью, либо ассимилированный сектор стенки, разрастаясь вверх, формировал трубообразную перемычку. И в том и другом случае между соседними модулями появлялись перемычки вместе с участками парагастральной полости.

2. Происхождение некоторых настоящих колоний может быть связано с кормусными (транзитными, переходными) формами губок. В строении скелета кормиальных губок развиты многочисленные отверстия, субоскулюмы, которые, вероятно, выполняли функции дополнительных оскулюмов на удаленных от центра полости участках (*Coeloptychium*, *Guettardiscyphia*

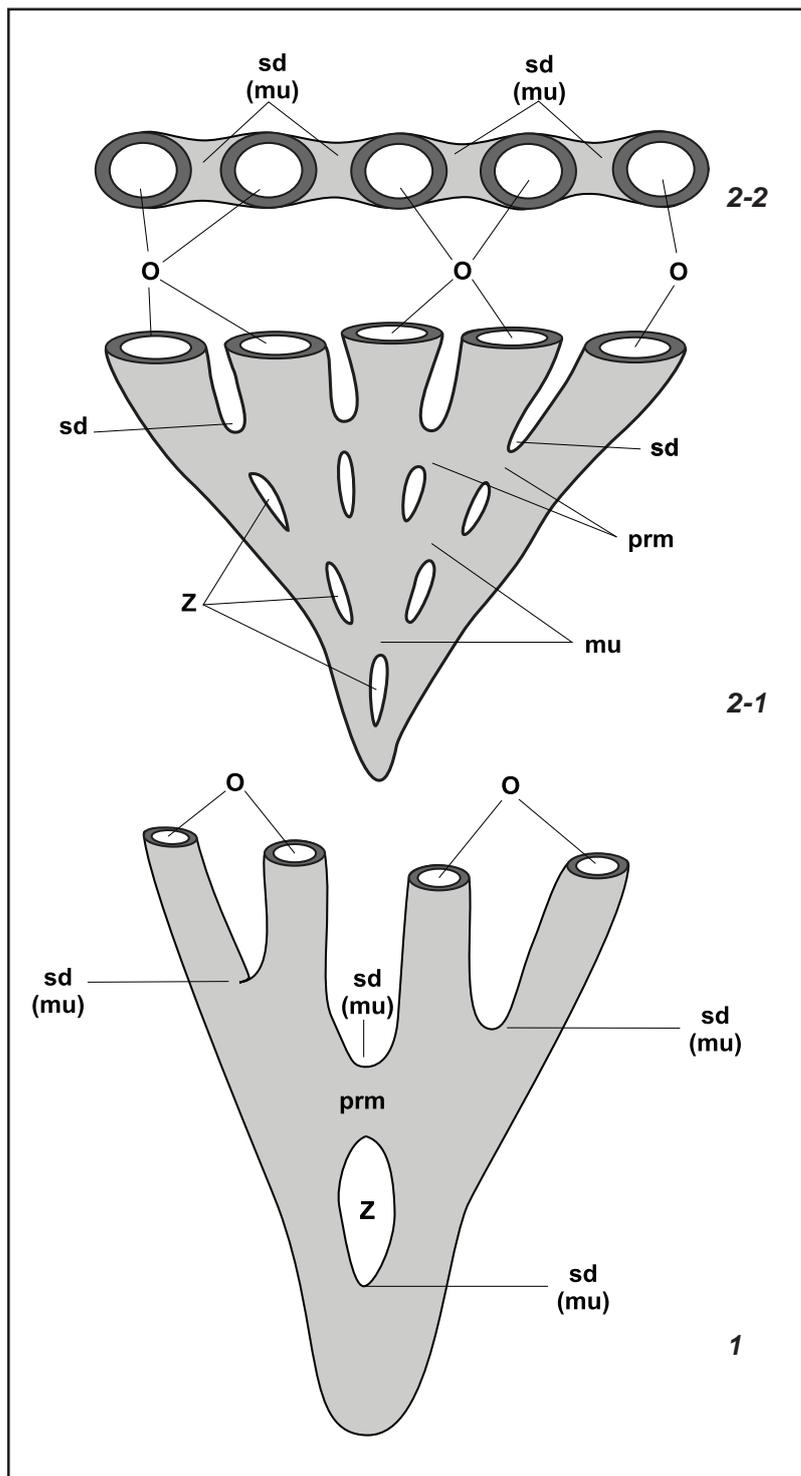


Рис. 1. Настоящие планиформные колонии, в строении которых модули расположены веерообразно в одной плоскости (*Zittelispongia*, *Leptophragmidae*): 1 – простейшая колония, сформированная при последовательной равномерной равнокачественной дихотомии модулей (ветвей) с образованием зияния и перемычки, а в последствии – вторичных седловин (междоузлий); 2 – сложная планиформная колония веерного построения: 2-1 – вид с латусной поверхности, 2-2 – сверху. Условные обозначения: О – оскулом, prm – перемычки, sd (mu) – седловина (междоузлие), z – зияние. Монохромное отображение: темно-серое – скелетообразующая стенка в поперечном сечении; серое – дермальная поверхность стенки, белое – оскулом и зияние

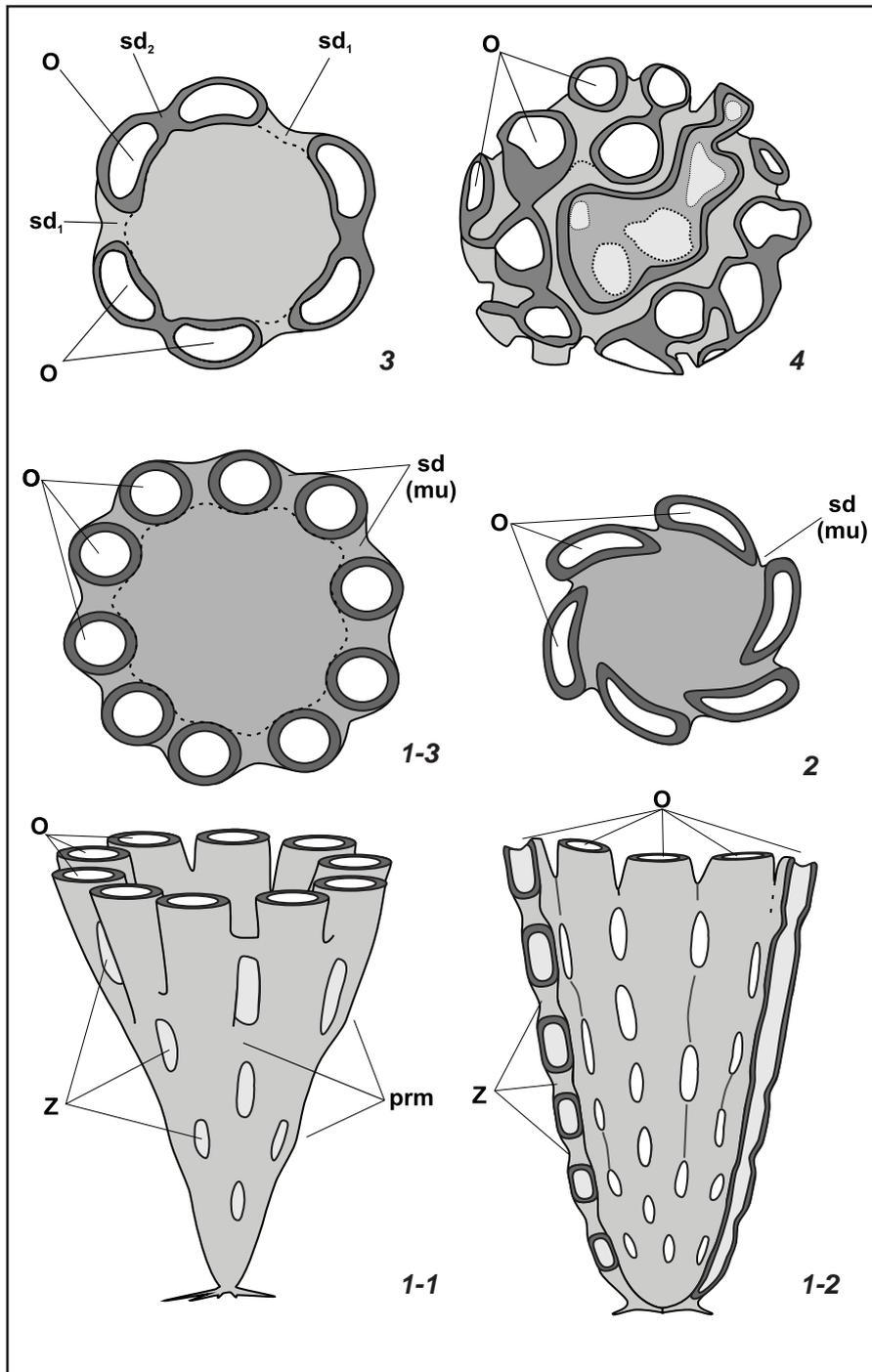


Рис. 2. Настоящие объемные колонии кустистого строения без отворота модулей (*Coeloptychiidae*, *Euretidae*): 1 – модель колонии без отворота ветвей, сформированной при многократной равнокачественной дихотомии модулей (ветвей): 1-1 – общий вид, 1-2 – продольное, вертикальное сечение, 1-3 – сверху; 2-4 – варианты очертаний и взаиморасположения оскулюмов в строении колоний, вид сверху; 2 – каплевидные оскулюмы ориентированы субспирально (кулисообразно), 3 – фасолевидные оскулюмы попарно расположены по окружности скелета при равнокачественной дихотомии, 4 – субхаотичное расположение оскулюмов по окружности скелета при многократной ди- и трихотомии. Условные обозначения: O – оскулюм, prm – перемычки, sd₁₋₂ (mu) – седловины (междоузлия) разного уровня, Z – зияние. Монохромное отображение: темно-серое – скелетообразующая стенка в поперечном сечении; серое – дермальная поверхность стенки, светло-серое и белое – оскулюм и зияние

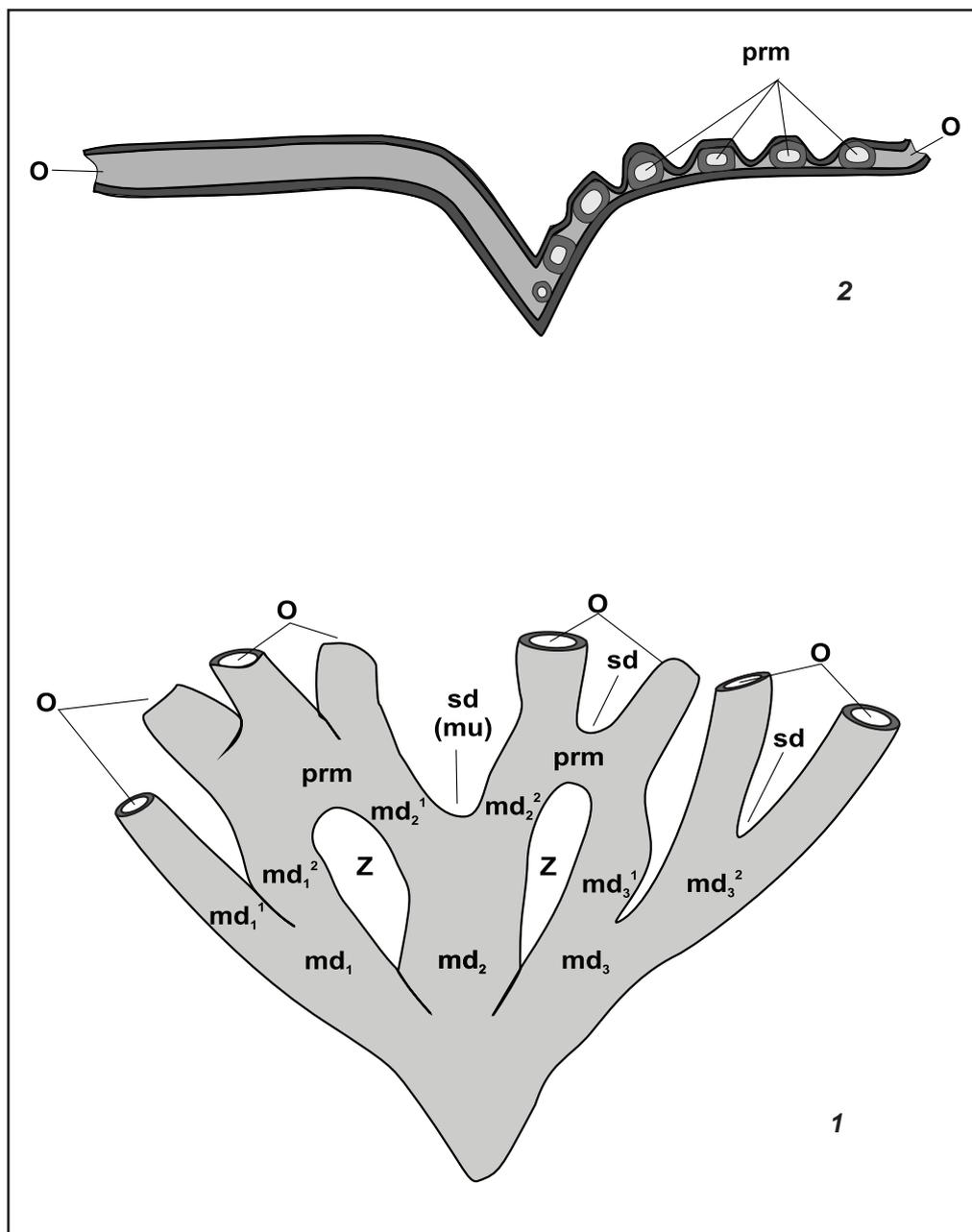


Рис. 3. Настоящие объемные колонии разомкнутого кустистого строения и с широким отворотом модулей (*Leptophragmidae*, *Paracraticularia*, *Coeloptychiidae*, *Becksiinae*): 1 – модель незамкнутой колонии, сформированной при первичной равнокачественной трихотомии и последующей дихотомии; 2 – кустистая колония с широким отворотом модулей (ветвей) в продольном (вертикальном) сечении с многочисленными перемычками. Условные обозначения: O – оскулюм, md_{1-2} – модули (ветви) и их уровни, prm – перемычки, sd (mu) – седловина (междоузлие), z – зияние. Монохромное отображение: темно-серое – скелетообразующая стенка в поперечном сечении; серое – дермальная поверхность стенки, светло-серое и белое – оскулюм и зияние

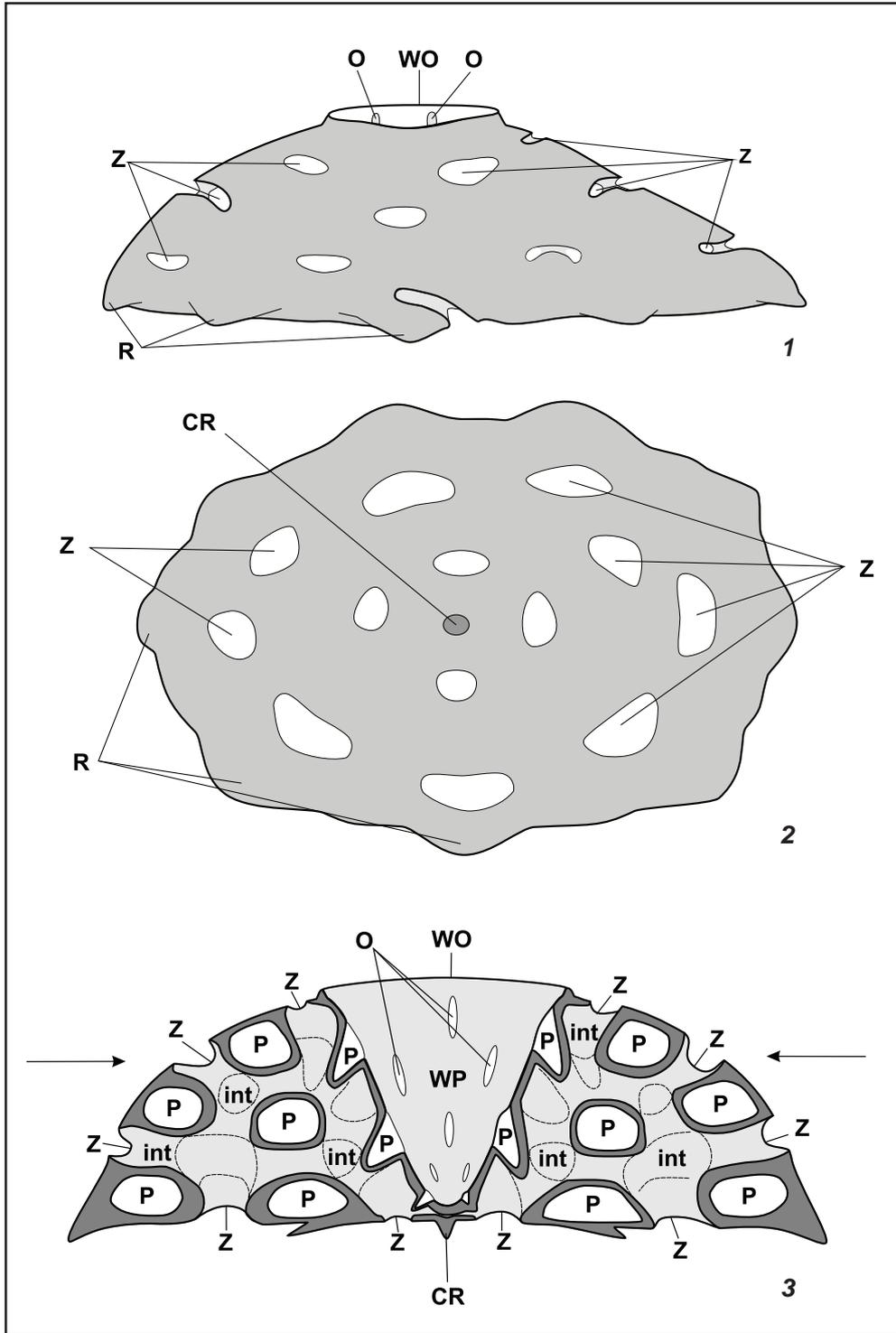


Рис. 4. Модель строения настоящих объемных колоний пирамидального (лабиринтового) типа (*Etheridgia*): 1 – сбоку, с латусной поверхности; 2 – снизу, основание скелета; 3 – продольное, вертикальное сечение скелета. Условные обозначения: О – оскулюм, WO – вторичный оскулюм, WP – вторичная парагастральная полость, CR – центральный ризоидный вырост, P – участки парагастральной полости модулей (ветвей), R – ризоид, Z – зияние, int – интерлабиринтовое пространство. Монохромное отображение: темно-серое – скелетообразующая стенка в поперечном сечении; серое – дермальная поверхность стенки, светло-серое и белое – оскулюм и зияние. Стрелками показано возможное направление перетока воды при сгонно-нагонных течениях



и *Balantionella*). Формирование обособленных выростов с субоскулюмами по всей высоте скелета и развитие перемычек между ними (*Plocoscyphia*, *Tremabolites* и *Eurete*), зияний и интерлабиринтового пространства способствовали выравниванию морфологического облика и диаметров оскулюма и субоскулюмов. Выросты и приуроченные к ним субоскулюмы приобретали сходные друг с другом очертания и размеры по всей высоте скелета.

Иногда скелеты дефинитивных кормиальных форм очень сходны с колониальными по габитусу и их трудно идентифицировать как таковые. В строении этих губок многочисленные крупные субоскулюмы, ориентированные в разных направлениях, часто маскируют истинный оскулюм, положение которого определяется лишь по приуроченности к апикальной части скелета. В строении кормиальных губок в отличие от колониальных обычное положение оскулюма центральное и апикальное, а также от основания скелета к его верхней части увеличиваются длина и диаметр выростов и субоскулюмов. Субоскулюмы заметно увеличиваются в диаметре и приобретают разнообразные очертания на тех участках скелета, которые были обращены к доминировавшему направлению течения. В структуре настоящих колониальных параметров модулей одинаковы.

Исходные морфотипы настоящих колониальных. Морфологическое разнообразие колониальных каналезировано по двум направлениям: когда модули расположены в одной, субвертикальной, плоскости (планиформные скелеты) или когда они распространены в разных направлениях (объемные скелеты). Обособление этих направлений в морфогенезе колониальных связывается с особенностями проявления вегетативного размножения и обусловленностью происхождения от кормиальных форм или первичных колониальных.

Планиформные губки представлены веерообразным и катулярным морфотипами (*Zittelispongia*, *Leptophragmidae*, *Euretidae*). При веерообразном строении скелета модули расположены равномерно и ориентированы радиально от центрального точечного основания (см. рис. 1; 3, 1). Катулярное строение скелета отличается субпараллельным вертикальным положением модулей и относительно линейным основанием. Для планиформных колониальных характерно отчетливое проследивание модулей, междуузлий, перемычек с зияниями и положение оскулюмов в горизонтальной плоскости на одном уровне (см. рис. 1, 2). В строении планиформных губок расположение обособленных маргинальных модулей, без перемычек и зияний, может отличаться от общей вертикальной ориентации скелета.

Морфотипы объемных скелетов более разнообразны, что объясняется большей вариативностью во взаиморасположении модулей и характеристикой поверхности основания. Среди позднемеловых колониальных установлены кустистые, ветвистые и лабиринтовые морфотипы. Форми-

рование исходных морфотипов связывается с морфогенезом исходных первичных колониальных и, вероятно, с особенностями проявления незавершенного деления, а также с возможным происхождением настоящих колониальных от кормиальных форм.

В основании кустистых (кустовидных) скелетов прослеживаются три-пять исходных модулей, происходящих от общего основания и расположенных равномерно и диагонально (см. рис. 2, 1). По направлению вверх модули равномерно дихотомируют с формированием междуузлий, а выше – коротких перемычек и узких зияний. Оскулюмы расположены в горизонтальной плоскости, за исключением проявлений асимметрии или искажений в развитии скелета. На ранних стадиях кустистых скелетов прослеживается появление оскулюмов при дихотомии модулей (см. рис. 3, 3), что не заметно на поздних стадиях формирования колониальных (см. рис. 3, 1), особенно при кулисообразном расположении модулей и их оскулюмов (см. рис. 3, 2). При неравномерной ди- и трихотомии модулей очертания оскулюмов различны и их расположение хаотично, вновь формирующиеся оскулюмы располагаются уже не по окружности скелета, а во внутренней части кустистого скелета (см. рис. 1–4).

Кустистые колониальные внешне напоминают париформные губки конического и цилиндрического габитуса (*Ventriculites*, *Ortodiscus*), в строении которых дихотомирующие модули можно условно сопоставить со стенкой конического скелета, а зияния – со своеобразными «каналами». Это сравнение позволяет проследить сходные тенденции в формообразовании унитарных, париформных и настоящих колониальных кустистых губок. В морфогенезе кустистых колониальных прослеживается развитие отворота модулей, что сопровождается их дихотомией в диагональной или горизонтальной плоскости (см. рис. 3, 2). В последующем проявляется тенденция к увеличению диаметра и площади отворота, что сопряжено с сокращением параметров нижней, конусовидной части скелета. В строении кустистых колониальных с отворотом увеличивается количество оскулюмов, расположенных по окружности отворота в вертикальной плоскости. В горизонтальном секторе скелета сочетание перемычек, модулей и зияний формирует равномерный сетчатый рисунок. Возможно, развитие отворота обусловлено сокращением ламинарной динамики придонных вод, меньшим поступлением пищи, особенно во внутренние участки колониальных, и попаданием питательной взвеси на поверхность тела губки при свободном падении.

В строении просто устроенных ветвистых колониальных от узкого основания скелета прослеживается вертикально ориентированный модуль, с которым сопряжены единичные модули и перемычки (*Zittelispongia*). Сложно построенные ветвистые колониальные не всегда идентифицируются как таковые, что определяется прижизненными искажениями или посмертными повреждениями



скелета. Происхождение ветвистых форм связывается с первичными колониями колюминарного типа и, возможно, с колюминарными кормиальными формами (*Plocoscyphia*, *Euretidae*). У этих форм выросты расположены равномерно, в частности поочередно или спирально по высоте скелета, и могут быть соединены между собой вертикальными перемычками.

Лабиринтовые скелеты (см. рис. 4) отличаются относительно широким субплоским основанием и обычно правильным сетчатым, лабиринтовым сочетанием многих модулей и перемычек, которые едва можно различить между собой. Между сходными по размерам и очертаниям модулями и перемычкам равномерно распространены участки интерлабиринтового пространства. В строении лабиринтовых форм оскулюмы распределены равномерно по окружности скелета (*Leptophragmidae*, *Zittelispongia*, *Euretidae*) или равномерно раскрываются по высоте вторичной парагастральной полости (*Etheridgia*, см. рис. 4).

Пирамидальные лабиринтовые формы (*Etheridgia*) обитали в условиях активных сгонно-нагонных и ламинарных течений, когда питательная взвесь могла поступать к губке с разных направлений и по интерлабиринтовому пространству достигала внутренних участков организма (см. рис. 4).

Морфологическое разнообразие настоящих колоний, в целом описываемое исходными морфотипами, как и губок иных уровней организации [15, 17, 18], обусловлено широким проявлением изоморфизма среди представителей подотрядов *Lychniscosa* и *Hexactinosa*.

Обстоятельства, способствовавшие специализации направлений модульной организации и появлению колониальных форм. Выделение модульных форм разного уровня организации обусловлено проявлением ряда тенденций в морфогенезе позднемеловых гексактинеллид. В качестве основных рассматриваются: изменение толщины формирующей скелет стенки, ее морфологические трансформации и сопряженная модификация значений параметров ирригационной системы.

Значения толщины стенки колоний значительно меньше (1–3 мм и менее), чем значение толщины унитарных губок (0,5–1,5–2 см и реже более). Уменьшение толщины скелетообразующей стенки способствовало большей ее «адаптивной» подвижности и, возможно, активизации в проявлении реанжировки клеток организма, что прослежено на примере представителей семейств *Ventriculitidae*, *Coeloptychiidae*, *Leptophragmidae*. Сокращение толщины стенки сопровождалось активным развитием в строении скелета разного рода отворотов и изгибов, продольных складок и желобов, что привело к замыканию оскулюма [17]. На обособленных участках скелета некоторых тонкостенных форм, по каналам, формировались выросты с участками парагастральной полости.

На архитектуру скелета колоний оказывали влияние значительная конструктивная пластичность тонкой стенки и особенности проявлений вегетативного размножения среди тонкостенных губок. Во всяком случае, среди губок с большой (более 15 мм) и средней (6–15 мм) толщиной стенки установлены лишь автономные и перифронтальные формы, помимо унитарных [17, 18], а транзиторные и колониальные неизвестны.

С изменением толщины стенки почти закономерно сопряжено сокращение параметров элементов ирригационной системы (каналов и остий) и соответственно увеличение плотности расположения элементов дермальной и парагастральной скульптуры. Значительным морфологическим разнообразием отличались представители родов и семейств с «оптимальным» соотношением толщины стенки и плотности расположения элементов ирригационной системы – каналов (апо- и прозохет) и остий (апо- и прозопор). В данном случае оптимальное соотношение – это очень плотное расположение мелких округлых остий и субквадратных узлов ребер (*Narapaena*, *Lepidospongia*, *Leptophragmidae*) при толщине стенки 2–3 мм.

Представители рода *Aphrocallistes* отличаются не только большой площадью полигональных прозопор и каналов, но и практическим отсутствием интерканаларного пространства между ними. Стенка *Aphrocallistes* представляет собой тонкую сеть толщиной 1–2 мм, сложенную спикульной решеткой, окаймляющей поперечные каналы. У этих форм почти нет интерканаларного пространства – спикульной решетки между каналарным спикульным скелетом. В то время как в строении стенки скелета унитарных средне- и толстостенных *Ventriculites* соотношение толщины интерканаларного пространства и диаметра (1–3 мм) апо- и прозохет 1 : 1.

Скорее всего, продолжением этой тенденции явилось появление гексактинеллид без элементов скульптуры и без организованной ирригационной системы, и обычно с очень тонкой стенкой (*Coeloptychiidae*, *Etheridgia*, *Plocoscyphia*, *Becksia*). В строении стенки этих губок не прослеживается системы каналов и соответственно отсутствуют элементы скульптуры. Следует отметить, что в строении некоторых гексактинеллид элементы ирригационной системы развиты, но прозопоры замаскированы дермальным кортексом. Фильтрация воды происходила через клетки спикульной решетки, составляющей стенки скелета губки. Скелеты тонкостенных губок отличаются большей конструктивной пластичностью элементов и значительным разнообразием. Именно среди губок с тонкой стенкой в основном и установлены колониальные и кормиальные формы.

Уменьшение толщины стенки способствовало минимизации высоты и диаметра отдельных модулей, оскулюмов. Сокращение значений параметров модулей и перемычек сопровождалось



возрастанием их количества в структуре скелета колонии. Это способствовало возрастанию площади поверхности и относительного объема тела губки, что необходимо для активной фильтрации водной среды с пассивной динамикой.

Сокращение значений параметров и потеря «индивидуальности», полная интеграция модулей в структуре скелета колонии способствовали в дальнейшем возрастанию размеров самой колонии и канализации жизненных форм (морфотипов) колоний. Оптимизация значений параметров колоний, выдворение (катистения) губок в глубокие прохладные водные интервалы Мирового океана с минимальной конкурентной средой способствовали конвергентному сходству исходных морфотипов. В кампанское – маастрихтское время высота и диаметр многих колоний были сопоставимы с размерами одновозрастных и раннесантонских одиночных форм.

Успешному развитию, расселению и разнообразию модульных, и в частности колониальных форм, способствовали следующие обстоятельства.

1. У модульных, колониальных, форм больше проявлена способность к частичной или полной регенерации и, соответственно, к сохранению жизнеспособности организма. Вероятно, регенерация была эффективна и наиболее ярко проявлялась на ранних стадиях онтогенеза колоний.

2. Колонии более устойчивы к фрагментации маргинальных участков скелета. При повреждениях скелета, не приводивших к гибели организма, происходили относительная переориентация морфологической и функциональной роли отдельных модулей, замещение местоположения отсутствующих элементов и восстановление габитуса колонии и жизнедеятельности губки.

3. Колониальные губки, отличающиеся большой площадью поверхности тела, были способны фильтровать больший объем воды, с учетом слабого, умеренного и едва проявляющегося перетока придонной водной среды. Регулярное расположение равнокачественных модулей способствовало формированию стратегии «демократического» распределения пищи по всем участкам модульного организма. Стратегия общественного питания предполагает пассивное поступление питательной взвеси к организму в какие-то моменты времени с разных направлений и последующее относительно равномерное ее распределение между элементами колонии за счет единой пищеварительной и распределительной систем.

4. Предполагается, что модульные формы отличались более активным ростом на ранних стадиях онтогенеза по сравнению с другими формами бентосных фильтраторов, устрицами и унитарными губками. Это способствовало преимущественному освоению модульными формами участков поверхности субстрата в пределах сублиторали в моменты развития активных прибрежных течений. Автономии и колонии гексактинеллид (*Communitectum*, *Aphrocallistes*) покрывали зна-

чительные участки поверхности субстрата [18, 21], не сопоставимые с точечной площадью поверхности дна, занимаемой унитарными формами.

5. Высокие кормусные (транзиторные) и колониальные губки коллюминарного, ветвистого и кустистого облика осваивали более высокие интервалы водной среды над поверхностью субстрата. Отчасти увеличение высоты скелета общего веретенообразного облика обусловлено необходимостью возвышения губки над иловыми водами с большим содержанием взвеси пелитовой размерности, что обычно в условиях отсутствия активной динамики в придонном слое воды.

6. Высокие колониальные формы губок отличаются большей конструктивной пластичностью скелета и составляющих его элементов в условиях перманентно меняющихся параметров водной среды. Усиление конкурентных отношений и миграция в глубоководные прохладные зоны бассейнов с минимальной динамикой среды способствовали адаптации модульных гексактинеллид к очень аскетичному образу жизни. Если раннесантонские унитарные губки обитали в условиях сгонно-нагонных течений и турбулентной гидродинамики (*Cephalites*, *Ortodiscus*), то более поздние модульные формы существовали в среде с минимальной подвижностью вод, с лимитированным поступлением свободно падающей питательной взвеси.

Особенности развития колоний в геологической истории. На территории юго-востока Русской плиты самые древние находки скелетов настоящих колоний происходят из пород среднего сеномана (*Paracraticularia*) и среднего турона (*Etheridgia*). На поздних стадиях формирования раннесантонских губковых поселений колонии занимали все большее место в их структуре (*Zittelispongia*, *Leptophragmidae*, *Euretidae*). Заметную роль модульные формы, в том числе и колонии, занимали в составе губковых сообществ кампана – маастрихта. В породах дания губки представлены фрагментами колоний *Aphrocallistes*. В позднем кайнозое гексактинеллиды – это преимущественно колониальные формы.

Аспекты тафономии колониальных форм. Полнота сохранности скелетов губок очень важна для достоверной идентификации форм, что особенно актуально при рассмотрении колонии. К сожалению, скелеты настоящих колоний полной сохранности редки, крупные формы с тонкими стенками и крупными зияниями (*Zittelispongia*, *Leptophragmidae*) известны по разрозненным фрагментам: апикальным выростам с оскулюмами и междоузлиям. В большинстве случаев плохая сохранность объясняется обычным нахождением губок в составе аллохтонных захоронений, для которых свойственно различие в условиях обитания организмов и захоронения их скелетов. Часто после гибели колониальных губок и возможного их частичного погружения в осадок их остатки вымывались из осадка и активно перемещались, окатывались по поверхности субстрата



и при этом происходила фрагментация скелета. При автохтонном захоронении колоний, что свойственно вмещающим породам карбонатного и кремнистого состава, первичная сохранность губок хорошая, но рецентная – обычно очень плохая. В карбонатных породах тонкие стенки губок часто выполнены гидроокислами железа, а в кремнистых – аморфным кремнеземом, халцедоном или опалом. В этих случаях прослеживается две трудности в изучении губок. Первая – это щепенчатая отдельность вмещающих пород, при которой скелет колонии рассыпается на многие фрагменты. Вторая – соотношение состава вещества, выполняющего стенки скелета и слагающего вмещающую породу, при котором не всегда удается произвести полного извлечения фоссилий в виде объемных объектов.

При автохтонном захоронении элементы крупных колониальных форм опадали вниз, к основанию скелета, образуя сплошное бугристое основание из спаянных фрагментов модулей. Селективная сохранность элементов скелетов колониальных губок предполагает важность сбора и анализа строения апикальных участков модулей с оскулюмами и междоузлиями [19].

Аспекты номенклатуры и систематики. Первичные и настоящие (вторичные) колонии больше известны среди представителей подотряда *Hexactinosa: Zittelispongia, Paracraticularia, Aphrocallistes, Leptophragmidae* и *Euretidae*. Учитывая мозаичность признаков, принимаемых в качестве валидных при выделении и описании форм, предполагаем, что колонии могут рассматриваться в составе трибы (подсемейства). Подуровень организации колоний, первичный и вторичный, и исходный морфотип позволяют рассматривать эти модульные формы в составе трибы, рода и подрода.

Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки России в рамках базовой части (тема «Геология», государственная регистрация № 1140304447).

Библиографический список

1. Беклемишев В. Н. К проблеме индивидуальности в биологии. Колонии у двусторонне – симметричных животных // Успехи совр. биологии. 1950. Т. 29, вып. 1. С. 91–120.
2. Беклемишев В. Н. Основы сравнительной анатомии беспозвоночных : в 2 т. Т. 1. Проморфология. М., 1964. 432 с.
3. Колтун В. М. Развитие индивидуальности и становление индивида у губок // Губки и книдарии. Современное состояние и перспективы исследований. Л., 1988. С. 24–34.
4. Колтун В. М. Развитие индивидуальности и становление индивида у губок // Тез. докл. Беломор. биост. М. ; Л., 1989. С. 13–14.
5. Короткова Г. П., Анакина Р. П., Ефремова С. П. Морфогенезы у губок. Л., 1981. (Труды Биол. НИИ ЛГУ. Вып. 33. 52 с.).
6. Журавлёва И. Т., Мяжкова Е. И. Низшие многоклеточные фанерозоя // Тр. / Ин-т геол. и геофиз. СО АН СССР. 1987. Вып. 695. 221 с.
7. Преображенский Б. В., Арзамасцев И. С. Жизненные формы колониальных склерактиний // Палеонтол. журн. 1985. № 4. С. 5–11.
8. Ересковский А. В. Проблема колониальности, модулярности и индивидуальности губок и особенности их морфогенезов при росте и бесполом размножении // Биология моря. 2003. Т. 29, № 1. С. 3–12.
9. Марфенин Н. Н. Феномен колониальности. М., 1993. 237 с.
10. Марфенин Н. Н. Концепция модульной организации в развитии // Журн. общей биологии. 1999. Т. 60, № 1. С. 6–17.
11. Марфенин Н. Н. Фундаментальные закономерности модульной организации в биологии // Вестн. ТвГУ. Сер. Биология и экология. 2008. Вып. 9. С. 147–161.
12. Нотов А. А. О специфике функциональной организации и индивидуального развития модульных объектов // Журн. общей биологии. 1999. Т. 60, № 1. С. 60–79.
13. Нотов А. А. Концепция фракталов как средство выяснения специфики модульной организации высших растений // Ботаника и ботаническое образование : Традиции и перспективы : тез. науч. конф., посвящ. 200-летию каф. высших растений МГУ (Москва, 26–30 янв. 2004). М., 2004. С. 36–38.
14. Нотов А. А. Модульные организмы как объекты исследования в систематике и морфологии // Карл Линней в России. Философский век : альманах. СПб., 2007. Вып. 33. С. 187–189.
15. Нотов А. А. Модульная организация как модельный объект в биологических исследованиях // Вестн. ТвГУ. Сер. Биология и экология. 2008. Вып. 9. С. 162–176.
16. Первушов Е. М. О модульной организации губок // 200 лет отечественной палеонтологии : материалы всерос. совещ. М., 2009. С. 99.
17. Первушов Е. М. Новообразования в строении скелета позднемеловых губок, способствовавшие формированию полиоскулюмных форм // Изв. Саратов. ун-та. Нов. сер. Сер. Науки о Земле. 2011. Т. 11, вып. 1. С. 39–51.
18. Первушов Е. М. Автономный уровень модульных форм позднемеловых гексактинеллид // Там же. 2013. Т. 13, вып. 1. С. 87–96.
19. Первушов Е. М. Колониальный уровень модульной организации позднемеловых гексактинеллид (Porifera). Первичные колонии // Там же. Новая серия. Серия наук о Земле. 2013. Т. 13. Вып. 2. С. 74–81.
20. Синцов И. Ф. О меловых губках Саратовской губернии // Зап. Новорос. о-ва естеств. 1879. Т. 6, вып. 1. С. 1–40.
21. Helm, C., Kosma, R. Reconstruction of the unusual Late Cretaceous hexactinellid sponge *Aphrocallistes alveolites* (Roemer, 1841) // Palaontologische Zeitschrift 2006. № 80 (1). S. 22–33.



УДК 551.24:553.55(470.46)

АНОМАЛЬНАЯ ЗЕМНАЯ КОРА АСТРАХАНСКОГО СВОДА

В. В. Пыхалов¹, Я. А. Рихтер²

¹ Астраханский государственный технический университет

² Саратовский государственный университет

E-mail: tyr2760@yahoo.com



При интерпретации сейсмических материалов установлены аномальные особенности строения земной коры Астраханского свода. Они свидетельствуют о пластических деформациях нижней коры на участках ее флюидизации, о проявлении свойств волноводов и зон повышенной проницаемости в верхней коре на путях движения флюидного потока. Уникальное Астраханское газоконденсатное месторождение, локализованное в карбонатной платформе среднекаменноугольного возраста на глубине 4,0–4,5 км, сформировано в результате разгрузки УВ-содержащего глубинного флюида.

Ключевые слова: аномальная сейсмическая запись, волноводы, флюидизация земной коры, углеводороды.

The Anomalous Crust of the Astrakhan Arch

V. W. Pykhalov, Y. A. Richter

The anomalous characteristics of the Astrakhan Arch crustal structure were revealed during the seismic data interpretation. They indicate plastic deformations of the lower crust at the sites of its fluidization, manifestation of the waveguide and enhanced permeability zone properties in the upper crust in the ways of the fluid flow. The unique Astrakhan gas condensate field, localized in the carbonate platform of the Middle Carboniferous age at a depth of 4.0 – 4.5 km, was formed in the area of HC-containing deep fluid discharge.

Key words: anomalous seismic recording, waveguides, crust fluidization, hydrocarbons.

Общепризнана первенствующая роль геофизических методов, особенно сейсмических, в исследовании глубоких осадочных бассейнов, наиболее перспективных на континентах в отношении ресурсов нефти и природного газа. Однако применение этих методов в большинстве случаев было направлено на решение конкретных задач по интерпретации и корреляции вскрытых бурением разрезов, поискам перспективных структур, освещению глубинного строения регионов вдоль основных геотраверсов. При этом основное внимание уделялось изучению физических свойств среды с точки зрения возможности их интерпретации как показателей вещественного состава осадочного чехла и фундамента (или консолидированной коры). Для осадочного чехла также обычно рассматривалось влияние на свойства среды насыщающей ее газовой фазы (флюида) для оценки известной или возможной нефтегазоносности.

Участие флюида в глубинных процессах представляется несомненным, однако во мно-

гих аспектах его роль остается недостаточно изученной. Присутствие флюида и возможная флюидизация среды на больших глубинах не получили еще должной надежной оценки при сейсмических многоволновых исследованиях и глубинном электротзондировании. В частности, серьезной проблемой интерпретации сейсмических материалов является распознавание признаков преобразования среды под воздействием процессов флюидизации. Тем не менее эти признаки во многих районах мира были установлены и идентифицированы в волновых разрезах. С одной стороны, их совокупность отчетливо указывает на аномальное состояние земной коры, обусловленное интенсивной флюидизацией среды, а с другой – позволяет перейти к анализу имеющихся сейсмических данных для оценки влияния процесса флюидизации на упругие свойства среды.

Здесь важен предварительный выбор объектов, уже достаточно детально изученных и в то же время во многих отношениях сохраняющих свое эталонное значение для всего региона. Такие объекты с доказанной нефте- или газоносностью могут стать полигонами для выработки четких критериев и методов поисков новых типов месторождений углеводородов. К их числу следует отнести уникальное Астраханское газоконденсатное месторождение, расположенное на юго-западе Прикаспийской впадины в пределах крупной положительной структуры одноименного свода (рис. 1, 2). Многие особенности строения Астраханского свода, а также строения и состояния земной коры под ним чрезвычайно показательны с позиций современной геодинамики, их изучение может оказаться чрезвычайно полезным для прогресса нефтяной геологии. Анализ геофизических данных, свидетельствующих об аномальных свойствах земной коры Астраханского свода, приводит нас к следующим заключениям.

На временных разрезах ОГТ, в интервале регистрации волн, характеризующих строение консолидированной коры, выделяются две среды: верхняя – однородная прозрачная и нижняя – неоднородная, с интенсивным развитием неравномерно распределенных энергетически выраженных осей синфазности отражений, обычно представляемых в виде наклонных непротивоположных «отражающих площадок» (см. рис. 2). Эта среда обычно прослеживается в нижней

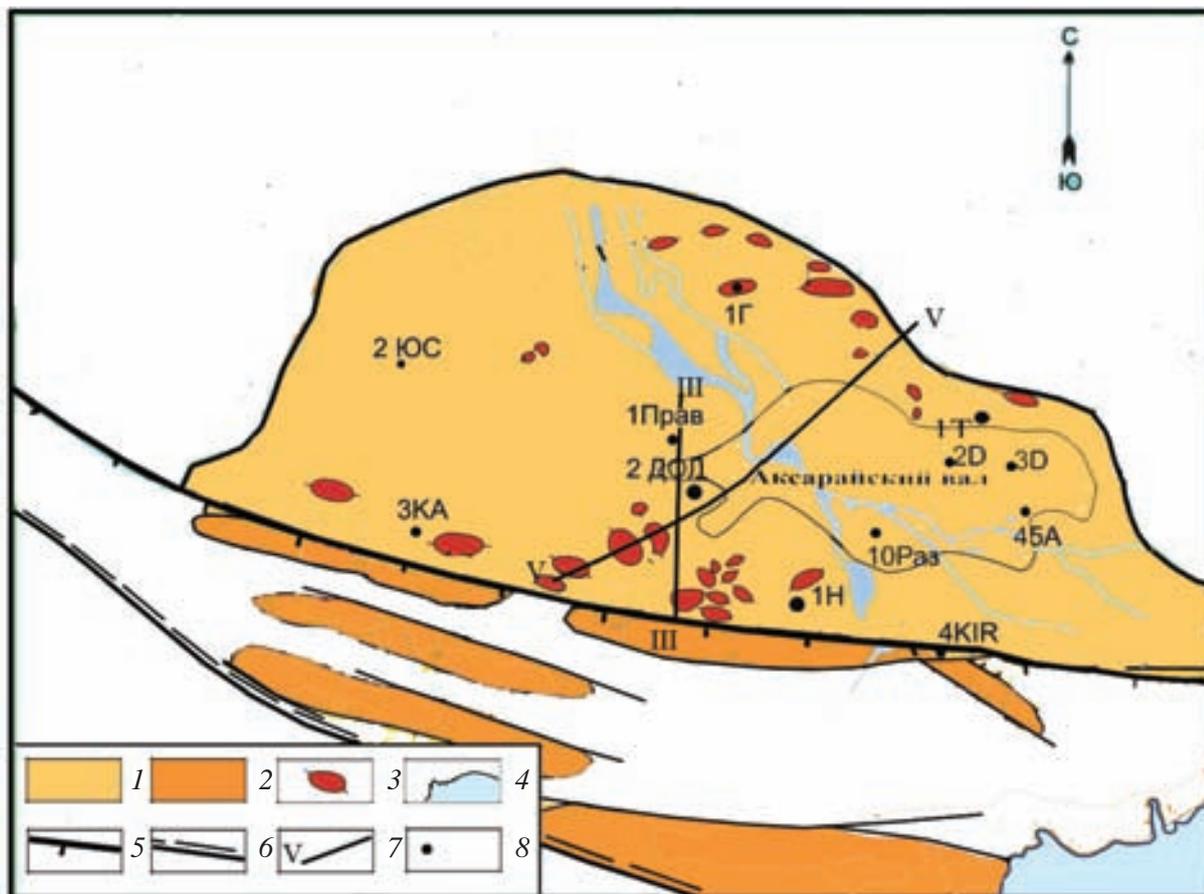


Рис. 1. Астраханский палеозойский свод и его окружение: 1 – Астраханский свод; 2 – складчато-надвиговые структуры палеозоя кряжа Карпинского; 3 – локальные поднятия по башкирским отложениям в пределах свода; 4 – погруженные области Прикаспийской впадины; 5 – граница фронтальных надвигов и складок Каракульско-Смушковской зоны; 6 – северная граница осевой части кряжа Карпинского; 7 – линии сейсмических профилей; 8 – скважины глубокого бурения

части консолидированной коры и выделена под названием «отражательного комплекса» или зоны «рефлективити» [1]. Физически она может быть истолкована как область пластического течения разогретого и насыщенного флюидом вещества земной коры. Созданные деформации могут характеризовать тектонический стиль так называемой «расслоенной» земной коры. Как считается, такая картина может быть вызвана тектонической расслоенностью, возникшей в результате «рейдной деформации» вещества в ходе разуплотнения земной коры, насыщенной флюидом. Структурно-морфологическим отражением такой деформации являются так называемые «глубинные диапиры», выделенные под Астраханским сводом [1, 2].

Нижняя граница зоны «рефлективити» чаще всего совпадает с разделом Мохо или располагается несколько выше и параллельно ему, верхней границе присущи сложные очертания, что создает весьма неравномерное распределение величины интервала этой зоны и особенно «высот» ее условного рельефа. На отдельных участках в рельефе ее верхней границы устанавливаются высокоамплитудные (порядка 16–18 км по вертикали) поднятия, напоминающие диапировидные складки. Отмеча-

ется корреляция между высотой этих поднятий и положительными гравитационными аномалиями трансформант поля силы тяжести в редукции Буге ($K = 0,7-0,9$), что подтверждается сопоставлением соответствующих данных в плане (рис. 3).

Распространение зоны «рефлективити» представляется неслучайным: она прослеживается вдоль южного и юго-восточного обрамления Прикаспийской впадины под примыкающими к этому обрамлению приподнятыми блоками самой впадины – от Астраханского свода до Каратон-Тенгизского и Биикжальского поднятий. Для них характерны «очаговое» развитие зоны «рефлективити», относительно высокое положение и интенсивная расчлененность рельефа верхней границы этой зоны. Так, для правобережной (относительно р. Волги) части Астраханского свода, примыкающей к структурам кряжа Карпинского, выявлена «очаговая» кольцеобразная структура в рельефе поверхности «рефлективити» [1, 3]. Она имеет сложную конфигурацию локальных возвышений, обрамляющих центральную «впадину» – участок резкого погружения поверхности «рефлективити» до глубины более 30 км (см. рис. 3). На сейсмопрофилях вдоль правого берега Волги

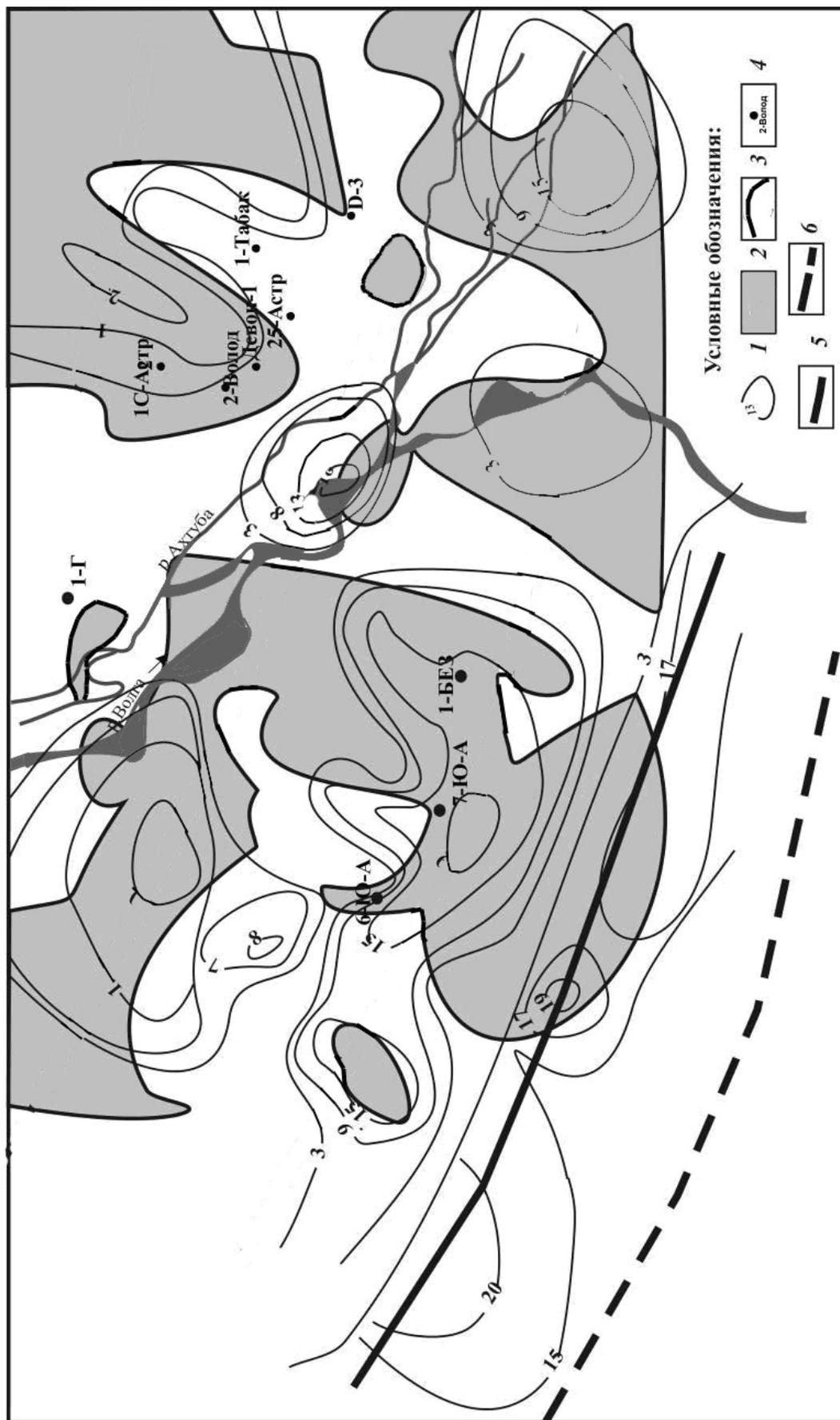


Рис. 3. Схема толщин комплекса «рефлективности» и аномалий трансформанты силы тяжести [3]; 1 – изопахиты толщины мантии; 2 – участки с аномалией трансформации силы тяжести; 3 – границы Каракумско-Смушковой зоны; 4 – контуры аномалий трансформанты силы тяжести; 5 – граница складчатого основания кряжа Карпинского; 6 – северная граница складчатого основания кряжа Карпинского



с юга на север просматривается отчетливая картина такой структуры: сначала в интервале 6–9 с наблюдается общий наклон площадок отражений на юг, что создает внешнее обрамление структуры, затем отмечается прозрачная, без отражателей, среда, воронкообразно уходящая на глубину, и снова появляется зона многочисленных площадок отражений, теперь уже наклоненных на север (рис. 4). Характерно, что и здесь отчетливо прослеживается связь положительных гравияномалий (+4–8 мГал) с участками возвышений поверхности зоны «рефлективности», а центральной «впадине» между ними соответствуют пониженные значения поля силы тяжести (его трансформант – до уровня 0–4 мГал). Размеры всей структуры составляют примерно 60х100 км. Восточнее, частично на левобережье Волги, располагаются еще несколько отдельных локальных возвышений, «вписывающихся» в контур Астраханского свода. Восточная периферия этих возвышений недостаточно изучена сейсморазведкой МОГТ, нет данных с большой длиной записи (более 20 с).

Имеющиеся данные электроразведки (методика ЗСБ), несмотря на недостаточность проведенных работ и неопределенность интерпретации их результатов, свидетельствуют об

отдельных фактах аномально резкого повышения электропроводности (например, с глубины 10 км до глубины 18–19 км, где фиксируется переход к зоне «рефлективности» на одном из профилей МОГТ).

В области обрамления, под центральной частью кряжа Карпинского практически вся консолидированная кора представлена отражательным комплексом близкого типа. Его поверхность образует здесь параллельную кряжу гряде крупных удлиненных возвышений. Она оборвана с северной стороны резким сбросообразным погружением, отделяющим ее от описанной левобережной кольцеобразной структуры.

Анализ материалов КМПВ-ГСЗ также позволяет обнаружить своеобразие строения и свойств консолидированной земной коры Астраханского свода и других поднятий Астраханско-Биикжальской ступени. Это в первую очередь данные о граничных скоростях преломленных волн на уровне поверхности фундамента или кровли консолидированной коры [4] – 5,9–6,2 км/с, что заметно меньше, чем для смежных участков Сарпинского прогиба и Центрально-Прикаспийской депрессии (6,8–7,0 км/с). Кроме того, формы записи волн группы P_0^k во вторых вступлениях для этих струк-

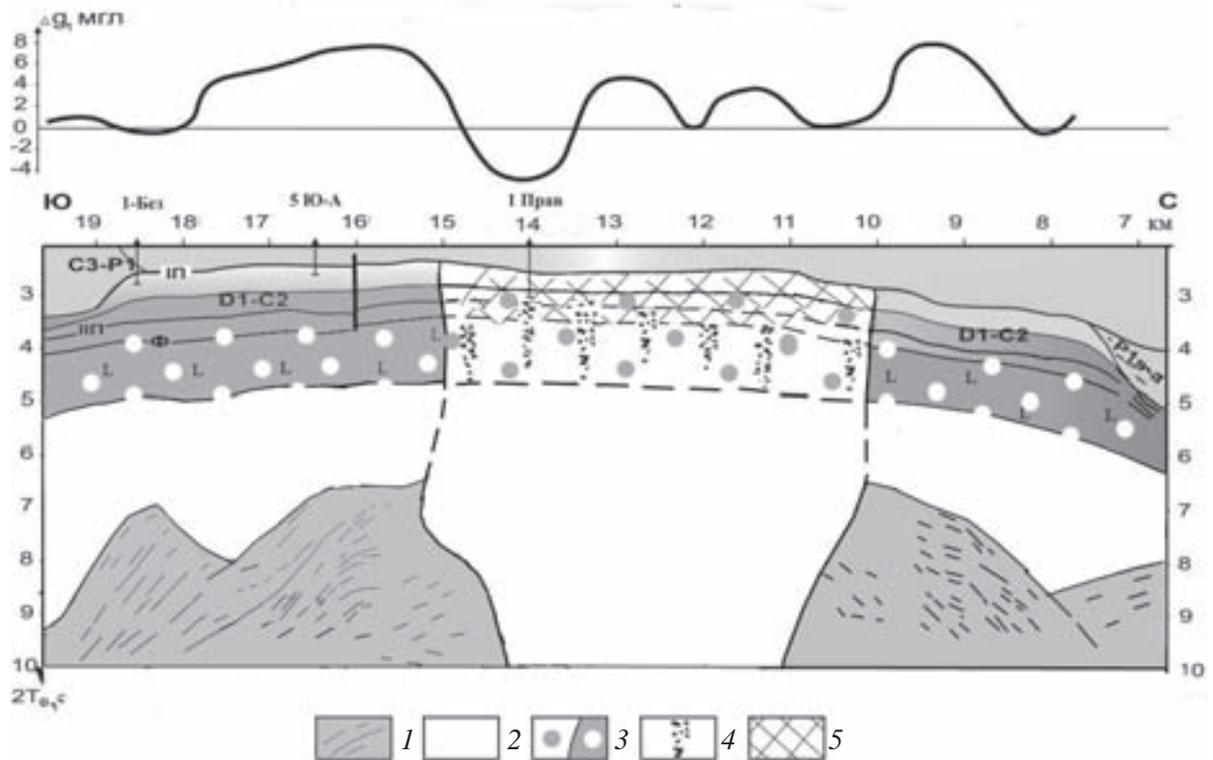


Рис. 4. Геодинамическая модель аномальной земной коры Астраханского свода. Сейсмогеологический разрез по линии III–III (см. рис. 1): 1 – зона ориентированного пластического течения в нижней коре; 2 – зона однородной сейсмически прозрачной верхней коры, возможно, в аморфизованном состоянии в условиях насыщения флюидом; 3 – зона волновода в верхней «консолидированной» коре; 4 – участки разгрузки потоков глубинного флюида (зоны «аномальной сейсмической записи»); 5 – зона локальных хрупких дислокаций, повышенной проницаемости и гидротермальной проработки в осадочном подсолевом комплексе палеозоя – область разгрузки флюида и локализации скоплений УВ



тур также различны: в блоках с пониженными значениями граничных скоростей волновое поле осложнено осями синфазности с большими или меньшими кажущимися скоростями.

Скоростные модели земной коры, построенные по результатам повторной обработки данных КМПВ вдоль профилей, пересекающих Астраханский свод [5], в частности вдоль профиля VIII-61А, демонстрируют присутствие в основании осадочного слоя и верхней части фундамента (консолидированной коры) в интервале 8–11 км волновода – сейсмического слоя с пониженными значениями расчетной скорости продольных волн (4,8–5,0 км/с), а выше, до глубины 4,5–5,0 км (что соответствует глубине залегания кровли подсолового комплекса) – с повышенными (6,0–6,18 км/с), близкими к значениям скоростей в фундаменте (6,2–6,3 км/с). Такая инверсия скоростей сейсмических волн не характерна для земной коры Сарпинского прогиба и кряжа Карпинского, где волновод не прослеживается. Существование еще одного корового волновода ниже кровли консолидированной коры подтверждается данными о присутствии слоя повышенной электропроводности в интервале глубин 13–19 км (ЗСБ). По данным КМПВ, магнито- и гравиметрии в интервале глубин 14–16 км здесь установлен слой с пониженной скоростью продольных волн и плотностью [6, 7]. Кроме того, по результатам геомеханического моделирования [8] в консолидированной коре Северного Прикаспия до глубин 15 км выявлены крупные зоны разуплотнения с положительными значениями вариаций давления. Волноводы могли быть сформированы в верхней коре в пределах внутрикоровых мульд, и современная их глубина залегания составляет порядка 13–16 км (см. рис. 2). Этим данным не противоречат расчёты, согласно которым коровый волновод может существовать на территории Астраханского свода на глубинах более 12 км [9].

Природа выявленных под Астраханским сводом волноводов еще не вполне ясна. Можно лишь, пожалуй, отметить, что предложенная ранее для этого механическая (дилатансионная) модель волноводов в земной коре [10, 11] оказывается недостаточной, так как не учитывает возможной роли повышенного содержания флюидов при разрушении монолитности пород и создании новой обильно трещиноватой разуплотненной и расслоенной среды [12]. Потерявшие механическую прочность («ослабленные») ее зоны представляют собой субгоризонтальные разломы, вдоль которых возможны относительные перемещения и перетоки флюидов. Таким образом, волноводы могут рассматриваться как часть общей системы миграции глубинного флюида.

Структура Астраханского свода, четко выраженной по кровле подсолового палеозойского комплекса, в целом находит свое отражение в поверхности консолидированной коры и границы Мохо (см. рис. 2). Последняя занимает несколько

более высокое положение, находясь на глубине 36–37 км, по сравнению со смежными районами Прикаспийской впадины (где она отличается на глубине 39–40 км). На север и северо-восток, в сторону Междуреченской ступени эта глубина остается прежней и уменьшается до 33–35 км к центру впадины. Вторая граница – кровля фундамента (консолидированной коры) – фиксируется под сводом на глубине порядка 9–10 км, что также меньше на 2–3 км, чем в тех же районах.

Здесь необходимо иметь в виду, что по ряду причин с определением положения границы фундамента на Астраханском своде связаны серьезные проблемы. Как недавно установлено коллективом авторов под руководством Ю. А. Воложа [5], на многих профилях КМПВ недостатки применявшейся ранее системы наблюдений (например, ограниченная длина годографа) привели к неоднозначным результатам интерпретации полученных материалов, в частности, при идентификации высокоскоростных волн, преломленных от кровли фундамента и подошвы осадочного слоя. В связи с этим надежных геофизических данных о положении кровли фундамента в пределах Астраханского свода не имеется, за исключением лишь нескольких профилей (профиль VIII КМПВ, профили ГСЗ «Батолит» и Яшкуль – п. Медногорск). Так, по профилю «Батолит» фундамент в левобережной части Астраханского свода залегает на глубине 8 км, а в правобережной – 10–11 км [4]. Интересно, что по данным анализа материалов МОГТ региональных профилей с большой длиной записи (20 с) в пределах Астраханского свода в 2–3 км ниже опорного отражающего горизонта III (подошва девонского сейсмокомплекса) прослеживается еще одна граница, примерно соответствующая преломляющему горизонту d_0^k , выделенному на профиле VIII КМПВ. Как считают авторы монографии [5], наиболее надежно этот горизонт устанавливается по периферии Астраханского свода, в окружающих погружениях. Существенно иная картина наблюдается на своде, особенно в его левобережной части. Здесь ниже слоистой среды, ограниченной снизу отражающим горизонтом III, прослеживается область неупорядоченной записи, характерная для консолидированной коры (фундамента). На основании этого был сделан вывод о примерном совпадении здесь кровли фундамента и подошвы девонских образований [5, с. 87], что было подтверждено данными по профилю VII, отработанному методами КМПВ и МОГТ, где факт совпадения установлен с точностью до 0,2 с (около 500 м по вертикали) на глубинах в интервале 7–9 км.

Этот важнейший вывод подтверждается и с геологических позиций. Близость поверхности фундамента к подошве девона предполагается нами по результатам бурения в левобережной части свода глубокой опорной скважины Д-2. В интервалах 6545,3–6563,6 м, 6576,1–6576,7 м и 6735–6738 м в составе песчаников и гравелитов



терригенно-карбонатной толщии нижне-среднедевонского возраста (эмско-раннеэйфельского) нами в 2011 г. при изучении петрографических шлифов был обнаружен окатанный материал диабазов, базальтов, их стекловатых корок, габброидов, более редких фтанитовых кремнистых пород, риолито-дацитов и серпентинитов. Ниже 6760 м и до забоя на глубине 7003 м в буровом шлеме представлены главным образом тонкослоистые алевролиты и аргиллиты, реже – кварцевые песчаники и кварцито-песчаники, скорее всего принадлежащие терригенной толще ордовика – силура. Тогда же нами было сделано предположение, что обломочный материал в основании девонских отложений может происходить из подвергавшихся размыву поднятий базальтовой океанической коры и прикрывающих ее глубоководных кремнисто-терригенных осадков нижнего палеозоя [13]. Это может означать, что на ближайших глубинах порядка 7,5–8,0 км находится не просто акустический фундамент геофизиков, а поверхность базальтового слоя субокеанической коры, подстилающей Прикаспийскую впадину. В свете сказанного особый интерес представляют недавно опубликованные данные о природе Северо-Каспийской гравитационной аномалии, захватывающей в границах изолинии +10 мГал Астраханский свод и прилегающую северную часть кряжа Карпинского. Эта аномалия, как посчитали исследователи, вызвана присутствием на глубине мощного базитового вулканического комплекса раннего палеозоя [14]. Таким образом, нам представляется более реальным, соответствующим современному состоянию изученности Астраханского свода, предположение о базитовом составе фундамента, принадлежащего субокеанической земной коре.

Все эти данные позволяют сделать уверенное заключение о приподнятом положении блока земной коры под Астраханским сводом. Начало восходящих движений, возможно, относится ко времени формирования перерыва в основании девонских отложений, залегающих на размывтой поверхности глубоководных осадков нижнего палеозоя. В дальнейшем тектонический режим стабилизировался и начавшееся медленное погружение этого блока компенсировалось осадконакоплением, приведшим к созданию в середине среднекаменноугольной эпохи мощной карбонатной платформы. Современное положение этой платформы – на глубинах около 4,0–4,5 км – свидетельствует о накопленном эффекте длительных медленных погружений Астраханского свода, как и всей Прикаспийской впадины. Таким образом, в течение всего среднего и в начале позднего палеозоя свод находился в зоне шельфового терригенно-карбонатного осадконакопления, где формировались крупные рифогенные постройки.

Признаки аномального состояния сейсмической среды обнаруживаются и выше – в пределах слоистой части разреза, характерной для подсо-

левого комплекса палеозоя. Это так называемые зоны «потери когерентности сейсмической записи» или аномальной сейсмической записи (АСЗ), зафиксированные в ряде профилей на территории Астраханского свода. Участки такой записи отличаются от соседних некоторой нарушенностью слоистой картины протяженных «горизонтов» отражений, вызванной «растворением» некоторых из них (потерей или ослаблением сигнала в волновом поле) и некоторым их смещением относительно друг друга (рис. 5). Иногда возрастающая степень нарушенности отражений придает им лоскутный характер, создающий картину хаоса. Такие участки прослеживаются на расстоянии 5–10 км в интервале временного разреза порядка нескольких секунд, образуя сквозные зоны АСЗ, уходящие на значительную глубину в пределы фундамента [3]. Зоны АСЗ располагаются преимущественно над участками понижений («мульд») и склонов в рельефе поверхности комплекса «рефлективити» [15], обнаруживая тем самым связь с мульдообразными впадинами, окруженными локальными «диапироподобными» поднятиями этого комплекса и имеющими нарушенную структуру волнового поля (вплоть до появления прозрачной).

Проявления зон АСЗ в каменноугольных отложениях известны в пределах Правобережной и Георгиевской площадей, в также в пределах АГКМ в районе скв. 45 и скв. 72 Астраханских и других, в докаменноугольных породах – в районе скв. Д-1. Практически на всех зонах АСЗ установлены притоки газа и газоконденсата, на некоторых открыты месторождения (Западно-Астраханское, Великое и др.). Как правило, в верхней части зон АСЗ и в их кровле интенсивно развиты, особенно в карбонатных породах, многочисленные трещины и поры, что придает всему комплексу Астраханского карбонатного массива уникальные коллекторские фильтрационно-емкостные свойства. Ареалы их развития, чередующиеся с участками интенсивной кольматации трещинно-пустотного пространства, выделяются как зоны очаговой трещиноватости (ЗОТ) [3].

Анализ развития зон повышенной пористости в терригенно-карбонатных породах нижнего-среднего девона на глубинах 6–7 км, проведенный по данным изучения керна скважин Правобережная 1, Девонские 2 и 3, Табаковская 1, дал любопытные результаты. Оказалось, что отложения, вскрытые скв. Д-2 и Д-3, представленные песчаниками на карбонатном и глинистом цементе, с прослоями аргиллитов, имеют пористость от 9 до 22%. При бурении фиксировались газопроявления. Более редкие известняки с прослоями аргиллитов имеют пористость до 27%. В целом толща нижнего-среднего девона может считаться перспективной на обнаружение хороших коллекторов. К сказанному стоит добавить, что непосредственно ниже скважиной Д-2 была вскрыта вплоть до забоя мощная толща аргиллитов ниж-

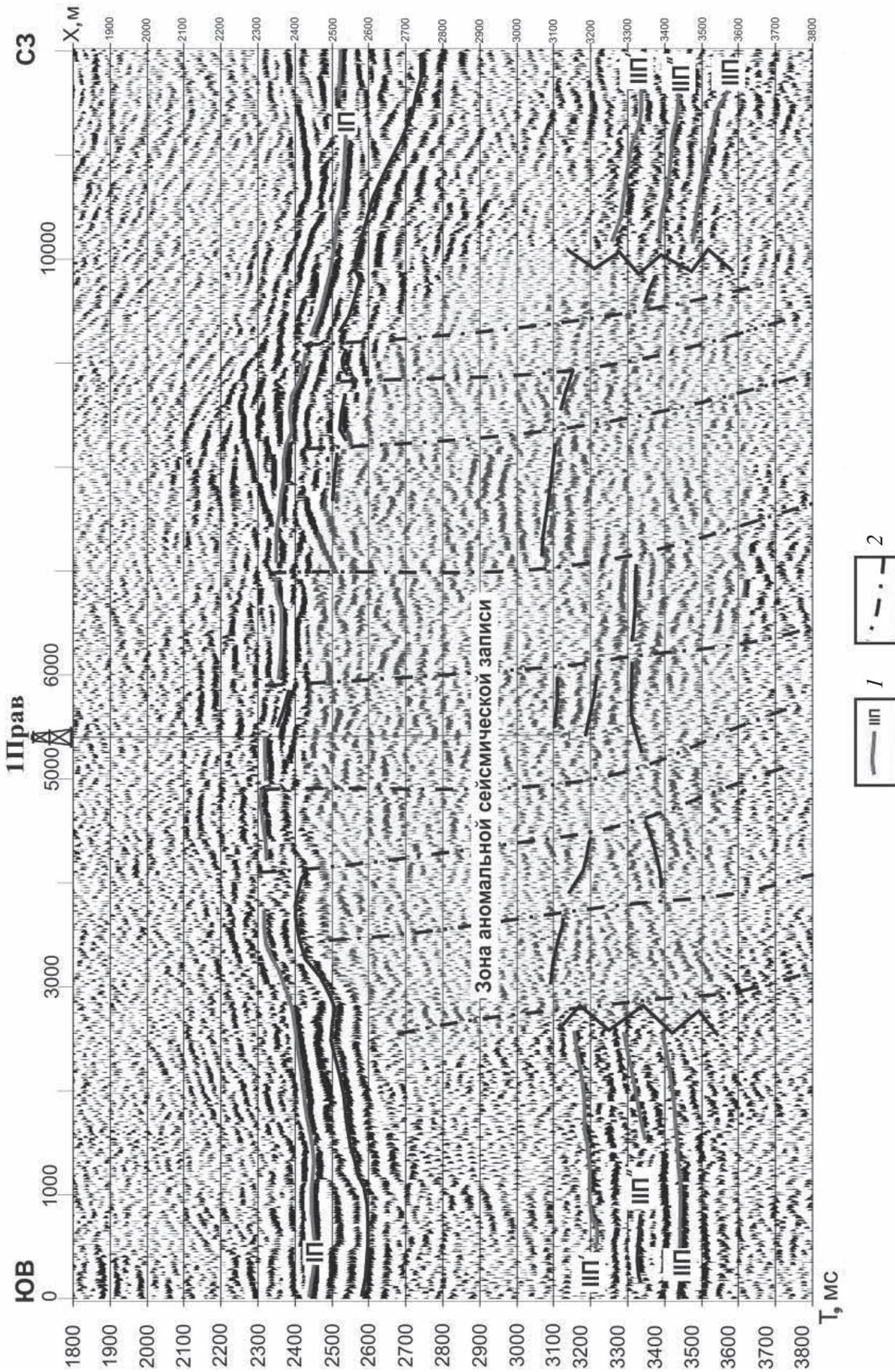


Рис. 5. Проявление аномальной сейсмической записи в волновом поле. Правобережная площадь; 1 – отражающие горизонты; 2 – разрывные нарушения



него палеозоя (не менее 400 м!) с пористостью, превышающей на отдельных интервалах 22% [16]. Эти породы вместе с филлитовыми сланцами и редкими кварцитовидными песчаниками почти нацело представляют буровой шлам, что, скорее всего, неслучайно и позволяет предположить высокую степень нарушенности их толщи.

Перспективы нефтегазоносности всего девонско-нижнекаменноугольного комплекса, в отсутствие хороших коллекторов, могут связываться с локальными зонами разуплотнения, представленными участками повышенной трещиноватости, а также зонами интенсивного выщелачивания, разделенными участками плотных слабопроницаемых пород. Это подтверждается, например, повышенной газоносностью отложений франского яруса D_3 в скв. Правобережная 1.

Таким образом, по геофизическим данным на всех уровнях земной коры Астраханского свода устанавливаются уникальные особенности ее строения и состояния, которые придают ей аномальный характер. К таким особенностям относятся отражательный комплекс «рефлективности» в низах консолидированной коры, его характерные «очаговые» структуры, присутствие волноводов в верхах консолидированной коры, участки проявления в осадочном чехле и фундаменте зон аномальной сейсмической записи (АСЗ), характерные для так называемых АКЗ (аномальных кольцевых зон) Западной Сибири, «газовых труб» (gas chimney) и VAMP-structure (velocity and amplitude structure) многих нефтегазоносных районов мира. Уникальное Астраханское газоконденсатное месторождение и другие месторождения, сконцентрированные в пределах Астраханского свода, находятся в прямой связи с выявленными чертами строения и состояния земной коры. Присутствие здесь этих скоплений УВ доказывает, по крайней мере, что они неслучайны, находятся в каком-то отношении с выявленной ситуацией, возможно, объясняющей их появление.

Отмеченные аномальные особенности земной коры района Астраханского свода были учтены нами при создании новой геодинамической модели. Они тесно связаны друг с другом и обусловлены глубинными процессами дегазации мантии. Снизу вверх от границы Мохо выделяют следующие зоны (см. рис. 4):

– зона ориентированного пластического течения и связанных с ним куполовидных деформаций в нижней коре. Возможно, она развита в основании нижней коры за счет присоединения к ней серпентинизированной части мантии, преобразованной (разуплотненной) под воздействием флюида;

– зона однородной сейсмически прозрачной верхней коры, возможно, находящейся в аморфизованном состоянии в условиях насыщения флюидом. На отдельных участках в виде локальных объемов цилиндрической или воронкообразной формы эта зона проникает в нижнюю кору вплоть

до ее основания. Возможно, здесь фиксируются структуры прорыва глубинным флюидом нижней коры при сверхвысоких давлениях;

– зона волноводов в верхней «консолидированной» коре, нередко на границе так называемого фундамента и осадочного комплекса. Она представлена разуплотненным слоем с пониженными механическими свойствами благодаря насыщению флюидом;

– зона локальных хрупких дислокаций, повышенной проницаемости и гидротермальной проработки (структуры очаговой трещиноватости) в осадочном подсолевом комплексе палеозоя. Она интерпретируется как область разгрузки флюида и локализации скоплений УВ в породах карбонатной платформы под экраном солей средней перми.

На современном этапе развития наших представлений о размещении скоплений УВ в земной коре все более очевидной становится их связь с проявлениями флюидизации и аморфизации геологической среды под воздействием глубинного флюида. На верхних уровнях земной коры по сейсмическим данным фиксируются пути миграции УВ-содержащего флюида вдоль глубинных разломов и зон повышенной трещиноватости – их зон разгрузки. В ряде случаев это непосредственно подтверждается специальными геохимическими исследованиями вскрытых бурением пород, в вертикальном разрезе которых обнаружены характерные проявления зональных гидротермальных изменений [17–19, 20–22]. В результате применения методики инверсионного термогидродинамического моделирования были получены интересные данные о глубинной гидротермальной циркуляции на примере резервуара Рогожниковского нефтяного месторождения в риолито-дацитовой толще пермо-триаса (Западная Сибирь). Они показали, что его заполнение тесно связано с поступлением в резервуар восходящего флюидного потока [23]. Подобные исследования были бы целесообразно провести и на полигоне Астраханского ГКМ, где уже имеются для этого необходимые условия и данные предыдущих многолетних наблюдений.

Уже в настоящее время можно сделать некоторые существенные выводы. Залежи газоконденсата в пределах Астраханского свода сформированы и продолжают накапливаться в зонах интенсивной «очаговой» трещиноватости и повышенной пористости карбонатных пород нижнего-среднего карбона, очевидно, являющихся областью разгрузки действующей флюидодинамической системы. Судя по геофизическим данным, влияние этой системы распространяется на весь объем земной коры Астраханского свода. Следовательно, при дальнейшем изучении необходимо использование в пределах выбранных участков и скважин полигона специальных геодинамических параметров, отражающих состояние земной коры, динамику процессов внутри нее и влияние отбора газа при разработке месторождения.



Как показано на примере отдельных объектов [19], различные геофизические, геодезические и геохимические показатели, отслеживаемые в режиме мониторинга геолого-геофизической среды, позволяют обнаружить динамику современных движений, вариаций гравитационного и волнового поля, изменения плотности нефти и содержания в ней газа и конденсата, флюктуаций содержания гелия в попутном газе и т. п. Анализ данных таких наблюдений на известных, уже достаточно изученных объектах позволит выбрать комплекс эффективных параметров для прогноза и поисков новых месторождений даже в, казалось бы, хорошо освоенных районах, откроет новые перспективы на гораздо более серьезных глубинах. К известным признакам нефтегазоносности и общегеологическим критериям о наличии локальных структур, «ловушек» и «покрышек» присоединятся данные о состоянии недр, геодинамической активности глубинных разломов, о присутствии глубинных флюидодинамических систем и зон их разгрузки. На стадии прогноза возрастет роль глубинных геофизических исследований (МОГТ-ГСЗ, КМПВ, МТЗ и др.), разработка их новых модификаций для оценки характера и степени аномальности состояния и строения земной коры, выработки более четких признаков аномальных волновых полей для уверенной интерпретации геофизических материалов. В меньшей степени окажется важным использование современных геохимических методов для изучения состава флюида, его эволюции и зональности изменения среды на путях его миграции, а также методов моделирования процессов функционирования реальных флюидодинамических систем, формирующих скопления УВ.

Библиографический список

1. Бродский А. Я., Шайдаков В. А., Шлезингер А. Е., Штунь С. Ю. Строение верхней мантии и консолидированной коры в зоне сочленения кряжа Карпинского и Астраханского свода // Докл. РАН. 1993. Т. 333, № 3. С. 341–343.
2. Бродский А. Я., Воронин Н. И., Миталев И. А. Модель глубинного строения зоны сочленения кряжа Карпинского и Астраханского свода // Отечественная геология. 1994. № 4. С. 50–53.
3. Пыхалов В. В. Геодинамическая модель формирования земной коры и осадочного чехла Астраханского свода и ее значение для оценки фильтрационно-емкостных свойств карбонатных отложений по данным геофизических методов. Астрахань, 2009. 152 с.
4. Костюченко С. Л., Егоркин А. В. Прикаспийский задуговой бассейн – новый взгляд на ранние этапы эволюции // Разведка и охрана недр. 2004. № 4. С. 18–20.
5. Астраханский карбонатный массив. Строение и нефтегазоносность / под ред. Ю. А. Воложа, В. С. Парасыны. М., 2008. 221 с.
6. Карус Е. В., Саркисов Ю. М. Об антистратиформном характере разреза кристаллического основания континентальной земной коры // Докл. АН СССР. 1986. Т. 289, № 1. С. 176–179.
7. Саркисов Ю. М., Кудымов В. М., Овчаренко А. В., Берзин Р. Г., Сулейманов А. К. Новые данные о составе, структуре и геодинамике континентальной коры // Советская геология. 1992. № 3. С. 88–96.
8. Гарагаи И. А. Глубинные аномалии коровых напряжений в зоне подсолевых месторождений углеводородов Северного Прикаспия // Геомеханика. Разрушение и дилатансия. Нефть и газ : сб. трудов ИФЗ. М., 2010. 640 с.
9. Бродский А. Я., Пыхалов В. В., Тинакин О. В., Токман А. К., Комаров А. Ю. Развитие разрывных нарушений и зон очаговой трещиноватости и их влияние на распределение ФЕС девонско-каменноугольных отложений Астраханского свода // Газовая промышленность. 2010. № 5. С. 22–25.
10. Николаевский В. Н., Шаров В. И. Разломы и реологическая расслоенность земной коры // Физика Земли. 1985. № 1. С. 16–28.
11. Каракин А. В., Камбарова А. Н. Динамическая модель коровых волноводов // Геоинформатика. 1997. № 1. С. 10–17.
12. Павленкова Н. И. Флюидный режим верхних оболочек Земли по геофизическим данным // Генезис углеводородных флюидов и месторождений. М., 2006. С. 47–55.
13. Рихтер Я. А. Внутриплитная региональная геодинамика : Прикаспийская впадина и ее обрамление. Саратов, 2012. 116 с.
14. Сегалович В. И., Волож Ю. А., Антипов М. П., Васильев О. А. Природа Северо-Каспийской гравитационной аномалии // Геотектоника. 2007. № 3. С. 30–45.
15. Бродский А. Я., Пыхалов В. В. Модель формирования зон повышенной трещиноватости в палеозойских отложениях Астраханского свода // Недра Поволжья и Прикаспия. 2006. Вып. 47. С. 16–23.
16. Захарчук В. А., Козий Н. М., Бадалова В. А. Распределение коллекторов в девонско-нижнекаменноугольных отложениях Астраханского свода // Южно-российский вестн. геологии и географии и глобальной энергии. Науч.-техн. журн. 2003. № 3. С. 35–39.
17. Багдасарова М. В. Роль гидротермального процесса в формировании коллекторов нефти и газа // Геология нефти и газа. 1997. № 9. С. 42–46.
18. Багдасарова М. В. Современные гидротермальные системы и их связь с формированием месторождений нефти и газа // Фундаментальный базис новых технологий нефтяной и газовой промышленности. М., 2000. С. 100–115.
19. Багдасарова М. В., Сидоров В. А. Современная геодинамика глубинных разломов и формирование полезных ископаемых // 1-е Кудрявцевские чтения : Всерос. конф. по глубинному генезису нефти : тез. докл. М., 2012. С. 222–230.
20. Коробов А. Д., Коробова Л. А., Кинелева С. И. Природа жильных коллекторов углеводородов Шаимского района (Западно-Сибирская плита) // Отечественная геология. 2005. № 4. С. 3–9.



21. Коробов А. Д., Коробова Л. А. Нефтегазоперспективный рифтогенно-осадочный формационный комплекс как отражение гидротермальных процессов в породах фундамента и чехла // Геология нефти и газа. 2011. № 3. С. 14–23.
22. Коробов А. Д., Коробова Л. А. Роль глубинного тепло-массопереноса в формировании коллекторов и фазовой зональности углеводородов рифтогенно-осадочного

комплекса Западной Сибири // 1-е Кудрявцевские чтения : Всерос. конф. по глубинному генезису нефти : тез. докл. М., 2012. С. 280–284.

23. Кирюхин А. В. Диагностика восходящих потоков флюида в продуктивных вулканогенных резервуарах на основе инверсионного термогидродинамического моделирования // Там же. С. 112–115.

УДК 55:372.8

О ПРОБЛЕМАХ И ЦЕННОСТНЫХ ПРИОРИТЕТАХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ БАКАЛАВРИАТА (на примере программ геофизического направления)



М. И. Рыскин

Саратовский государственный университет
E-mail: riskinmi@yandex.ru

Представлены актуальные проблемы перехода на двухуровневую систему образования в российской высшей школе. Предлагается в рамках бакалавриата отойти от традиционной физико-математической ориентации программ геофизического направления в сторону геологических приоритетов. Рассмотрены некоторые аспекты реализации этой идеи на примере программы курса геофизики.

Ключевые слова: модернизация, бакалавриат, магистратура, геофизические методы разведки, самостоятельная работа студентов, геологическая природа геофизических аномалий.

**About the Problems and Value Priorities of Educational
Baccalaureate System (with Geophysical Area Programs
as an Example)**

M. I. Riskin

The vital problems of passage to the two-bin system of formation in the Russian higher school are represented. It is proposed within the framework [baccalaureate] to go away from the traditional physico-mathematical orientation of the programs of geophysical direction to the side of geological priorities. Some aspects of the realization of this idea based on the example of the program of the course of geophysics are examined.

Key words: modernization, baccalaureate, geophysical prospecting, geological nature or physical anomalies.

Первое десятилетие XXI века в нашей стране проходило под лозунгом *всеобщей модернизации*. И хотя по большей части это были разговоры, но в сфере образования происходят заметные деформации.

Здесь уместно напомнить, что высшая школа оказалась одним из немногих институтов, которым удалось устоять в эпоху перестройки. Перестройка, в конце концов, завершилась тем, что мы стали жить совсем в другом государстве – сменился экономический строй, страна стала иначе именоваться, сократилась ее территория и пр. Но высшая школа уцелела. Однако в последующие годы она стала заметно деградировать. Особенно значительные

сдвиги произошли в возрастной структуре преподавательского корпуса, как следствие, существенно снизилась его научная продуктивность. Удастся ли изменить ситуацию в лучшую сторону в процессе нынешней модернизации? Однозначный ответ на этот вопрос дать трудно. Чтобы приблизиться к истине, *необходимо уяснить основные тренды идущих преобразований*.

О двух направлениях преобразований

В первую очередь следует, по-видимому, назвать *создание системы высококатегорийных университетов: федеральных и национальных исследовательских*. Предполагается, что в них произойдет усиление кадрового состава преподавателей, учебный процесс будет органично связан с научной работой студентов, существенно улучшится материально-техническая база, повысится социальный статус профессорско-преподавательского состава. Все это будет обеспечено достойным уровнем государственного финансирования и, наряду с этим, собственными заработками вузов за счет создания сети научно-производственных подразделений коммерческого толка, где будут придумывать, производить инновационные продукты и торговать ими. Насколько это реально? Трудно представить, что люди, родившиеся и воспитанные в системе ценностей, где наука и торговля, как гений и злодейство, – две вещи несовместные, сумеют быстро «перековаться». Скорее всего, процесс перерождения окажется достаточно длительным и проблемным, соответствующая выучка не будет достигнута без создания сети специальных бизнес-инкубаторов и т. п.

Возникают и другие вопросы: за счет чего и кого на самом деле повысится категорийность, поднимется научный статус? Что будет с гигантским массивом прочих вузов, не вошедших в число избранных? Если судить по практике одного из таких НИУ, магистральными направлениями выбраны научные стажировки и закупки



оборудования. Научные стажировки возможны в любом месте земного шара, даже в таких благо-словенных местах, как Италия и Швейцария. И преподаватели этого вуза с энтузиазмом откликнулись на подобные заманчивые предложения. Но что получит геофизик-разведчик в Италии? Конечно, полюбоваться шедеврами живописи и красотами природы там можно, но при чем тут сейсморазведка? И кому будет служить купленное за миллионы долларов оборудование, если действующие сотрудники этого НИУ плохо представляют, как к нему подступиться? В то же время финансирование такой статьи, как **научно-исследовательская деятельность, полевые работы по опробованию новых оригинальных методических приемов и способов разведки в НИУ не предусмотрено!**

Другое магистральное направление осуществляемых преобразований – **переход на двухуровневую систему бакалавр – магистр**. Сейчас нет смысла оплакивать ранее утвердившуюся национальную систему образования, именовавшуюся специалитетом. Процесс пошел. Составлены и претворяются в жизнь программы 3-го поколения, замешанные **на компетентностном подходе**. Но вся эта кампания производит какое-то странное, трудно определяемое впечатление. Самое первое, что приходит на ум при попытке уяснить суть преобразований, это пушкинская строчка: *все это, видите ль, слова, слова, слова*. Возникает общее впечатление, что происходит **процесс тотальной бюрократизации высшей школы на фоне редуцирования внутриуниверситетской демократии за счет снижения роли ученых советов**.

Пусть будет компетентностный подход, но когда кто-то сверху дает директивную установку недалекому профессору, формулирует деревянным языком эти компетенции, унифицирует, обозначает какими-то цифрами и индексами, старательно вытесняя из программ содержательную сторону и т. п., обнаруживается примат бюрократической камарильи над здравым смыслом. Тем временем смыслы и ценности затеваемых преобразований (за исключением необходимости встраиваться в Болонский процесс) остаются вне поля зрения. Этот вопрос считается как бы уже решенным. Но как можно считать его решенным, если в свет вышел капитальный труд самых продвинутых преподавателей самого продвинутого российского вуза – Высшей школы экономики – о невозможности (или, выражаясь мягче, о трудностях) модернизации России?

О некоторых проблемах проводимых преобразований

Вообще о компетентности выпускников вузов и об их готовности к работе на производстве речь может идти лишь при условии **соблюдения**

3 требований: резкого снижения числа бюджетных мест, фильтрации внебюджетного образования, фильтрации или ликвидации заочного образования. Из опыта пятидесятилетней работы автора следует, что образовательная система должна быть модернизирована таким образом, чтобы учились только те, кто действительно хочет учиться. Иными словами, троечникам в вузах не место. Решить этот вопрос можно только сокращением числа бюджетных мест в полтора-два раза и последовательным претворением в жизнь жесткого конкурсного принципа в течение всего срока обучения, т. е. без боязни отчислить студента за недостаточно высокие показатели (социальный аспект таких действий здесь не рассматривается).

Под фильтрацией внебюджетного образования понимается предъявление одинаковых требований к студентам, независимо от статьи финансирования. Об этом приходится говорить, потому что уже сложилась практика, по которой внебюджетных студентов не отчисляют, поскольку они приносят вузу деньги.

О заочниках. Всем понятно, что контингент студентов-заочников должен формироваться только из людей, занятых в производственной сфере по изучаемой специальности. Если таковых нет, то набор на заочное обучение необходимо прекращать – временно или навсегда, в зависимости от состояния отрасли, востребующей выпускников. Здесь уместно коснуться вопроса о соотношении численности студентов и преподавателей в вузе. Ведь из-за боязни осуществления такой привязки, памятной еще с советских времен, администрация вуза нередко тормозит отчисление. Подобную привязку, конечно, следует раз и навсегда отменить. Понятно, что тем, кто только считает деньги, большая часть предлагаемых действий покажется абсурдной. Но пора уже усвоить, что когда речь идет о глубокой модернизации страны, о превращении ее в конкурентоспособного игрока мирового рынка, нужно исходить не из тех принципов, которыми руководствовались советские плановики, и даже не из тех, что превозносились «эффективными менеджерами» 1990-х и 2000-х годов. Надо научиться изыскивать необходимые средства. Пришло, наконец, время понять, что **экономический строй сменился, а в цивилизационном плане страна завязла в XX веке, люди в массе своей остались теми же, но надо искать нетривиальные подходы к решению существующих проблем**.

Еще одной конкретной проблемой, требующей решения в рамках компетентностного подхода, является **вопрос о самостоятельной работе студентов**. В программах 3-го поколения, реализующих указанный подход, резко сокращены часы аудиторной нагрузки преподавателей и столь же резко увеличены часы самостоятельной работы студентов. Это можно было бы всячески приветствовать, тем более что всеобщая ком-



пьютерная грамотность позволяет пользоваться огромными массивами информации и сделать возможной практически непрерывную связь студента с преподавателем. Если бы не одно **но**: из нагрузки преподавателей полностью выпала такая статья, как **контроль за самостоятельной работой студентов**. А без контроля эта самостоятельная работа превращается в фикцию и остается чисто бюрократическим симулякром. И поскольку действенный контроль и непереносимое обсуждение результатов такой работы в контакте со студентом – это серьезная работа, то за нее необходимо платить. В немалой степени из-за того, что сочиняющие всевозможные указания и циркуляры чиновники «забывают» о том, что за работу надо платить и о том, что в преподавательских занятиях все большую долю времени забирает «документооборотная» составляющая, возникает новая **проблема тотального недоверия преподавателей к правительственным начинаниям в области образования и проблема откровенного или закамуфлированного саботажа этих начинаний**.

Недоверие поначалу было стимулировано введением ЕГЭ как унифицированного института аттестации выпускников средних школ. Причем сумма баллов ЕГЭ является по сути единственным критерием для зачисления абитуриентов в вуз. Как известно, значительная часть преподавательского сообщества отнеслась к этому нововведению резко отрицательно, что спровоцировало рост протестных настроений в широких слоях общества. Проблема ЕГЭ заслуживает в связи с этим отдельного рассмотрения. Однако нельзя не отметить, что основные свои задачи – антикоррупционную и направленную на демократизацию процедуры доступа в высшую школу – ЕГЭ удалось решить.

О ценностных приоритетах

Теперь можно, наконец, приступить к обсуждению основной темы настоящей статьи: **каковы ценностные приоритеты бакалавриата?** В преподавательском сообществе в целом преобладают негативные оценки в отношении к переходу на двухуровневую систему. Причем выдвигаются на этот счет самые разные соображения, начиная от радикальных псевдопатриотических (наше образование – самое лучшее, народное, национальное и пр.) и кончая умеренно либеральными (следует сохранить многообразие форм, а рынок покажет, какая из них – традиционный специалитет или инновационные – бакалавриат-магистратура лучше). Однако переход на новую систему уже идет, и потому двухуровневую систему следует воспринимать как данность. Вопрос только в том, как надо претворять ее в практику, чему и как учить бакалавров и магистров, какие ценности в процессе обучения сделать приоритетными?

Депутат Мосгордумы Сергей Никитин (1940г.р.) рассуждает, к примеру, так: «Кто такой

бакалавр? Это человек с недостаточной теоретической подготовкой, который должен будет потом (если найдет работу) доучиваться на предприятии. Но что значит недостаточная теоретическая подготовка? Почему недостаточная, в каком смысле? Как раз общетеоретическая подготовка в плане уяснения проблематики изучаемого цикла наук, круга решаемых с их помощью задач – это и есть назначение бакалавриата. А копать вглубь, разбираться в самой сути, если очень захочется и есть необходимые дарования, придется уже в магистратуре.

Общетеоретическая подготовка – непростой вопрос. Если говорить о теоретической подготовке в такой ключевой для современной геологической разведки дисциплине, как геофизика, то, прежде всего, надо дать ответ на нижеследующий принципиальный вопрос: **каким ценностям в процессе изучения этого предмета следует отдать приоритет – геологическим (геолого-геофизическим) или физико-математическим?**

Обозначенный вопрос имеет давнюю предысторию. Впервые он был поставлен известным геофизиком О. К. Кондратьевым в ходе его дискуссии с академиком В. Н. Страховым, развернувшейся на страницах журнала «Геофизика», в ту пору, когда Олег Константинович был главным редактором этого авторитетного издания, то есть на рубеже двухтысячных годов [1]. В этой дискуссии по широкому спектру проблем геофизики приняли участие едва ли не все именитые ученые того времени. Одна из статей, написанная иркутским профессором П. И. Балком, была целиком посвящена нашему вопросу [2].

Если взять современные учебники по разведочной геофизике, то там главенствует преимущественно физико-математический аспект. Зачастую в этих учебниках, составленных по однометодному принципу (курс сейморазведки или курс гравиразведки, электроразведки), нет даже специальных разделов, посвященных основательному изучению геологических основ этих методов, оценке их разведочных возможностей и т. п. Однако для бакалавров по направлению «Геология» читается (вне зависимости от профиля подготовки) **единый двухсеместровый курс геофизики, включающий и полевую, и промысловую (ГИС) составляющие**. Этим курсом исчерпывается содержание дисциплины в целом. В учебном плане он стоит во втором и третьем семестрах. Это означает что необходимой геологической прокладкой, предвещающей ознакомление с прикладной геофизикой, не предусмотрено, если не считать курса «Общей геологии».

Общая геология начинается с первого семестра и продолжается во втором, т. е. читается в параллель с геофизикой. Также в параллель с геофизикой студенты знакомятся с минералогией. Прочие геологические дисциплины изучаются позднее. Напомним, что уровень организации вещества в моделях геофизики – породный (ГИС)



или даже надпородный (полевая геофизика). Таким образом, в процессе изучения геофизических методов преподавателю придется знакомить студентов с основами петрологии, петрофизики, структурной геологии и других геологических наук.

Теперь посмотрим, каков резерв времени, отведенного на курс геофизики. Это всего 180 часов, из которых аудиторные занятия составляют половину – 86 часов. На лекции приходится всего 28 часов, на самостоятельную работу – 42. За 28 часов ознакомить студента с физико-геологическими основами четырех классических методов полевой геофизики (грави-, магнито-, электро- и сейсморазведкой) и с еще более многочисленным набором промыслово-геофизических методов абсолютно невозможно. Значит лекционный курс придется строить как дайджест и переносить акцент на самостоятельную работу студентов (СРС).

Как должна строиться эта работа в складывающейся ситуации? В известных публикациях по теме самостоятельной работы студентов [3] указывается, что она должна включать подготовку к аудиторным занятиям, подготовку к практикам, выполнение письменных контрольных работ, участие в научно-исследовательской работе кафедр и пр. В той же публикации намечаются отдельные виды (и их содержание) самостоятельной работы, такие как тренировочная, реконструктивная, творческая и, наконец, контролируемая самостоятельная, обсуждаются формы отчета о СРС. Упоминается также самостоятельная работа над отдельными темами учебных дисциплин в соответствии с учебно-тематическими планами. Однако все перечисленные и иные вопросы анализируются абстрактно, в самом прямом смысле этого слова **беспредметно**, без какой-либо привязки к конкретной ситуации бакалавриата, направления и профиля обучения, когда по-существу радикальным образом перестраивается сложившаяся в России система образования. Поэтому преподавателю придется заниматься этими вопросами, по крайней мере, на первых порах самостоятельно. В настоящей статье автор попытался представить на обсуждение преподавательского сообщества геологов и географов свое видение проблемы на примере курса геофизики.

О программе курса «Геофизика»

Совершенно очевидно, что изучение этого предмета необходимо вести по иным лекалам, чем прежде, поставив во главу угла новые приоритеты (геологические ценности): модели объектов поиска, вопросы уяснения геологической природы геофизических аномалий и т. д. Иными словами, необходимо пересмотреть содержание и структуру курса, определить темы лекционной части курса и вопросы для самостоятельного из-

учения, тематику практических занятий, наметить темы контрольных работ и семинаров, ввести принципиально новый вид занятий – домашние задания, т. е. требуется переработка так называемой рабочей программы.

Прежде всего требуется решить принципиальный вопрос о включении (или не включении) в программу раздела, связанного с общей, или фундаментальной, планетарной геофизикой. В свое время читаемый студентам-геологам курс назывался «Геофизические методы разведки» и кафедра, которая обеспечивала на факультете его изучение, называлась кафедрой «Геофизических методов разведки». Это был курс прикладной геофизики. Однако затем и кафедра, и курс поменяли свое название. Уже более 10 лет первая часть курса «Геофизики» посвящена фактической физике Земли. Это нашло отражение в наших программах 2-го поколения и в кафедральных учебных пособиях, вышедших в свет в 2006 г. и в 2009 г. [4,5]. В то же время базовый учебник «Геофизика», составленный преподавателями МГУ в 2009 г., такого раздела уже не содержит [6]. К этому стоит добавить, что курс «Физика Земли» стоит в учебном плане бакалавриата по профилю «Поиски и разведка полезных ископаемых» в 5-м семестре. Тем самым, появляются достаточно веские основания для исключения этого первого раздела. Целесообразно только оставить во вводной лекции определение геофизики как комплекса наук с соответствующей рубрикацией. Сказанное тем более справедливо, что выпускники нашего вуза исключительно редко требуются в сферу фундаментальной геофизики.

Вместо исключенного раздела целесообразно поместить материал о геологических науках с изложением необходимых для последующего рассмотрения геофизических методов разведки сведений о горных породах и их физических свойствах, разнопорядковых геологических структурах и объектах поиска месторождений полезных ископаемых. Завершением этой вводной части курса должен стать перечень геологических задач, которые в современной практике требуется решать геофизическими методами. Таким образом, эта вводная часть может быть представлена в таком виде:

1. Геология и геофизика. Геологические и геофизические науки. Фундаментальная и прикладная геофизика. Основные физические параметры и параметры физических полей.

2. Геологические основы геофизики: минералы и горные породы; геологические структуры и месторождения полезных ископаемых; неоднородности геологического разреза и геофизические аномалии; физические свойства горных пород. Задачи геофизических исследований и модели объектов поиска. Понятие физико-геологической модели (ФГМ).

3. Информационная модель геофизики. Классификация методов геофизики.



Далее в программе следуют методы полевой геофизики. Содержание и структуру раздела, посвященного отдельно взятому методу (например, гравиразведке), в самом кратком изложении можно представить следующим образом:

Гравиразведка.

Определение метода. Плотность – основной физический параметр гравиразведки.

Понятие о силе тяжести и гравитационном потенциале.

Поле силы тяжести и особенности его распределения. Аномалии и нормальное поле. Плотность горных пород. Геологическая природа аномалий Буге.

Измерение силы тяжести. Обработка и интерпретация наблюдений. Геологические задачи, решаемые гравиразведкой.

Во втором семестре, на который отведено 14 часов лекций, можно рассмотреть, помимо вводной части и гравиразведки, магнито- и электро-разведку. На вводную часть, учитывая ее особую значимость из-за впервые включаемых геологических основ геофизики, целесообразно отвести 4 часа. На гравиразведку, поскольку именно с нее предполагается начать рассмотрение отдельных методов, – также 4 часа, на магнитную разведку – 2 часа, на электроразведку с ее значительным разнообразием методов – 4. Кроме перечисленных классических методов полевой геофизики, в программу первого семестра входит еще ознакомление студентов со значительно реже применяемыми методами терморазведки и ядерной геофизики. Предполагается, что здесь можно будет обойтись самостоятельным изучением по литературным данным с составлением реферата как наиболее подходящей формы отчетности.

На практические, семинарские и лабораторные занятия во втором семестре отводится 18 часов. В эти часы необходимо включить проведение блиц-контрольных или коллоквиумов по грави-, магнито- и электроразведке с разбором их на семинарском занятии, а также выполненные лабораторных занятий. Представляется, что из достаточно объемного перечня этих работ в обязательном порядке должны быть проведены следующие:

– *составление таблицы физических свойств горных пород и физико-геологических разрезов Земной коры;*

– *компьютерное гравиметрическое и петромагнитное моделирование геологических объектов;*

– *анализ структуры и оценка геологической природы аномалий геопотенциальных полей;*

– *построение кривых и карты типов кривых ВЭЗ.*

Особую значимость в контексте обсуждаемой проблематики приобретают занятия по анализу структуры и оценке геологической природы геопотенциальных аномалий. Для проведения этих занятий автором разработан специальный практикум с привлечением экспериментальных материалов по самым разным регионам России – Восточно-Европейской докембрийской платформе, Западно-Сибирской палеозойской платформе, Туранской плите и пр. В качестве примера, позволяющего в какой-то мере уяснить направленность занятий, можно привести такой элемент, как сопоставление тектонической схемы поверхности кристаллического фундамента (рис. 1) и карты аномалий силы тяжести по территории



Рис. 1. Фрагмент обзорно-тектонической схемы Саратовской области (сост. В. А. Абрамов, Ю. И. Никитин, В. П. Шебалдин, В. П. Климашин и др., 1999 г.)



Саратовского Заволжья (рис. 2). Исходя из этого сопоставления, нетрудно сделать выводы о преобладающей роли рельефа поверхности фундамента в формировании аномалий Буге.

В программе третьего семестра (18 часов лекций, 36 часов практических занятий) предусматривается ознакомление с сейсморазведкой и методами промысловой геофизики (ГИС), а в ка-

честве завершающей темы всего курса намечается рассмотреть вопрос о комплексировании методов.

Объем журнальной статьи не позволяет подробно рассматривать текст рабочей программы и по этим разделам, тем более что заданная выше направленность, существо предлагаемого подхода сохраняются. И сейсморазведка, и ГИС являются важнейшими составляющими курса геофизики,

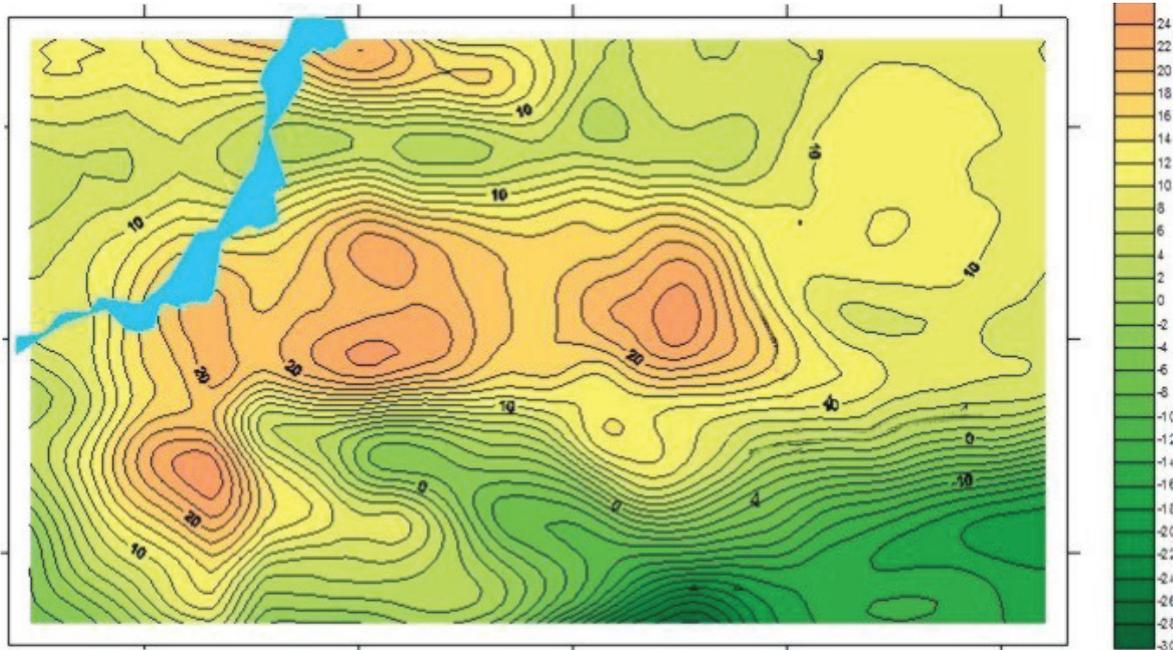


Рис. 2. Карта геопотенциальных полей G и T

учитывая, что эти методы составляют основу нефтегазовой индустрии, пока еще определяющей экономику нашей страны.

По нашему мнению, целесообразно посвятить этим составляющим специальный научно-методический общефакультетский семинар с детальным разбором и обсуждением рабочей программы. Причем подобного рода семинары неплохо было бы провести и по другим актуальным вопросам образовательной системы бакалавриата.

Вернемся на короткое время к программе третьего семестра). По этому разделу предполагается отвести 8 часов сейсморазведке, столько же ГИС и 2 часа проблемам комплексирования методов. Конечно, это все очень жесткий лимит времени и здесь много будет значить СРС. Например, по разделу сейсморазведка ничего другого не остается, кроме как посвятить по одной лекции каждой из четырех главных разделов курса: образованию и распространению волн, кинематическим основам (теории годографа), методике сейсморазведки (возбуждение колебаний, системы наблюдений, регистрация волн), обработке и интерпретации сейсмозаписей). По основным компонентам этих разделов придется давать студентам в качестве домашнего задания рефераты с последующим разбором на семинарских занятиях или (при нехватке

времени) на индивидуальных занятиях из резерва часов СРС. В часы практических занятий, помимо традиционных лабораторных работ по определению скоростей распространения волн и т. п., предполагается проведение специальных занятий с использованием временных сейсморазрезов (и их геологической интерпретации по методике согласованной ФГМ) на основе нового практикума, разработанного автором в процессе подготовки курса геофизики для бакалавров. В качестве примера приводится рис. 2, из рассмотрения которого можно уяснить, как с помощью моделирования разобраться в геологической природе отдельных элементов структуры волнового поля.

За пределами нашего внимания остался целый пласт проблем, требующих практического разрешения при реализации представляемой программы: что предпочтительнее – один преподаватель ведет весь курс или каждый раздел ведет специалист соответствующего профиля? по какому принципу организуется проведение практикума и каким должно быть его содержание? каковы виды и формы контроля за самостоятельной работой студентов, и пр. При этом нельзя забывать о том, что предназначение геофизических методов разведки состоит именно в решении геологических задач.



Думается, что все эти и другие вопросы можно будет разрешить в процессе обсуждения поднятых проблем на страницах нашего журнала, если редакция сочтет это уместным, и на упоминавшихся факультетских научно-методических семинарах, если таковые будут проведены.

Библиографический список

1. Кондратьев О. К., Физические возможности и ограничения разведочных методов нефтяной геофизики // Геофизика. 1997. № 3.
2. Балк П. И. Столкновение геофизических и математиче-

ских интересов – источник противоречий в современной теории интерпретации потенциальных полей // Геофизика и математика / под ред. В. Н. Страхова. М., 1999.

3. Рубаник А. Н., Большакова Г. П., Тельных Н. Н. Самостоятельная работа студентов // Высшее образование в России. 2005. № 6.
4. Конценебин Ю. П., Шигаев Ю. Г. Геофизика : учеб. пособие. Саратов, 2004.
5. Конценебин Ю. П., Шигаев Ю. Г., Шестаков Э. С., Иванов А. В. Введение в геофизику : учеб. пособие. Саратов, 2006.
6. Геофизика : учебник / под ред. В. К. Хмелевского. 2-е изд. М., 2009.

УДК 550:83

ФИЗИКО-ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КАК ОСНОВА ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ИНТЕРПРЕТАЦИИ КОМПЛЕКСА ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ДАННЫХ



М. И. Рыскин

Саратовский государственный университет
E-mail: riskinmi@yandex.ru

Рассматриваются вопросы необходимости физико-геологического моделирования (ФГМ) при решении обратных задач геофизики и вводится понятие согласованной ФГМ. Представлены основные положения методики согласованной сейсмогравиметрической ФГМ, обоснован подход к использованию сейсмогравиметрического моделирования и представлены примеры его реализации.

Ключевые слова: физико-геологическая модель, согласованная ФГМ, моделирование, гравиразведка, магниторазведка, сейсморазведка.

Physical and Geological Modeling as a Basis of Geological Interpretation of Geophysical Data Complex

M. I. Riskin

The questions need physical and geological modeling in solving inverse problems of geophysics and the notion of a coherent FGM. The key provisions of the agreed methodology seismogravimetrichekskoy FGM, grounded approach to seismogravimagnetic modeling and provides examples of its implementation.

Key words: physic and geological model, coherent FGM, modeling, gravity survey, magnetic survey, seismic survey.

Предварительные замечания

Моделирование как универсальный метод познания утвердилось еще с незапамятных времен. Все наши научные представления о мире природы, общества и техники, наши знания о самих себе, о мышлении и его закономерностях носят, как сказано в [1], модельный характер. То общее, что определяет способ описания этих моделей, составляет, прежде всего, использование математического языка. Поэтому из всех

типов моделей математические отличаются наибольшей степенью универсальности [1]. Можно, конечно, считать начальным моментом возникновения модельных представлений изобретение 30 тысяч лет назад числовых знаков, фиксирующих количество, и создание лунного календаря, позволившего осуществлять письменный учет времени [2], но в современном понимании рациональные математические модели (ММ) вошли в практику лишь в эпоху Возрождения. Именно тогда появилась незыблемая формула Леонардо: «Никакой достоверности нет в науках там, где нельзя применять ни одной из математических наук, и в том, что не имеет связи с математикой» [3, с. 31]. И тогда же Галилей создал действующую модель Солнечной системы, объяснив с ее помощью механизм движения планет солнечной системы вокруг Солнца и те небесные явления, включая восход, закат, затмения Солнца, которые всегда волновали человечество. С той поры наука, обретшая универсальный инструмент познания – моделирование, постепенно становится самостоятельной сферой человеческой деятельности.

В естественных науках, где приходится объяснять какие-то природные феномены, используются ММ в виде дифференциальных и интегральных уравнений связи наблюдаемых значений физических полей с характеристиками среды, которые нельзя измерить непосредственно. В геофизике это *геологическая* среда, в строении которой из-за наличия *неоднородностей* в регистрируемых с помощью специальной измерительной аппаратуры геофизических полях (гравитационном, магнитном и т. д.) на дневной поверхности возникают местные возмущения, т. е. *аномалии*. Таким образом, геофизическая



информация (аномалии геофизических полей) о строении разреза всегда носит **косвенный** характер. По этим аномалиям требуется восстановить картину строения геологической среды, т. е. определить местоположение источников аномалии и их геометрические и петрофизические характеристики. Иными словами, требуется **извлечь** из геофизических данных собственно геологическую информацию. Эта задача – задача преобразования косвенной геофизической информации в прямые геологические понятия и категории – носит название **интерпретации**. По своей постановке задача интерпретации определяется как **обратная**, т. е. все геологические задачи являются обратными. Однако обратные задачи – **некорректные**.

Условия корректности, сформулированные в свое время французским математиком Адамаром, состоят в следующем. Должны одновременно соблюдаться три условия: решение задачи существует, это решение единственное и это решение устойчивое. Все перечисленные условия соблюдаются при постановке **прямых** задач, т. е. таких, когда задано строение среды (распределение и параметры источников аномалий), а требуется определить, каким будет распределение аномалий на поверхности наблюдений. Решение прямых задач не встречает принципиальных затруднений, поскольку упоминавшиеся уравнения связи, известные из теории поля (уравнения математической физики), детально рассмотрены в научной и учебной литературе.

Понятие ФГМ

Из некорректности обратных задач следует первая центральная идея разведочной геофизики – **идея модельности**, т. е. идея поиска решений обратных задач через систему допущений о распределении источников аномалий (модели этого распределения) и о заданном приближенно поле [4]. Иначе говоря, это идея поиска решений некорректных обратных задач через корректные прямые, которая позволяет тем самым «снять» проблему «существования решения» обратной задачи. Такой способ решения называется математическим моделированием. В основании процесса моделирования лежит понятие **физико-геологической модели (ФГМ)**. Этот термин был введен в употребление Г. С. Вахромеевым и А. Ю. Давыденко [5]. Также из некорректности следует и другая центральная идея разведочной геофизики – идея комплексирования методов, благодаря чему решается проблема единственности и устойчивости решения обратных задач.

В. Н. Страхов трактует ФГМ как сложную трехуровневую конструкцию. Нижний, базовый уровень – это **геологическая модель**, понимаемая как система элементов геологического строения, обобщенно описывающая состав,

структуру, форму изучаемых объектов и вмещающей их среды. Причем эта система должна быть выстроена во времени и пространстве. Другими словами, геологическая модель – это серия рисунков, последовательно запечатлевающих состояние изучаемого фрагмента земной коры на разных стадиях геологического процесса и, тем самым, оценивающая его нынешнее состояние и ресурсный потенциал. На этапе построения геологической модели решается задача обоснованного выбора моделей объектов поиска нефтегазовых месторождений. На основе геологической модели синтезируется **петрофизическая модель (ПФМ)**.

ПФМ – это следующий уровень ФГМ, платформа для решения прямой задачи геофизики. По сути это геометрически и петрофизически параметризованная геологическая модель, т. е. это уже не рисунок геологического строения, а чертеж, где количественно охарактеризованы предполагаемые форма, размеры, интервалы глубин залегания искомых объектов и их эффективные физические свойства. Г. С. Вахромеев определяет ПФМ как объемное распределение в геологическом пространстве **структурно-вещественных комплексов (СВК)** модели, наделенных соответствующими **эффективными** физическими характеристиками (надпородный уровень организации вещества в модели). Под структурно-вещественным комплексом понимается совокупность пластов, более или менее однородных в литологическом и физическом отношении (терригенный и карбонатный структурно-вещественный комплексы и пр).

Следующий уровень ФГМ – математическая модель (ММ) – основа для реализации вычислительных процедур, необходимых для решения прямой задачи. ММ – это уравнения связи поля со средой и реализующие их вычислительные программы. В процессе реализации идеи комплексирования методов необходимо использовать многопараметровые (комплексные) ФГМ, но при этом геологически непротиворечивые. Такие ФГМ называют **согласованными**.

ФГМ также является исходной позицией для построения ММ интерпретации, которая рассматривается как система из следующих элементов: целевая задача интерпретации; модель поля; модель среды; модель связи поля со средой; объем потенциально извлекаемой информации; критерии оптимальности интерпретации; априорные или эмпирические оценки точности.

Математические модели интерпретации подразделяют на детерминистские и вероятностно-статистические [5]. Последние обычно применяют на ранних стадиях поисково-разведочных работ, когда отсутствуют необходимые для формирования ПФМ данные о физических свойствах пород, получаемые по результатам бурения глубоких скважин. При наличии таких



данных можно использовать детерминистский подход.

При разработке детерминистских моделей центральным является вопрос о том, каковы связи между физическими и геометрическими параметрами ФГМ. В [6] по этому критерию выделено три типа комплексных моделей среды: S , U и M .

Модель S не предполагает, что существуют жесткие функциональные зависимости между физическими и геометрическими параметрами. Такая модель реализуется объединением, суммированием, согласованием физических параметров и не требует частичного или полного совпадения областей, занятых источниками аномалий.

Комплексная модель U , напротив, предполагает совпадение геометрических параметров исходных моделей среды. Иными словами, необходимо совпадение граничных поверхностей, определяющих конфигурации отдельных геологических тел – элементов модели среды, а численные значения физических параметров, характеризующих одноименные тела, должны быть связаны функциональными или тесными статистическими зависимостями.

Комплексная модель M промежуточного типа имеет, по [7], как связанные, так и независимые параметры. Если приоритет отдается геологическим ценностям, то предпочтительнее выглядит модель U .

Из известных детерминистских методик комплексной интерпретации данных разных методов наиболее разработанными, согласно [7], можно считать парные, т. е. объединяющие какие-то два метода – сейсмо- и гравиразведку (методика согласованной сейсмогравиметрической ФГМ), сейсмо- и электроразведку (СЭВР), грави- и магниторазведку (методика псевдомагнитной аномалии – ПМА).

Согласованные ФГМ

Под согласованностью понимают единство геологической трактовки результатов различных геофизических методов, основанное на родстве физических параметров [8]. Иными словами, согласованная ФГМ – это такое (единственное) распределение источников с определенной геометрией и петрофизическими свойствами, которое одновременно удовлетворяет особенностям распределения всех наблюдаемых аномальных геофизических полей, объясняет все элементы их структуры. При этом приходится иметь в виду, что природа геофизических полей и характер моделей, объясняющих эти поля, могут быть изначально противоречивы, а следовательно, процесс согласования зачастую весьма затруднен.

Противоречивость эта коренится в том, что аномалии интегральных по своей природе

геопотенциальных полей Δg и ΔT обусловлены влиянием всей массы геологического тела-источника (неоднородности), а если таких неоднородностей несколько, то их влияние складывается и роль каждого в получившейся сумме пропорциональна массе и обратно пропорциональна квадрату расстояния от ее центра (тяжести) до поверхности наблюдения; в то же время волновое поле, регистрируемое на сейсмических записях, представлено отдельными «квантами» информации – в виде регулярных пакетов колебаний, связанных с границами раздела геологических напластований, на которых происходит отражение и преломление возбуждаемых вблизи поверхности наблюдений упругих волн. Несмотря на то что в тонкослоистых геологических средах в формировании волнового поля большую роль играет интерференция (наложение) колебаний от кровли и подошвы пластов, толщина которых соизмерима с длиной волны, несмотря на присутствие в сейсмозаписях помех, не связанных с геологической средой (микросейсм), и различные иные искажающие факторы, сейсмическая информация по своей природе **дифференциальна**: каждая граница раздела прослеживается в виде отдельного горизонта на временном разрезе.

Отсюда следует, что наибольший эффект от применения грави- и магниторазведки достигается при исследовании **вертикально-блоковых моделей разреза**. Напротив, сейсморазведка имеет ограничения по углу наклона отражающих границ ($10\text{--}15^\circ$), и при большой его величине волна от такой границы может вообще не выйти к дневной поверхности: применение сейсморазведки наиболее эффективно при исследовании **горизонтально слоистых толщ**.

Промежуточное положение занимает электроразведка. Кривые электроразведки фиксируют своими максимумами и минимумами пласты (или пачки пластов) высокого и низкого сопротивления, т. е. выявляют дифференциацию разреза, но не по плоскостям-границам раздела как сейсморазведка, а по более (на глубине) или менее (вблизи дневной поверхности) значительным его **интервалам**. Таким образом, максимальную степень упомянутой дифференциации разреза, вплоть до выделения тонкослоистых пачек, дает информация сейсмических разрезов. Дополненная информацией кривых электроразведки, отражающих смену в разрезе проводящих (преимущественно терригенных) и непроводящих (преимущественно карбонатных и галогенных) толщ, она становится содержательной как в структурном, так и в литологическом отношении, позволяя решать сложные задачи прогнозирования геологического разреза (ПГР) и даже прямых поисков нефтегазовых залежей, наличие которых вызывает снижение скорости распространения сейсмических волн, затухание их амплитуд и смещение максимума



спектра в область пониженных частот, а также повышение электрического сопротивления в нефтесодержащих пластах.

Все эти рассуждения призваны показать принципиальные трудности согласования интегральных гравимагнитных (вертикально-блоковых) и дифференциальных сейсмoeлектрических (горизонтально-слоистых) моделей и обосновать необходимость **ранжирования** факторов этих моделей (в процессе согласования ФГМ) по степени общности их проявления в упомянутых геофизических полях или, по терминологии А. Лурье и А. Чернова [8], по уровню их значимости. При этом очевидно, что в качестве факторов **первого уровня значимости**, т. е. факторов, формирующих определяющие особенности всех полей – интегральных и дифференциальных, – выступают такие граничные поверхности, которые разделяют наиболее контрастные в физико-геологическом отношении формации: магматические (гранитно-метаморфический комплекс фундамента) и осадочные породы; галогенные и карбонатные толщи в осадочном чехле; кислые (гранитные) и основные (базальтовые) образования консолидированной коры и т. д. В самом деле, и соляные купола, и выступы кристаллического фундамента, и глубинные разломы, контролирующие пространственные очертания и структурные позиции этих блоков-выступов, находят отражение во всех геофизических полях, так как на границах соль-подсолевые и соль-надсолевые, фундамент-чехол, граниты-базальты фиксируются резкие перепады значений всех основных физических параметров: плотности, скорости, магнитной восприимчивости, удельного электрического сопротивления.

По упомянутым границам-факторам первого уровня значимости, которые принято называть **критериальными**, т. е. удовлетворяющими критерию максимальной общности проявления в различных геофизических полях, осуществляется, в первую очередь, процедура согласования модели.

Для солянокупольных бассейнов (как, например, Прикаспийский) такими границами-факторами, формирующими главные элементы структуры аномальных полей, являются кровля и подошва галогенной формации с их ярко выраженной негоризонтальностью залегания, а также поверхность кристаллического фундамента. К границам-факторам **второго уровня значимости**, на которые не накладывается условие всеобщности, здесь могут быть отнесены те поверхности раздела (субгоризонтальные подсолевые и надсолевые) горизонтов, которые участвуют в формировании волнового и электромагнитного полей, или субвертикальные плоскости разломов фундамента, а также крутые склоны выступов в рельефе его поверхности, вносящие значительный вклад в

распределение гравимагнитных аномалий. Тем самым существенно облегчается сама процедура согласования ФГМ.

Факторы 1–2-го уровня значимости контролируют неоднородности геологической среды на уровне крупных комплексов пород, а соответствующий им уровень организации вещества в модели может быть определен как надпородный. При переходе от структурно-вещественных комплексов (СВК) к ПФМ это означает, что каждому такому комплексу придается единая эффективная (избыточная) оценка данного физпараметра (например, некая избыточная объемная плотность $\Delta\sigma$). Наконец, факторы третьего уровня значимости вообще не требуют согласования, так как к ним относятся те элементы (границы) модели, которые влияют на формирование индивидуальной структуры какого-то одного поля. Так, тонкослоистые терригенные пачки преимущественно карбонатного палеозойского разреза Волго-Уральской провинции находят отображение только в волновом поле временных сейсмических разрезов и совсем не видны в гравимагнитных полях и даже на кривых электроразведки. Уровень организации вещества в ПФМ для таких факторов должен соответствовать уже не комплексу в целом, а отдельному пласту и определяется как породный.

Комплексная интерпретация сейсморазведочных и гравиметрических данных

Известно, что основным методом поиска и подготовки объектов к бурению на нефть и газ является сейсморазведка. Однако в сложных сейсмогеологических условиях сейсморазведочные прогнозы нередко оказываются неоднозначными, неустойчивыми, так как даже сейсморазведка не свободна от так называемой практической эквивалентности, обусловленной погрешностями определения времен регистрации волн и скоростей их распределения. Общепринятым средством преодоления неустойчивости служит комплексирование, в том числе с данными геопотенциальных методов – грави- и магниторазведки. Тем не менее данные разных методов для комплексного использования нуждаются, как уже говорилось, в согласовании. В ряде известных публикаций показано, что на базе согласования можно успешно решать задачи оптимизации вариантов и, тем самым, повышения надежности сейсморазведочных построений. Эти задачи обычно решаются путем построения согласованных сейсмогравиметрических ФГМ. В процессе построения и оптимизации таких моделей удается оценить, насколько соответствуют предлагаемые сейсморазведчиками варианты структурных по-



строений той информации, которая заключена в аномалиях поля Δg . Одновременно оценивается вклад, вносимый каждым значимым элементом сейсмической структурной модели в суммарное поле Δg , и таким образом определяются разведочные возможности гравиметрического метода и уточняется геологическая природа аномалий.

При использовании методики сейсмогравиметрической ФГМ среду в нижнем полупространстве характеризуют параметрами – σ (плотность), V_p и V_s (скорости продольных и поперечных волн соответственно), λ и μ (упругие коэффициенты Ляме). Полагают, что эти функции однозначны и непрерывны в пределах слоев или блоков и изменяются скачком на контактных поверхностях. При этом поверхности скачков параметров, как правило, совпадают между собой.

Комплексная интерпретация в рамках моделей S , U , и M осуществляются следующим путем [7]:

- 1) составления исходной модели;
- 2) решения прямых задач с целью реализации подбора;
- 3) сравнения расчетных полей с наблюдаемыми;
- 4) оптимизации модели с последующим повторением этапов 2–4.

«Жесткий каркас» сейсмических параметров, на который опирается «конструкция» модели, затрудняет согласование результатов разных методов. В рамках моделей U и M используется, в частности, подход, при котором сейсмическая интерпретация по моделируемому профилю выполняется заранее и дает геометрическую структурную основу для интерпретации поля силы тяжести, т. е. глубина и морфология контактных поверхностей (отражающих и одновременно гравиактивных границ) уже не меняются в процессе моделирования, а совмещение расчетных и наблюдаемых кривых должно быть достигнуто только вариацией плотностных характеристик. Как правило, этого не удается сделать, опираясь на слоисто-однородный способ аппроксимации разреза, и методология согласования несколько видоизменяется. Кроме того, реализуя обсуждаемую методику, приходится учитывать, что «глубина» сейсмической интерпретации зачастую оказывается недостаточной для того, чтобы объяснить природу аномалий Δg (добиться согласования), в формировании которых определяющую роль играют рельеф и внутренняя неоднородность кристаллического фундамента. Говоря о недостаточной «глубине», мы имеем в виду тот факт, что на сейсмических временных или глубинно-динамических разрезах обычно не удается устойчиво проследить отражения от кровли фундамента, тем самым приходится восстанавливать геометрию этой гравиактивной поверхности по другим (менее надежным) источникам – фондовым построени-

ям давних лет, осуществленным по материалам КМПВ и МПОВ, результатам решения обратных задач гравиразведки и магниторазведки. Можно предложить и другой путь – путь устранения из поля Δg трендовой составляющей, обусловленной влиянием фундамента, в результате чего интерпретатор освобождается от необходимости вводить в ФГМ факторы рельефа поверхности и неоднородности внутренней структуры кристаллического основания. Однако линейный тренд (полином первой степени) слишком груб, а для подбора трендов более высокой степени обычно не хватает априорной информации.

Отсюда возникает идея более активно востребовать магнитометрические данные и перейти от сейсмогравиметрического моделирования к **сейсмогравимагнитному**. Такую переходу способствуют также многочисленные свидетельства недостаточности сейсмогравиметрического комплекса в сложных условиях юго-востока Русской плиты и Прикаспийской впадины [9].

Методика такого «трехкомпонентного» моделирования строится следующим образом. Первоначальный вариант геометризации модели по сейсмическому структурному каркасу и упомянутым источникам о гипсометрии кровли фундамента параметризуется в рамках слоисто-однородной аппроксимации по значениям σ , полученным из имеющихся керновых данных, фондовых каталогов, корреляционных зависимостей плотности от скорости и пр. Решение прямой задачи гравиразведки на основе такого слоисто-однородного варианта ФГМ обнаруживает существенное расхождение теоретического Δg с наблюдаемым. Процесс уточнения модели включает два этапа.

Во-первых, решается задача оптимизации структуры фундамента через магнитное поле, в формировании которого фундамент играет определяющую роль. Границы и структурная позиция блоков фундамента на разрезе моделируемого сейсмопрофиля определяются с учетом информации о разломах, полученной из упоминавшихся фондовых источников, а также в результате изучения особенностей волнового поля на временном или глубинно-динамическом разрезе. Петромагнитная параметризация блоков осуществляется с использованием результатов капаметрических измерений и фондовых данных. Обычно намагниченность осадочных пород не превышает, как правило, $100 \cdot 10^{-3}$ А/м, и наиболее магнитные из них участвуют в строении нижнего терригенного комплекса осадочного чехла, тесно коррелированного с фундаментом. Петромагнитная характеристика блоков фундамента и упомянутого терригенного комплекса подбирается такой, чтобы «скомпенсировать» в первом приближении основные особенности кривой ΔT .

Затем осуществляется параметризация тех же блоков плотностной модели так, чтобы их



плотностная характеристика не противоречила петромагнитной. После уяснения роли блоков фундамента и нижнего терригенного комплекса в формировании поля Δg подбирается плотность вышележающих структурно-вещественных комплексов осадочного чехла с учетом скважинных и литературных данных.

Моделирование этой части разреза осуществляется путем так называемой **«избыточной» внутриформационной геометризации СВК**, основой для которой служит **рисунок волнового поля**. Избыточная геометризация заключается в разбиении СВК на квазивертикальные блоковые тела – своего рода «кирпичики», которые как бы составляют эти комплексы. Каждый «кирпичик» – это отображение некоего элемента структуры волнового поля используемого временного разреза. Задача состоит в том, чтобы обособить все указанные элементы структуры волнового поля, мало-мальски отличающиеся своим рисунком – динамической выразительностью (яркостью), наличием даже незначительных перерывов прослеживаемости отражающих площадок, но имеющих более или менее сквозной характер и т. п. Иными словами, принцип базируется на **тотальной геологической детерминации** волнового поля. Такая детерминация, по сути, не только избыточна, но и не отвечает объективной реальности, поскольку в волновом поле всегда присутствуют недоподавленные помехи, вносящие свой вклад в общую структуру данного поля. Но все это не так страшно, поскольку в конечном счете далеко не каждому элементарному «кирпичику» ФГМ придается индивидуальная петрофизическая характеристика (т. е. свое, отличное от окружающих элементов разреза ФГМ значение плотности или намагниченности). А если два или несколько соседних «кирпичиков» характеризуются одинаковым значением петрофизического параметра, то они сливаются в один, таким образом, избыточная геометрическая параметризация превращается в более или менее адекватную реальности. Помимо рисунка волнового поля, для геометризации ФГМ используются особенности морфологии профильных кривых Δg и ΔT – особые точки (максимумы, минимумы, изменения градиентов наклона кривых и пр.); соответствующие этим точкам «вертикали» глубинно-динамического разреза просматриваются с позиции целевого поиска каких-либо динамических флуктуаций или разрывов корреляции отражений на временном разрезе.

В конечном счете достигается совмещение расчетных и наблюдаемых кривых Δg . Процесс формирования согласованной сейсмогравимагнитной ФГМ завершается петромагнитной параметризацией «квазиблоков» и окончательным совмещением расчетной кривой ΔT с

наблюдаемой. Процесс подбора кривых останавливается достижением минимума среднеквадратического отклонения расчетных кривых Δg и ΔT от наблюдаемых. Для подбора ФГМ и расчета теоретических кривых используется программный комплекс Gravbul и Magbul, разработанный А. А. Булычевым (МГУ им. Ломоносова, 2000 г.).

В итоге вырисовывается следующая последовательность действий. По каждому профилю создается базовый вариант ФГМ со слоисто-однородной аппроксимацией разреза. Затем добиваются совмещения расчетных кривых ΔT и Δg с наблюдаемыми. После этого переходят к параметризации разреза через избыточные влияния для того, чтобы лучше отслеживать влияние отдельных значимых факторов ФГМ (солянокупольный, подсолевой и пр.) на формирование суммарного поля и, тем самым, подойти к оценке геологической природы отдельных его элементов (максимумов, минимумов и пр.). Подобный подход к оценке этой природы можно определить как **«пофакторное взвешивание»**.

В техническом отношении наиболее «трудным» местом двумерного (профильного) моделирования является увязка элементов ФГМ в точках пересечения профилей. Требовать, чтобы в данных точках петрофизические характеристики совпадали стопроцентно, невозможно из-за того, что природа аномалий трехмерная и суммарная, а профили «врезают» поле в разных азимутальных сечениях. Поэтому контроль за соответствием проводится достаточно жестко, но в рамках разумного. Эти рамки определяются необходимостью строить в некоторой дельта-окрестности таких точек пересечения карты изоденс $\Delta\sigma_{\text{ост}}$, т. е. карты равных значений избыточной плотности целевого комплекса разреза (подсолевого). Построением указанных карт, собственно говоря, и завершается работа по увязке профильных моделей и воссозданию некой объемной конфигурации разреза.

Пример согласованной ФГМ по одному из сейсмических профилей в районе Астраханского свода приведен на рис. 1, 2, 3. Эта модель интересна четким проявлением соляных куполов в гравитационном и волновом полях. Согласованная петроплотностная ФГМ показана на рис. 1, а согласованная петромагнитная ФГМ – на рис. 2. Пофакторное взвешивание иллюстрирует рис. 3.

Изложенные соображения, а также результаты, представленные в публикациях [9,10], свидетельствуют о целесообразности и необходимости привлечения информации геопотенциальных методов к интерпретации в комплексе с сейсморазведкой для повышения геологической эффективности геофизической разведки нефтегазоперспективных объектов.

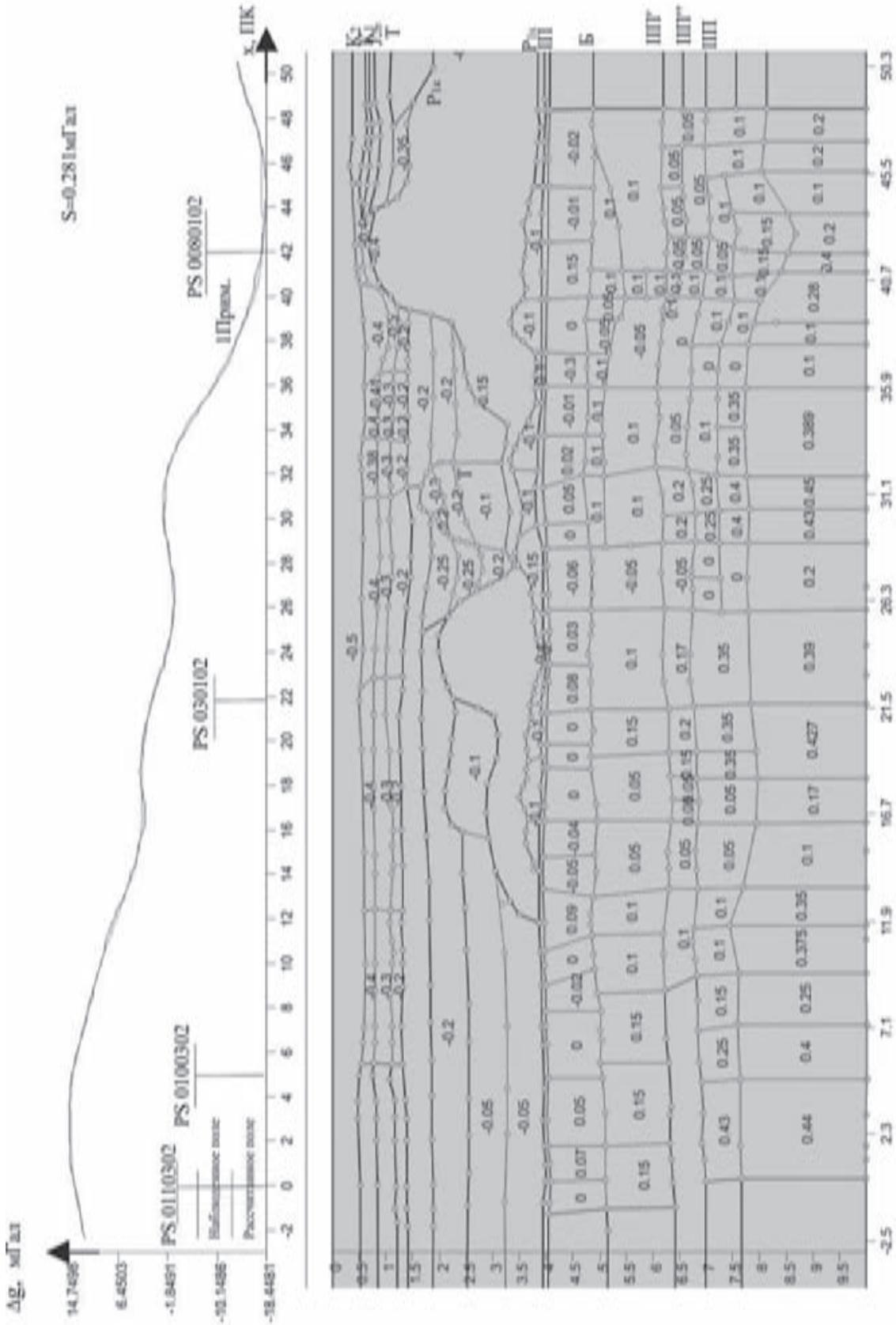


Рис. 1. Сейсмограмметрические согласованные ФГМ профиля PS 0120102

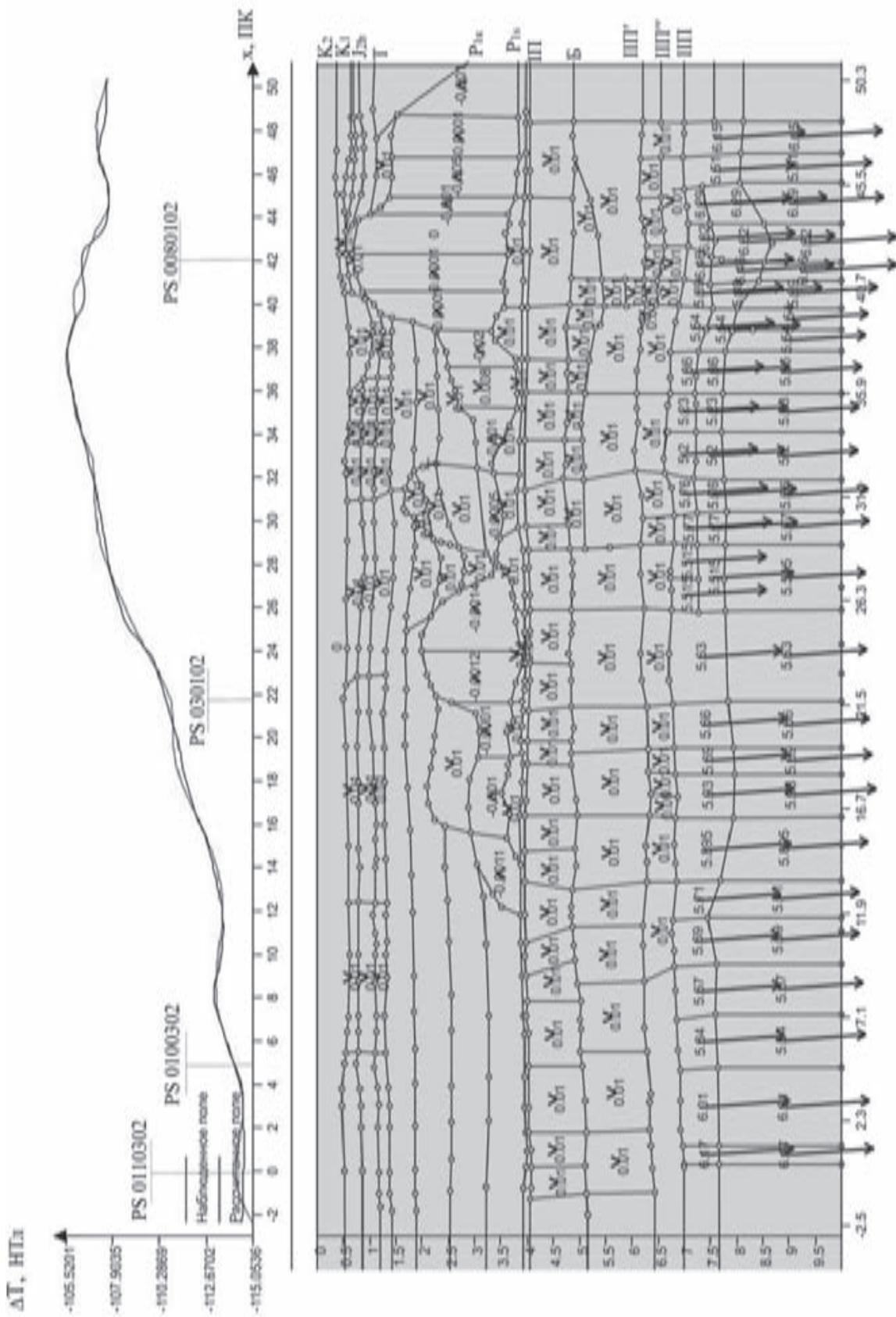
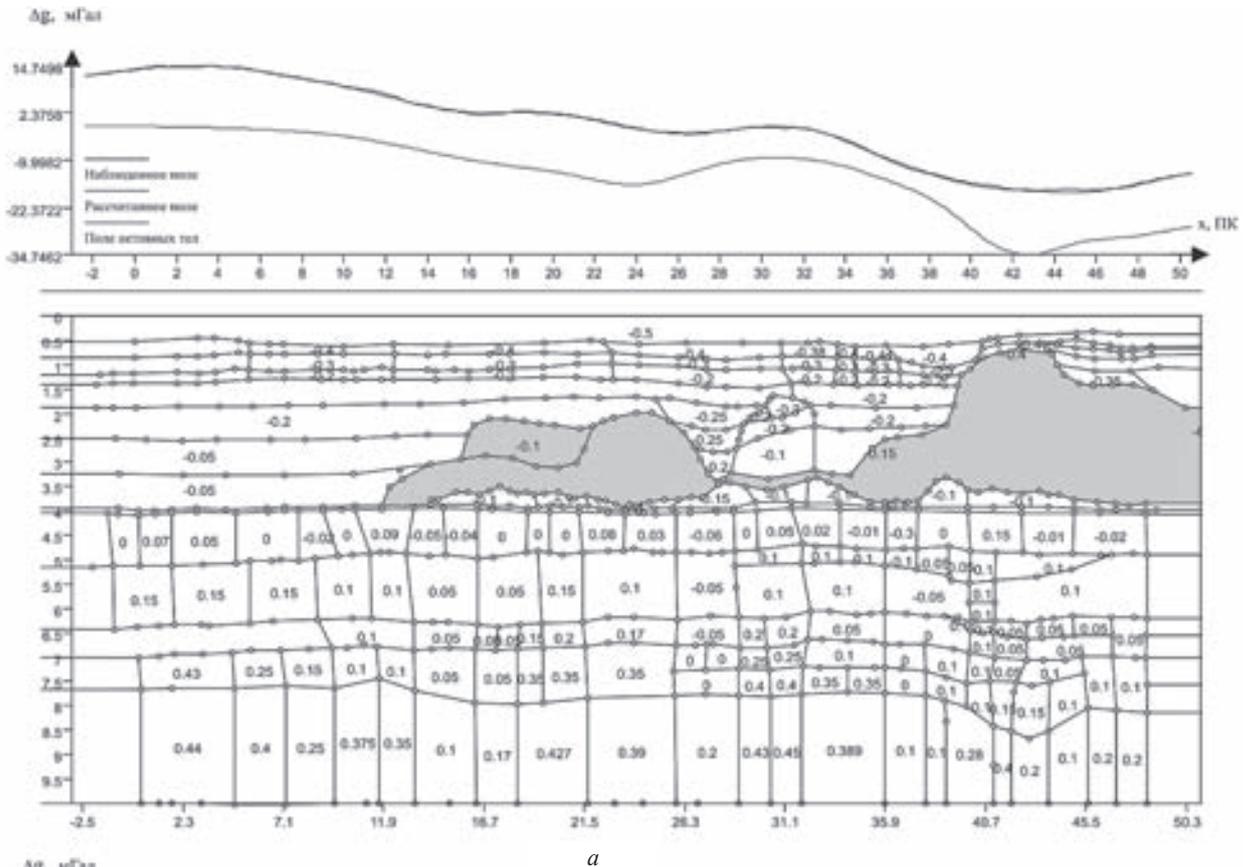
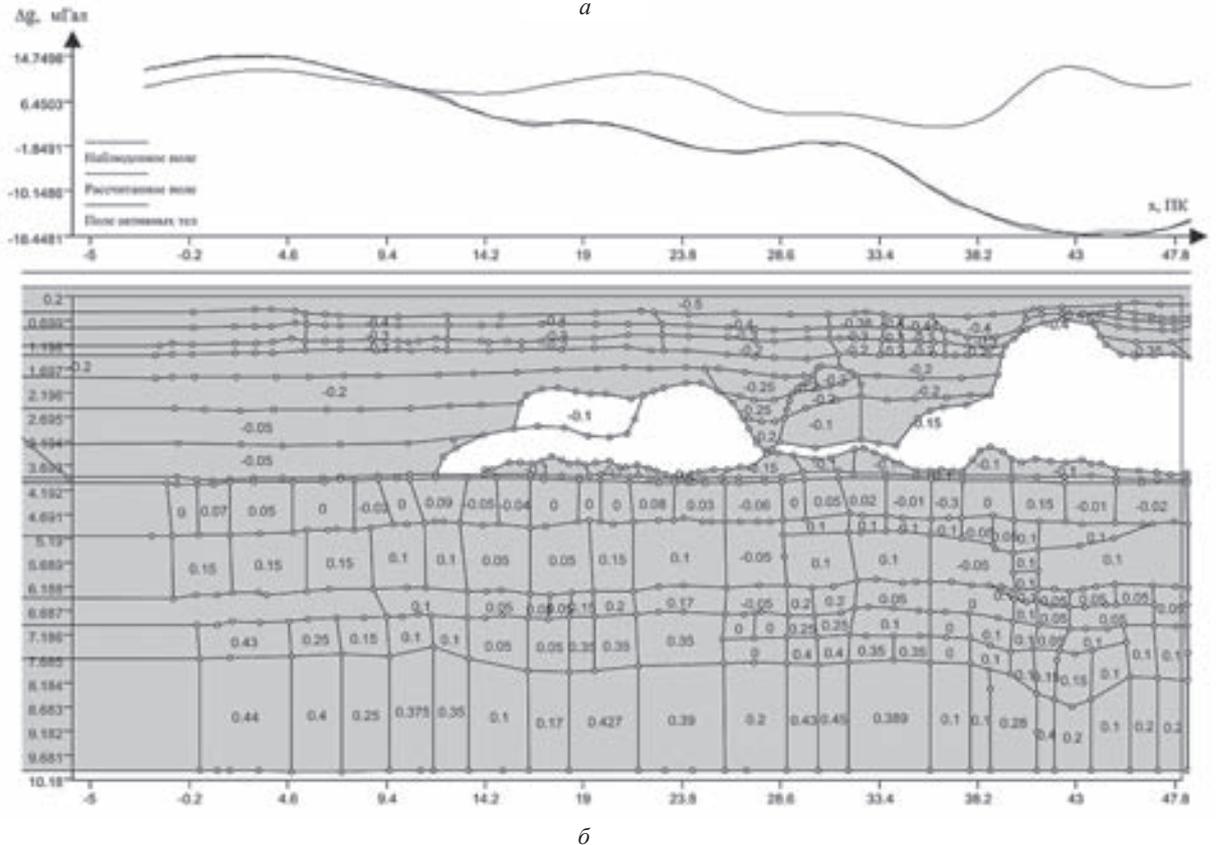


Рис. 2. Петромагнитная ФГМ разреза профиля PS 0120102



а



б

Рис.3. Гравитационный эффект, обусловленный влиянием соляных куполов (а) и их исключением (б) из суммарного поля Δg



Библиографический список

1. Неуймин Я. Г. Модели в науке и технике. История, теория, практика. Л., 1984.
2. Пойзнер Б. Н., Ситникова Д. Л. Big bifurcation : рождение математического моделирования // Изв. вузов. ПНД. 2000. Т. 8, № 5.
3. Ратников В. С. Физико-теоретическое моделирование: основания, развитие, рациональность. Киев, 1995. 290 с.
4. Страхов В. Н. Основные идеи и методы извлечения информации из данных гравитационных и магнитных наблюдений // Теория и методика интерпретации гравитационных и магнитных аномалий. М., 1979.
5. Вахромеев Г. С., Давыденко А. Ю. Моделирование в разведочной геофизике. М., 1987.
6. Голыздра Г. Я. Теория и методы интерпретации данных гравиразведки и магниторазведки // Геофизика и математика : материалы 1-й Всерос. конф. / под ред. акад. В. Н. Страхова. М., 1999.
7. Никитин А. А. Комплексная интерпретация геофизических полей при изучении глубинного строения Земли // Геофизика. 1997. № 4.
8. Лурье А. Г., Чернов А. А. Комплексная интерпретация геофизических данных на основе построения согласованной модели среды. Разведочная геофизика. М., 1982. Вып. 25.
9. Рыскин М. И., Сокулина К. Б., Барулин Д. А. Об эффективности комплексирования сейсмических и гравимагнитных данных при разведке нефтегазоперспективных объектов // Геофизика. 2005. № 4.
10. Рыскин М. И., Сокулина К. Б. Комплексная интерпретация геофизических данных. Саратов, 2006.



СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Астаркин Сергей Васильевич, ведущий специалист отдела оперативного анализа и мониторинга геологоразведочных работ по Ханты-Мансийскому автономному округу Филиала ООО «ЛУКОЙЛ-Инжиниринг» «КогалымНИПИнефть» (Тюмень). E-mail: sv.astarkin@rambler.ru

Багаева Марина Игоревна, аспирант кафедры общей геологии и полезных ископаемых геологического факультета Саратовского государственного университета имени Н. Г. Чернышевского. E-mail: багаевами@mail.ru

Банников Алексей Юрьевич, ассистент кафедры экономической и социальной географии географического факультета Саратовского государственного университета имени Н. Г. Чернышевского. E-mail: aleksey-bannikov@yandex.ru

Волкова Лариса Станиславовна, доцент кафедры геоэкологии и инженерной экологии Саратовского государственного политехнического университета им. Гагарина Ю. А., кандидат географических наук. E-mail: astrisks@yandex.ru

Гончаренко Ольга Павловна, доцент кафедры петрографии и минералогии геологического факультета Саратовского государственного университета имени Н. Г. Чернышевского, доктор геолого-минералогических наук, заведующий кафедрой. E-mail: GoncharenkoOP@mail.ru

Гужиков Андрей Юрьевич, профессор кафедры общей геологии и полезных ископаемых геологического факультета Саратовского государственного университета имени Н. Г. Чернышевского, доктор геолого-минералогических наук, заведующий кафедрой. E-mail: dekanatgeol@sgu.ru

Гужова Екатерина Ивановна, аспирантка кафедры метеорологии и климатологии географического факультета Саратовского государственного университета имени Н. Г. Чернышевского. E-mail: meteokatenok@mail.ru

Кузнецов Виталий Владимирович, старший лаборант лаборатории геоэкологии и экологической геохимии геологического факультета Саратовского государственного университета имени Н. Г. Чернышевского. E-mail: dekanatgeol@sgu.ru

Лощева Дарья Юрьевна, студентка кафедры экономической и социальной географии географического факультета Саратовского государственного университета имени Н. Г. Чернышевского. E-mail: ecgeo_sgu@mail.ru

Макаров Владимир Зиновьевич, профессор кафедры физической географии и ландшафтной экологии географического факультета Саратовского государственного университета имени Н. Г. Чернышевского, доктор географических наук. E-mail: makarovvz@rambler.ru

Мионов Александр Андреевич, студент кафедры метеорологии и климатологии географического факультета Саратовского государственного университета имени Н. Г. Чернышевского. E-mail: kafmeteo@sgu.ru

Морозова Светлана Владимировна, доцент кафедры метеорологии и климатологии географического факультета Саратовского государственного университета имени Н. Г. Чернышевского, кандидат географических наук. E-mail: kafmeteo@sgu.ru

Нгун Климент Такон, магистрант кафедры биохимии и биофизики биологического факультета Саратовского государственного университета имени Н. Г. Чернышевского. E-mail: biofac@sgu.ru

Писаренко Юрий Алексеевич, заведующий отделом стратиграфии, литологии и геохимии ФГУП «Нижне-Волжский научно-исследовательский институт геологии и геофизики» (г. Саратов), доктор геолого-минералогических наук. E-mail: pisarenko@nvniiigg.san.ru

Плешакова Екатерина Владимировна, профессор кафедры биохимии и биофизики биологического факультета Саратовского государственного университета имени Н. Г. Чернышевского, доктор биологических наук. E-mail: biofac@sgu.ru

Первушов Евгений Михайлович, профессор кафедры исторической геологии и палеонтологии геологического факультета Саратовского государственного университета имени Н. Г. Чернышевского, доктор геолого-минералогических наук, заведующий кафедрой. E-mail: pervushovem@mail.ru

Пряхина Софья Ивановна, профессор кафедры метеорологии и климатологии географического факультета Саратовского государственного университета имени Н. Г. Чернышевского, доктор сельскохозяйственных наук. E-mail: kafmeteo@sgu.ru

Пыхалов Виктор Владимирович, доцент кафедры геологии нефти и газа Астраханского государственного технического университета, кандидат технических наук. E-mail: gog@astu.org

Решетников Михаил Владимирович, заведующий лабораторией геоэкологии и экологической геохимии геологического факультета Саратовского государственного университета имени Н. Г. Чернышевского, кандидат географических наук. E-mail: rmv85@list.ru

Рихтер Яков Андреевич, профессор кафедры общей геологии и полезных ископаемых геологического факультета Саратовского государственного университета имени Н. Г. Чернышевского, доктор геолого-минералогических наук. E-mail: tyr2760@yahoo.com

Рыскин Михаил Ильич, профессор кафедры геофизики геологического факультета Саратовского государственного университета имени Н. Г. Чернышевского, кандидат геолого-минералогических наук. E-mail: riskinmi@yandex.ru

Рыхлов Александр Богданович, доцент кафедры метеорологии и климатологии географического факультета Саратовского государственного университета имени Н. Г. Чернышевского, доктор географических наук. E-mail: kafmeteo@sgu.ru

Смирнова Мария Михайловна, студент кафедры метеорологии и климатологии географического факультета Саратовского государственного университета имени Н. Г. Чернышевского. E-mail: melkaja_sm@mail.ru

Суровцева Ольга Владимировна, ассистент кафедры физической географии и ландшафтной экологии географического факультета Саратовского государственного университета имени Н. Г. Чернышевского, доктор географических наук. E-mail: fiz-kafedra@yandex.ru

Терентьева Ольга Викторовна, старший преподаватель кафедры экономической и социальной географии географического факультета Саратовского государственного университета имени Н. Г. Чернышевского. E-mail: ovterenteva@mail.ru

Чумаченко Алексей Николаевич, профессор кафедры геоморфологии и геоэкологии географического факультета Саратовского государственного университета имени Н. Г. Чернышевского, доктор географических наук. E-mail: gemorfolog-sgu@rambler.ru



INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Astarkin Sergey Vasilievich, «KolgalimNIPneft» branch of LLC "Lukoil-Engineering", department of operational analysis and monitoring of geological exploration of Khanty-Mansi autonomous district (Tyumen), leading specialist. E-mail: sv.astarkin@rambler.ru

Bagaeva Marina Igorevna, Saratov State University, geological faculty, department of general geology and minerals, postgraduate student. E-mail: bagaevami@mail.ru

Bannikov Aleksey Yurevich, Saratov State University, geographical faculty, department of economical and social geography, assistant. E-mail: aleksey-bannikov@yandex.ru

Chumachenko Aleksey Nikolaevich, Saratov State University, geographical faculty, department of geomorphology and geocology, professor, head of the department. E-mail: gemorolog-sgu@rambler.ru

Goncharenko Olga Pavlovna, Saratov State University, geological faculty, department of mineralogy and petrography, professor, head of department. E-mail: GoncharenkoOP@mail.ru

Guzhikov Andrey Yurievich, Saratov State University, geological faculty, department of general geology and minerals, professor, head of department. E-mail: dekanatgeol@sgu.ru

Guzhova Ekaterina Ivanovna, Saratov State University, geographical faculty, department of meteorology and climatology, postgraduate student. E-mail: meteokatenok@mail.ru

Kuznecov Vitaliy Vladimirovich, Saratov State University, geological faculty, laboratory of geocology and ecological geochemistry, senior laboratory. E-mail: dekanatgeol@sgu.ru

Loshcheva Daria Yurievna, Saratov State University, geographical faculty, department of economical and social geography, student. E-mail: ecgeo_sgu@mail.ru

Makarov Vladimir Zinovievich, Saratov State University, geographical faculty, department of physical geography and landscape ecology, professor, head of the department. E-mail: makarovvz@rambler.ru

Mironov Aleksandr Andreevich, Saratov State University, geographical faculty, department of meteorology and climatology, student. E-mail: kafmeteo@sgu.ru

Morozova Svetlana Vladimirovna, Saratov State University, geographical faculty, department of meteorology and climatology, associate professor. E-mail: kafmeteo@sgu.ru

Ngun Climent Takon, Saratov State University, biological faculty, department of biochemistry and biophysics, master's student. E-mail: biofac@sgu.ru

Pervushov Evgeniy Mikhaylovich, Saratov State University, geological faculty, department of historical geology and paleontology, professor, head of the department. E-mail: pervushovem@mail.ru

Pisarenko Yuriy Alekseevich, Lower Volga Research Institute of Geology and Geophysics, department of stratigraphy and paleontology, head of department, professor. E-mail: pisarenko@nvniigg.san.ru

Pleshakova Yekaterina Vladimirovna, Saratov State University, biological faculty, department of biochemistry and biophysics, professor. E-mail: biofac@sgu.ru

Pyrykhina Sofia Ivanovna, Saratov State University, geographical faculty, department of meteorology and climatology, professor. E-mail: kafmeteo@sgu.ru

Pykhalov Viktor Vladimirovich, Astrakhan State Technical University, department of oil and natural gas geology, associate professor. E-mail: gog@astu.org

Reshetnikov Mikhail Vladimirovich, Saratov State University, geological faculty, laboratory of geocology and ecological geochemistry, head of laboratory. E-mail: rmv85@list.ru

Richlov Alexander Bogdanovich, Saratov State University, geographical faculty, department of meteorology and climatology, professor. E-mail: kafmeteo@sgu.ru

Richter Yakov Andreevich, Saratov State University, geological faculty, department of general geology and minerals, professor. E-mail: tyr2760@yahoo.com

Ryskin Mikhail Ilich, Saratov State University, geological faculty, department of geophysics, professor. E-mail: riskinmi@yandex.ru

Smirnova Maria Mikhaylovna, Saratov State University, geographical faculty, department of meteorology and climatology, student. E-mail: kafmeteo@sgu.ru

Surovtseva Olga Vladimirovna, Saratov State University, geographical faculty, department of physical geography and landscape ecology, assistant. E-mail: fiz-kafedra@yandex.ru

Terenteva Olga Viktorovna, Saratov State University, geographical faculty, department of economical and social geography, senior teacher. E-mail: ovterenteva@mail.ru

Volkova Larissa Stanislavovna, Saratov State Technical University, faculty of ecology and service, department of geocology and engineering geology, associate professor. E-mail: astriks@yandex.ru



Подписка на I полугодие 2015 года

Индекс издания по каталогу ОАО Агентства «Роспечать» 36010.

Раздел 21 «Науки о Земле. Экология».

Журнал выходит 2 раза в год.

Подписка оформляется по заявочным письмам непосредственно в редакции журнала.

Заявки направлять по адресу:

410012, Саратов, Астраханская, 83.

Редакция журнала «Известия Саратовского университета. Новая серия».

Тел. (845-2) 52-26-85, 52-50-04; факс (845-2) 27-85-29;

E-mail: farik26@yandex.ru

Каталожная цена одного выпуска 300 руб.



ПОДПИСКА

