

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

ГЕОРЕСУРСЫ

Главное в номере:

- Казанскому университету – 210 лет
- Ведение мониторинга геологической среды ... А.И. Шевелёв и др.
- О качестве вод, используемых в системах питьевого водоснабжения ... Мусин и др.

3 (58) 2014



210 лет



- Министерство экологии и природных ресурсов Республики Татарстан
- Казанский (Приволжский) федеральный университет
- Академия наук Республики Татарстан
- Татарское геологоразведочное управление ОАО «Татнефть»

Главный редактор

Муслимов Р.Х., д.геол.-мин.н., профессор (Казань, Россия)

Редакционная коллегия

Алтунина Л.К., д.техн.н., профессор (Томск, Россия)
 Баренбаум А.А., к.геол.-мин.н. (Москва, Россия)
 Ганиев Р.Ф., д.техн.н., профессор (Москва, Россия)
 Закиров С.Н., д.техн.н., профессор (Москва, Россия)
 Запивалов Н.П., д.геол.-мин.н., профессор (Новосибирск)
 Золотухин А.Б., д.техн.н., профессор (Москва, Россия)
 Михайлов Н.Н., д.техн.н., профессор (Москва, Россия)
 Нургалиев Д.К., д.геол.-мин.н., профессор (Казань, Россия)
 Прищепа О.М., д.геол.-мин.н. (Москва, Россия)
 Саламатин А.Н., д.физ.-мат.н., профессор (Казань, Россия)
 Ситдикова Л.М., к.геол.-мин.н. (Казань, Россия)
 Хуторской М.Д., д.геол.-мин.н., профессор (Москва, Россия)
 George V. Chilingar, Dr. (Los Angeles, USA)
 Jesse Ausubel (New York, USA)
 Alexei Bambulyak, MSc (Tromso, Norway)
 Maria Bergemann, Dr. rer. nat. (Heidelberg, Germany)
 Martin Kostak, Doc. RNDr. (Prague, TCzech Republic)
 Noel Vandenberghe, Dr., Professor (Leuven, Belgium)

Редакционный совет

Акчурин Т.М. (Казань, Россия)
 Боксерман А.А., д.техн.н., профессор (Москва, Россия)
 Волков Ю.А., к.физ.-мат.н. (Казань, Россия)
 Гатиятуллин Н.С., д.геол.-мин.н. (Казань, Россия)
 Грунис Е.Б., д.геол.-мин.н., профессор (Москва, Россия)
 Непримеров Н.Н., д.техн.н., профессор (Казань, Россия)
 Плотникова И.Н., д.геол.-мин.н. (Казань, Россия)
 Трофимов В.А., д.геол.-мин.н., профессор (Москва, Россия)

Редакция

Ответственный секретарь – Христофорова Д.А.,
 e-mail: daria.khr@mail.ru
 Технический редактор – Николаев А.В.
 Специалист по компьютерной верстке – Абросимова И.С.
 Специалист по художественному оформлению – Люкшин А.С.
 Специалист по переводу – Баязитова А.Р.
 Веб-редактор – Сабиров А.П.

Адрес редакции:

Казанский (Приволжский) федеральный университет
 Кремлевская 16а, оф. 118, Казань, 420008, Россия
 Тел: +7 843 2924454, +7 937 7709846
www.georesources.kpfu.ru e-mail: mail@geors.ru

Свидетельство о регистрации СМИ: ПИ № ФС77-38832
 выдано Федеральной службой по надзору в сфере связи,
 информационных технологий и массовых коммуникаций

Журнал включен в «Перечень ведущих
 рецензируемых научных журналов и изданий»,
 в которых должны быть опубликованы основные
 научные результаты диссертаций на соискание
 ученых степеней доктора и кандидата наук»

Журнал включен в международную
 систему цитирования **Georef** и систему **РИНЦ**

Периодичность выпуска журнала: 4 раза в год
 Подписной индекс в Каталоге «Роспечать» – **36639**
 Электронная версия журнала на сайте: <http://elibrary.ru>

Издательство Казанского университета
 Кремлевская 18, Казань, 420008, Россия. Тел: +7 843 2924454

Подписано в печать 10.10.2014. Тираж 1000
 Отпечатано в ЗАО "Издательский Дом "Казанская
 Недвижимость". Цена договорная
 420029, Россия, Казань, ул. Сибирский тракт, д.34, корп. 4,
 оф. 324. Тел/факс: +7 843 5114848, e-mail: 114848@mail.ru

При перепечатке материалов ссылка на журнал
 «ГЕОРЕСУРСЫ» обязательна.



Статьи

- Ведение мониторинга геологической среды
 города Казани** 3
 А.И. Шевелёв, Н.И. Жаркова, Ю.П. Бубнов, А.И. Латыпов,
 И.А. Хузин, Р.К. Галеев
- О качестве вод, используемых в системах питьевого
 водоснабжения города Казани** 9
 Р.Х. Мусин, Н.А. Курлянов, З.Г. Файзрахманова, Р.З. Мусина
- Перспективная зона нефтегазоносности
 под аллохтонами Южного Урала** 17
 Р.А. Исмагилов
- Сдвиговые дуплексы Ганеевского месторождения
 золота (Южный Урал)** 22
 С.Е. Знаменский
- Геологическое строение и полезные ископаемые
 Башкирии** 28
 В.Н. Пучков
- Прогнозно-поисковая модель нового типа золотого
 оруденения Центрально-алданского рудного района
 (Южная Якутия)** 33
 В.И. Леонтьев, А.Н. Власов, С.Ю. Степанов
- Особенности совместной обработки и интерпретации
 данных электротомографии и георадиолокации
 в условиях влияния техногенных помех
 на объектах транспортного строительства** 37
 Д.А. Лаломов, А.И. Артюгин
- Особенности строения и изменения коллекторских
 свойств пластов бобриковского горизонта в визейских
 врезях (на примере месторождений
 Мелекесской впадины)** 41
 С.Е. Валеева, А.Г. Баранова, Б.В. Успенский
- Проблемы утилизации отработанных
 геотермальных растворов** 44
 В.А. Горбач
- Выявление особенностей инженерно-геологических
 условий при разработке месторождений твердых
 полезных ископаемых Центрально-кызылкумского
 горнопромышленного района** 49
 Э.М. Фозилов
- XVIII International Congress on the Carboniferous and
 Permian (ICCP 2015)**
 г. Казань, Россия, 11-15 Августа 2015 г. 57



Информация

Executive Board:

Editor in Chief – Renat Kh. Muslimov, Kazan (Volga region)
Federal University (Kazan, Russia), e-mail: mail@geors.ru

Editorial Board

- J. Ausubel**, Rockefeller University (New York, USA)
L. Altunina, Institute of Petroleum Chemistry of the Siberian Branch
of the Russian Academy of Sciences (Tomsk, Russia)
A. Barenbaum, Institute of Oil and Gas Problems of the Russian Academy
of Sciences (Moscow, Russia)
A. Bambulyak, Akvaplan-niva (Tromsø, Norway)
M. Bergemann, University of Cambridge (Great Britain)
G. Chilingar, University of Southern California (Los Angeles, USA)
R. Ganiev, A.A. Blagonravov Institute of Machine Building of the Russian
Academy of Sciences (Moscow, Russia)
M. Kostak, Charles University (Prague, Czech Republic)
M. Khutorskoy, Institute of Geology of Russian Academy of Sciences
(Moscow, Russia)
N. Mikhailov, Gubkin Russian State University of Oil and Gas (Moscow, Russia)
D. Nourgaliev, Kazan (Volga region) Federal University (Kazan, Russia)
O. Prischepa, All Russia Petroleum Research Exploration Institute
(Moscow, Russia)
A. Salamatin, Kazan (Volga region) Federal University, TGT Oil and
Gas Services Technology Centre (Kazan, Russia)
L. Sitdikova, Kazan (Volga region) Federal University (Kazan, Russia)
N. Vandenberghe, K.U. Leuven University (Leuven, Belgium)
S. Zakirov, Oil and Gas Research Institute of the Russian Academy
of Sciences (Moscow, Russia)
N. Zapivalov, Novosibirsk State University (Novosibirsk, Russia),
A. Zolotukhin, Gubkin Russian State University of Oil and Gas (Moscow, Russia)

Advisory Board

- T. Akchurin**, Ministry of Ecology and Natural Resources
of the Republic of Tatarstan (Kazan, Russia)
A. Bokserman, All-Russian Oil and Gas Scientific Research Institute
(Moscow, Russia)
N. Gatiyatullin, Tatar Geology and Prospecting Administration
OAO «Tatneft» (Kazan, Russia)
E. Grunis, Institute of Geology and Fuels Development (Moscow, Russia)
N. Neprimerov, Kazan (Volga region) Federal University (Kazan, Russia)
I. Plotnikova, Kazan (Volga region) Federal University (Kazan, Russia)
V. Trofimov, Institute of Geology and Fuels Development (Moscow, Russia)
Yu. Volkov, «TsSMRneft» LLC (Kazan, Russia)

Editorial Office:

Deputy editor: Daria Khristoforova, e-mail: Daria.Khr@mail.ru
Editor: Irina Abrosimova,
Prepress by Alexander Nikolaev
Design by Artem Lukshin,
Translator: Alsu Bayazitova
Web-editor: Artur Sabirov

Editorial address: Kazan (Volga region) Federal University
Kremlevskaya 16a, off. 118, Kazan, 420008, Russia
Phone: +7 843 2924454, +7 937 7709846
www.georesources.kpfu.ru e-mail: mail@geors.ru

Registered by the Federal Service for Supervision
of Communications and Mass Media. No. PI № FS77-38832

The Journal is included in the international databases of Georef

Subscription index in the Russian Rospechat Catalogue: 36639
You can find full text electronic versions of the Journal on www.elibrary.ru

The Journal is issued 4 times a year. Circulation: 1000 copies. Issue date: 10.10.2014
Printed by «Izdatelsky Dom «Kazanskaya Nedvizhimost'», JSC
Sibirsky Tract Str.34, Kazan, 420029, Russia, build. 4, off. 324.
Phone/Fax: +7 843 5114848, e-mail: 114848@mail.ru

All rights protected. No part of the Journal materials can be reprinted
without permission from the Editors.

articles

- Geological Environment Monitoring of Kazan** 3
A.I. Shevelev, N.I. Zharkova, Yu.P. Bubnov,
A.I. Latypov, I.A. Khuzin, R.K. Galeev
- The Quality of Water Used for Potable Water
Supply Systems in Kazan** 9
R.H. Musin, N.A. Kurlianov, Z.G. Fayzrahmanova,
R.Z. Musina
- Potential Oil and Gas Bearing Area
Under Allochthon of Southern Urals** 17
R.A. Ismagilov
- Shift Duplexes of Ganeevsky Gold Field
(Southern Urals)** 22
S.E. Znamensky
- A Brief Sketch of Geology of Bashkortostan** 28
V.N. Puchkov
- New Forecast and Search Model of Gold
Mineralization of the Central Aldan Ore Area
(Southern Yakutia)** 33
V.I. Leontev, A.N. Vlasov, S.Yu. Stepanov
- Combined Data Processing and Interpretation of
Electrical Resistivity Tomography and Ground
Penetrating Radar (GPR) under the Influence
of Anthropogenic Interference on the Facilities
of Transport Construction** 37
D.A. Lalomov, A.I. Artiugin
- Structure and Changes in Reservoir Properties
of Bobrikovskian in Visean Incisions (on the
Examples of Melekess Depression Deposits)** 41
S.E. Valeeva, A.G. Baranova, B.V. Uspensky
- Disposal of Exhausted Geothermal Solutions** 44
V.A. Gorbach
- Engineering and Geological Conditions in the
Development of Solid Mineral Deposits
of the Central Kyzylkum Mining Area** 49
E.M. Fozilov

information

- XVIII International Congress on the Carboniferous
and Permian (ICCP 2015)**
Kazan, Russia, August 11 – August 15, 2015 57

УДК 624.131.1

А.И. Шевелёв¹, Н.И. Жаркова¹, Ю.П. Бубнов², А.И. Латыпов¹, И.А. Хузин¹, Р.К. Галеев³¹Казанский (Приволжский) Федеральный Университет, г. Казань, e-mail: ashev-2010@yandex.ru²ГУП «НПО ГЕОЦЕНТР», г. Казань, e-mail: bubgeort@mail.ru³ОАО «КазТИСИЗ», г. Казань, e-mail: kaztisiz-geo@yandex.ru

Ведение мониторинга геологической среды города Казани

На территории Казани существующая наблюдательная сеть и система мониторинга экзогенных геологических процессов и подземных вод не отвечает современным требованиям, предусмотренным нормативными документами Правительства РФ. Это предопределяет необходимость её создания и проведения. На территории Казани проявляются процессы подтопления, заболачивания, карстово-суффозионные и суффозионные, оползневые, овражная эрозия, абразия и речная эрозия и др. Они отрицательно влияют на состояние геологической среды, вызывают деформации промышленных и гражданских сооружений, нарушение транспортной инфраструктуры. Необходимо дать оценку проявлений выявленных и возможных негативных геологических и техногенных процессов и прогнозировать результаты их воздействия. Проведен анализ материалов по геологическому строению, инженерно-геологическим, гидрогеологическим, техногенным условиям территории для выделения площадей с развитыми негативными процессами и характером их проявления. На основании использованных материалов определены полигоны и участки, на которых требуется проведения мониторинга негативных геологических и техногенных процессов. Разработана методика и объёмы выполнения работ, анализа получаемых материалов, выработки рекомендаций для государственных органов, проектировщиков, строителей, эксплуатационников.

Ключевые слова: геологическая среда, негативные геологические процессы, подтопление, склоновые процессы, овражная эрозия, карст, суффозия, подземные воды, мониторинг.

Ведение мониторинга геологической среды предусмотрено нормативными документами Правительства РФ, определяющими порядок ведения, регламент подготовки информационных данных и информационного обмена в системе государственного мониторинга, систему предупреждений и ликвидации чрезвычайных ситуаций. Предусматривается необходимость проведения мониторинга геологической среды на городских территориях на муниципальном уровне.

Подобные системы созданы и эффективно действуют в Москве, С.-Петербурге, Нижнем Новгороде и в других городах. Они дают весьма востребованную информацию городским службам и МЧС для планирования строительства, освоения и эксплуатации подземного пространства (метро, подземные паркинги, коммуникации и пр.), для оценки вероятности и ликвидации последствий ЧС в результате негативных геологических процессов.

На территории Казани существующая наблюдательная сеть и система мониторинга экзогенных геологических процессов и подземных вод не отвечает современным требованиям. Отдельные территории и гидрогеологические структуры недостаточно или совсем не обеспечены пунктами наблюдений.

Изложенное вызывает необходимость создания системы мониторинга геологической среды города Казани с учётом сложившейся инфраструктуры и перспектив развития города, согласно Генеральному плану.

Геологическая среда постоянно подвергается воздействию эндогенных и экзогенных процессов, ведущих к её изменению, нарушению, что может негативно влиять на жизнедеятельность человека. Эти процессы весьма разнообразны как по интенсивности проявления, так и по оказанию воздействия на среду. Поэтому, изучение подобных процессов и разработка соответствующих мероприятий по уменьшению их влияния является важнейшей государственной задачей.

В задачу мониторинга входит получение и анализ дан-

ных по состоянию геологической среды, своевременное выявление и прогнозирование её изменений при воздействии природных и техногенных геологических и инженерно-геологических процессов, прогнозирование опасных геологических процессов, комплексная оценка перспектив градостроительного освоения и т.д. На территории Казани развиты процессы подтопления, заболачивания, карстово-суффозионные, пльвинные, абразия берегов, речная и овражная эрозия, склоновые, просадочные явления в грунтах, химическое и тепловое загрязнение подземных вод и др.

Мониторинг процессов подтопления и заболачивания.

Согласно нормативным документам, к подтопленным в пределах городских агломераций следует относить участки, в пределах которых глубина залегания уровня грунтовых вод не превышает 3 м (Теоретические основы..., 1985). По данному показателю зона подтопления в Казани составляет 25 % площади города.

Подтопление связано с повышением влажности грунтов при изменении водного режима рек, водохранилищ, с потерями из водопроводных и канализационных систем.

Природные факторы подтопления определяются геологическим строением, гидрогеологическими, геоморфологическими, климатическими условиями, характером новейших движений отрицательного знака, балансом осадков и испарения, стока и т.п.

Техногенные факторы (техноприродное подтопление) связаны с различными видами инженерно-хозяйственной деятельности – искусственное изменение гидрогеологических условий местности (создание Куйбышевского водохранилища), неправильное строительство инженерных сооружений (дорожных насыпей, дамб), нарушающих естественный поверхностный сток (Королёв, 2004) и др.

Активизацию или затухание этих процессов вызывает хозяйственная деятельность человека – перепланировка территорий, прокладка различного рода магистралей, засыпка оврагов, нивелирование и асфальтирование и т.д.

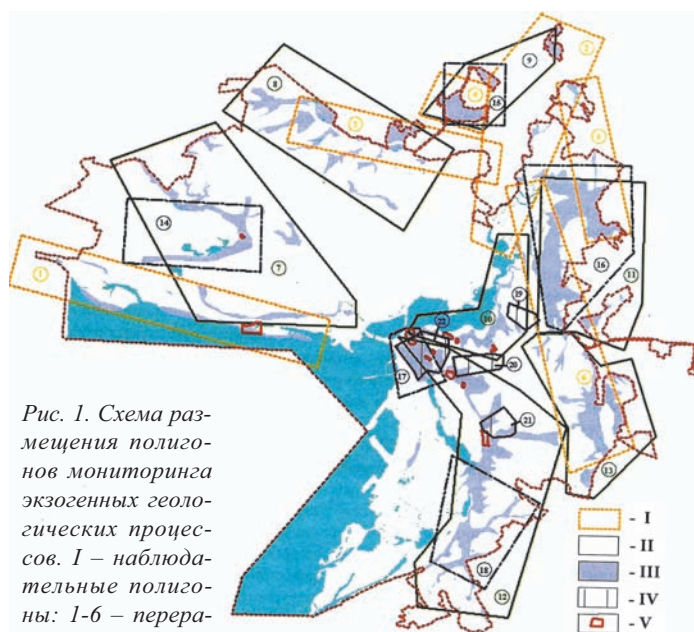


Рис. 1. Схема размещения полигонов мониторинга экзогенных геологических процессов. I – наблюдательные полигоны: 1-6 – переработка берега водохранилища и речная эрозия, 7-13 – склоновые процессы, овражная эрозия, 14-18 – карстово-суффозионные процессы, 19-22 – просадки и осадки в основании сооружений; II – дистанционное зондирование; III – маршрутное обследование; IV – деформации в сооружениях; V – геодезические наблюдения.

В настоящее время природное подтопление наблюдается в пределах высоких террас, притоков р. Казанки – Ноксы, Киндерки, Сухой Реки.

Техноприродное подтопление подразделяется на гидротехническое и строительное. Гидротехническое подтопление вызвано поднятием УГВ в результате создания Куйбышевского водохранилища. Сейчас гидротехническим подтоплением занято около 20 % городской территории – значительная часть вдоль берега р. Казанки в Приволжском, Вахитовском, Ново-Савиновском, Московском районах. В остальной части города (Кировский, Советский, частично – Вахитовский районы) зона подтопления занимает небольшую береговую полосу шириной 50-300 м. Подтопление, как природное так и техногенное, может перейти в процесс заболачивания территорий.

Заболоченными участками и болотами занято 1,57 км² (0,45 %) городской территории, в основном, правый берег р. Казанки. Подавляющее большинство болот и заболоченных участков по режиму питания растений относятся к низинным. Большинство болот (82 %) и заболоченных территорий располагаются в пределах пойм волжских притоков, первой и второй надпойменной террасы р. Волги, которая характеризуется пологим рельефом с неглубокими западинами.

Заболачивание существенно усложняет условия строительства и эксплуатации различных инженерных сооружений, приводит к разрушению дорожных покрытий, снижению проходимости территории, снижению несущей способности грунтов, ухудшению качества питьевых вод за счет микробиологического загрязнения и других процессов.

В процессе мониторинга необходимо дать оценку подтопления и заболачивания территории города; оценить влияние грунтовых вод на состояние несущих способностей грунтов и пород в основании сооружений; оценить влияние грунтовых вод на активизацию процессов.

При мониторинге следует использовать маршрутное обследование, данные мониторинга грунтовых вод, дистанционные методы для выявления площадей активизации процессов, характер их пространственно-временной изменчивости.

Мониторинг карстово-суффозионных и суффозионных процессов. Карстово-суффозионные и суффозионные процессы развиты на площадях распространения карстообразующих и суффозионнонеустойчивых массивов горных пород.

Следует особо выделить карстовые процессы, происходящие скрыто от наблюдателей, но динамично проявляющиеся на дневной поверхности (провалы, оседания и т.д.) с катастрофическими последствиями. В современных границах города за последние 100 лет образовалось более 30 провалов, а за период 1997-2007 гг. – 7 крупных провалов. Природа активизации карстово-суффозионных провалов, по-видимому, связана со значительными и постоянными флюктуациями уровня Куйбышевского водохранилища.

Процессы проявляются в историческом центре города, в районе оз. Лебяжье, в посёлках Кадышево и Щербаково, в узкой полосе вдоль правобережья р. Киндерки от восточной границы города за пос. Аки до северной границы города, в окрестностях посёлка Борисово (Рис. 1).

Для проведения режимных наблюдений выделено 5 наблюдательных полигонов – Лебяжье (20,77 км²), Кадышево-Щербаково (8,59 км²), Нокса-Киндерка (31,05 км²),

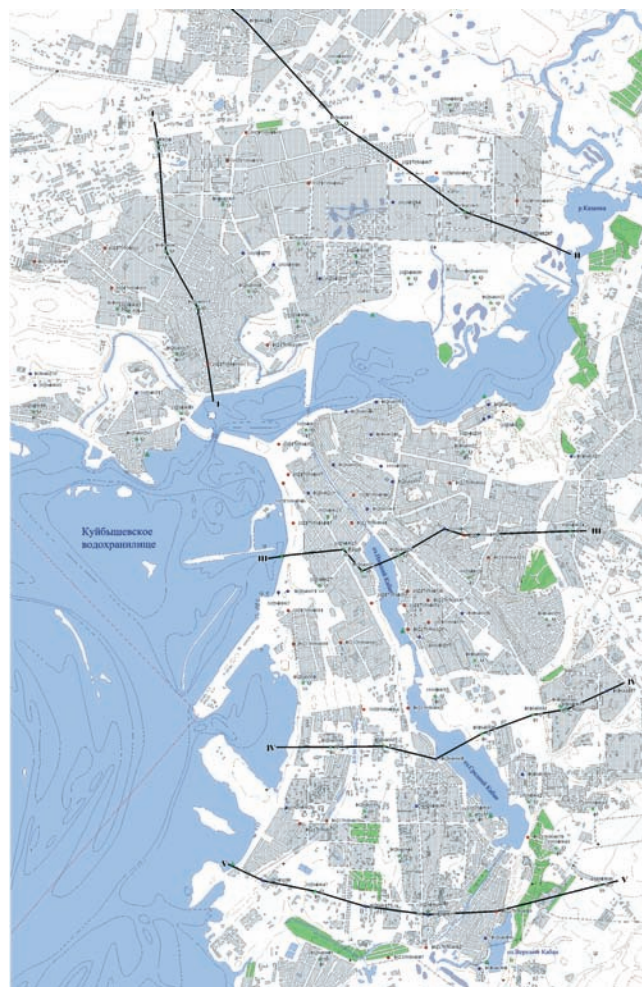


Рис. 2. Линии наблюдательной сети гидрогеологического мониторинга территории г. Казани. Масштаб 1:100 000. Черные линии – линии створов наблюдательных скважин.

Борисково (18,97 км²), Исторический центр (5,68 км²) и 1 участок (Казанский Кремль).

Наблюдаемыми параметрами и показателями являются: площадная пораженность территории (%); площадь (м²) и глубина (м) отдельной карстовой или суффозионной формы; скорость приращения размеров провалов (мм²/сут); частота проявления карстовых и суффозионных деформаций (ед/год); скорость растворения или механического выноса пород (мм/год); общее оседание территории (мм/год); характеристики подземных вод: уровень (м), химический состав (моль/дм³), температура (°С), скорость движения (м/с), коэффициент фильтрации (м/сут); интегральные величины трещиноватости, увлажненности, контрастности; физические свойства пород; геофизические поля.

Рекомендуемая периодичность и частота наблюдений должна контролироваться типом прогноза (долгосрочный, среднесрочный, краткосрочный).

Регулярные наблюдения для долгосрочного прогноза должны быть не реже одного раза в год, для среднесрочного прогноза – не реже одного раза в месяц, для краткосрочного прогноза – не реже одного раза в день, в час (в зависимости от критичности ситуации).

В пределах наблюдательных полигонов мониторинг может ограничиваться дистанционными методами и маршрутным обследованием.

Мониторинг карстовых и суффозионных процессов должен также сопровождаться гидрогеологическими и гидрометеорологическими наблюдениями, продолжительность которых должна быть не менее одного гидрологического года.

Мониторинг оползневых процессов. Преобладающими склоновыми процессами на территории города являются оползни, значительно реже на небольших площадях проявляются осыпи и обвалы.

Оползнеопасные площади составляют 2,5 % территории г. Казани и сконцентрированы вдоль склонов террасовых уступов рек Волги и Казанки, а также склонов многочисленных овражно-балочных систем в пределах верхнего террасового комплекса (Рис. 1).

Основными факторами формирования оползней являются: крутизна склонов (более 30°); преобладание в разрезе грунтов супесчано-суглинистого состава; временное или постоянное увеличение влажности грунтового массива в результате активного снеготаяния, длительных дождей, а также утечек из водонесущих коммуникаций; пригрузка склона различными сооружениями; динамические нагрузки от движущегося наземного и подземного транспорта, забивки свай и т.п.

Подавляющее большинство оползней по морфологии и механизму смещения являются асеквентными деляпсивными, по объёму сместившихся масс – мелкими (до 50 м³). Оползневые деформации развиваются в пределах поверхности склона, изредка распространяясь за его бровку на расстояние первых метров.

На застроенных территориях оползни зафиксированы в Советском районе на улицах П. Алексеева и Троицкий лес (с 50-х годов XX в), вблизи санатория «Крутушка», вдоль железнодорожной линии между станцией «Ометьево» и остановочной платформой «Новаторов», вдоль Аметьевской магистрали (2005 г.), в Вахитовском районе

на ул. Дзержинского и Вишневого (2006 г.), в Приволжском районе по ул. Оренбургский тракт (2007 г.), в Кировском районе – в п. Лебяжье (80-90-е годы XX в).

Оползневые деформации вызывают трещины и перекосы в теле различных сооружений. Подобные деформации зафиксированы в башнях и стенах Казанского Кремля, в подпорных стенках «Ленинского садика» и др.

На территории г. Казани выделено семь наблюдательных полигонов (37,80 км²) и 10 наблюдательных участков (0,74 км²), сосредоточенных в пределах комплекса высоких террас и приуроченных как к неселитебным, так и к застроенным территориям с различной инфраструктурой.

Вид и периодичность наблюдений за склоновыми процессами определяются их активностью и степенью опасности. При неактивных процессах можно использовать съёмку в обычном и ИК спектре, а также маршрутное обследование. При оползнях, угрожающих устойчивости различных сооружений, необходимо проведение инструментальных геодезических наблюдений, а при присутствии грунтовых вод – режимные гидрогеологические наблюдения. Периодичность геодезических наблюдений за склоном, а также за деформациями зданий и сооружений составляет 2 цикла в год – осенний и весенний периоды.

Мониторинг овражной эрозии. Объектом мониторинга овражной эрозии являются территории распространения оврагообразующих массивов с высокой размываемостью, выветрелостью и выветриваемостью (Шевелёв и др., 2012).

В целом территория г. Казани характеризуется умеренной оврагопораженностью ($K_{op} = 0,44$ км/км²). Наиболее активно овражная эрозия развивается только в пределах склонов и присклоновой части высоких ступеней Волго-Ноксинского, Ноксо-Киндеркинского, Киндерско-Каменского, Волго-Сухорецкого, Солонко-Сухорецкого и Солонко-Ашитского междуречий. Базисом эрозии являются более низкие поверхности, представленные третьей и второй надпойменной террасой Волги, Казанки, Ноксы, Киндерки, Сухой и Солонки.

Участки, занятые оврагами и балками, относятся как к селитебным, так и к не селитебным территориям. Зачастую устье оврага располагается в неселитебной зоне, а верхинная часть – на застроенных территориях.

Наблюдаемыми параметрами и показателями являются: площадная пораженность территории (%); размеры поражённых участков; скорость развития эрозии (м/год); угол наклона тальвега (град); уровень грунтовых вод (м); коэффициент фильтрации (м/сут); продолжительность проявления (сут); физико-механические свойства грунтов; интегральные показатели увлажненности, глинистости, уплотненности.

Поскольку развитие овражной эрозии тесно сопряжено со склоновыми процессами, предлагается осуществлять наблюдение за процессами оврагообразования в рамках наблюдательных полигонов за склоновыми процессами.

Наблюдения следует проводить регулярно с периодичностью, определяемой активностью овражной эрозии и интенсивностью воздействия метеорологических, гидрологических и техногенных факторов.

Достаточная периодичность дистанционного зондиро-

вания в пределах г. Казани – 2 раза в год, весной – в период снеготаяния и осенью.

Мониторинг абразии и речной эрозии. Наблюдения за процессами абразии и речной эрозии определяются масштабом их проявлений, степенью опасности для хозяйственных объектов и включает комплекс как наземных, так и дистанционных методов исследований.

Процессы абразии характерны только для западной части Казани: разрушение берега прослеживается, начиная от моста через р. Волга (трасса М7) вблизи п. Обсерватория до водозабора в окрестностях ж/д станции Лагерная, где протяжённость зоны деформаций изменяется от 10 до 25 %. Зачастую скорость размыва не превышает 0,5 м/год. Исключением является лишь небольшая территория вблизи п. Старое Аракчино (Шевелёв и др., 2012).

Основными факторами, определяющими абразию, являются метеорологические факторы (сила и направление ветра), гидрологический режим водохранилища, геологическое строение и морфометрические характеристики склона и береговой отмели (подводная и надводная часть), ширина водохранилища.

В долинах малых рек и р. Казанки нередко развиваются процессы боковой эрозии. Принято выделять два вида опасности. Первый – неустойчивость русла во времени, второй – скорость размыва берегов. По степени неустойчивости русла в пределах города можно выделить две категории (из пяти возможных): слабую и высокую (оценивается по величине числа Лохтина – Л и коэффициенту стабильности – K_c) (Природные опасности России..., 2002).

Малые реки характеризуются слабой опасностью размыва берегов (Жаркова, 2006).

Река Казанка принадлежит к слабой категории опасности неустойчивости русла – небольшие размеры и низкий уклон реки.

Однако, несмотря на невысокие значения размыва для некоторых территорий процессы эрозии представляют весьма ощутимую опасность. К таковым можно отнести небольшой отрезок р. Казанки в северной части п. Кульсето, где жилые и хозяйственные сооружения, а также ЛЭП находятся в непосредственной близости (5-10 м) от подмываемого и оползнеопасного берега. В категорию высокой опасности попадают малые реки города: Киндерка, Нокса, Солонка и Сухая Река.

Выделено 6 наблюдательных полигонов и 2 наблюдательных участка с высокой активностью процессов, в пределах которых проявления представляют значительную опасность для сооружений. Наблюдательные полигоны приурочены к долинам малых рек и р. Казанки, а также к западному побережью Куйбышевского водохранилища. Суммарная протяжённость полигонов составляет примерно 320 км. В пределах полигонов мониторинг следует выполнять с помощью маршрутного обследования и дистанционных методов (оптическая съёмка в обычном спектре).

Наблюдения за процессами переработки берега Куйбышевского водохранилища необходимо проводить один раз в год (один цикл наблюдений), в период весеннего паводка.

Рекомендуемая периодичность наблюдений на полигонах и участках – два раза в год – осенний и весенний периоды.

Наблюдение за деформациями зданий и сооружений.

Деформации зданий и сооружений связаны с фундаментами, основаниями и возникают вследствие недопустимых абсолютных и относительных осадок.

Главными причинами появления деформаций являются сложные инженерно-геологические условия города, воздействие внешних и внутренних факторов природного или техногенного характера (прокладка и эксплуатация линий метрополитена, разработка котлованов вблизи существующих зданий без соответствующих защитных мероприятий и др.), подтопление значительной части города грунтовыми водами, ошибки, допущенные при проведении изысканий, проектировании и строительстве, нарушения правил эксплуатации зданий и сооружений.

Факторов повреждения конструкций может быть несколько, один из которых может быть основным. Одним из главных факторов является слабая несущая способность техногенных грунтов, которые испытывают уплотнение под воздействием статических и динамических нагрузок, изменения уровня грунтовых вод.

Большинство деформированных зданий (преимущественно малой этажности) находятся в центральной части города – Вахитовский и Советский районы.

Исследования, проведенные Трестом «КазТИСИЗ» вдоль линии метрополитена от станции «Авиастроительная» до станции «Проспект Победы», показали влияние строительства и эксплуатации метро на устойчивость зданий, сооружений и состояние грунтового массива.

Контроль деформаций с инструментальным наблюдением перемещений конструктивных элементов зданий и сооружений с помощью геодезического мониторинга следует проводить на двух наблюдательных полигонах – Центральном и Советском.

Режим наблюдения – периодический. Каждые три месяца на территории полигона визуально фиксируется появление новых и рост старых деформаций. На наблюдательных участках осуществляется контроль за установленными маяками. На тех участках, на которых зафиксированные деформации близки к предельным, или наблюдается рост деформаций, необходимо установление ежемесячного инструментального геодезического контроля с помощью высокоточных нивелиров, теодолитов и тахеометров.

При строительстве и эксплуатации высотных зданий следует осуществлять непрерывный контроль за изменениями основных параметров среды за счёт активности развития геологических и инженерно-геологических процессов, что позволит обеспечить безопасность строительства и эксплуатации, своевременно предупреждая о возможных деформациях. В рамках литомониторинга необходимо с помощью установленных датчиков вести непрерывное наблюдение осадок и давлений в грунтах, уровней грунтовых вод, оползневых деформаций грунтового массива.

Мониторинг подземных вод. При мониторинге подземных вод определяются две группы тематических задач: – оценка состояния подземных вод и их изменение под воздействием природных и техногенных факторов; – оценка негативного воздействия подземных вод на строительство и эксплуатацию хозяйственных объектов (подтопление, заболачивание, влияние на динамику экзогенных процессов и т.д.).

Поскольку существующая наблюдательная сеть не отвечает современным требованиям, необходимо создание новой сети на рекреационных или охраняемых территориях, где можно рассчитывать на их долговременное сохранение. Новые пункты наблюдений должны обеспечить возможность получения репрезентативных временных рядов, позволяющих охарактеризовать природные сезонные, многолетние и вековые изменения наблюдаемых показателей подземных вод.

Намечено пробурить 51 наблюдательную скважину – 5 створов (Рис. 2), расположенных на территории с сохранившимися скважинами, что позволит обеспечить непрерывность и продолжить ряды наблюдений, особенно важные для центральной низменной части города, а также территории, ранее не изучавшиеся в режиме мониторинга подземных вод.

Предлагаемая схема наблюдательной сети позволит оценивать условия движения вод, источники их восполнения и разгрузки, проводить увязку баланса подземных вод с общим водным балансом водосбора – уровень подземных вод, атмосферные осадки, суммарное испарение, режим стока и т.д. Система мониторинга должна оперативно выявлять развитие неблагоприятных геологических процессов и выполнять на этих участках, при необходимости, более детальные гидрогеологические или инженерно-геологические исследования.

В качестве наблюдательных пунктов следует использовать также колодцы, родники. Для оценки взаимодействия подземных и поверхностных вод организуются пункты наблюдения за поверхностными водами.

Согласно методике (Справочное руководство..., 1970) на балансовых створах рекомендуется проводить наблюдения за режимом подземных вод с ежедневной частотой в соответствии с частотой измерений на гидрометеорологических станциях, т.к. в число расчетных элементов баланса включаются метеорологические факторы.

Наблюдения на пунктах организуются либо в стационарном, либо экспедиционном режиме.

Согласно рекомендациям ВСЕГИНГЕО (Мониторинг месторождений..., 1998) замеры уровней и температуры подземных вод положено проводить 1-5 раз в месяц в течение года. Основные закономерности режима грунтовых и подземных вод на территории г. Казани считаются достаточно изученными и частота замеров уровня подземных вод может быть сокращена до трех раз в месяц.

Однако, во время весеннего снеготаяния и в паводковый период на участках с мощностью зоны аэрации менее 10 м и в приречных зонах, где наблюдаются значительные амплитуды колебания уровня, на период с 15 марта по 15 июня частота измерений должна быть 10 раз в месяц. Для участков с интенсивным подтоплением на период аномально высокого выпадения осадков в осенний сезон (с 15 сентября до 15 ноября) режим замеров также устанавливается 10 раз в месяц.

При изучении гидрохимического состояния подземных вод на пунктах наблюдений МПВ производится единовременный отбор проб. Для оценки взаимовлияния подземных и поверхностных вод одновременно производится отбор проб из поверхностных водотоков и водоемов. Время отбора проб определяется поставленной задачей. В режиме ГМПВ РТ пробы отбираются либо во время

глубокой межени (февраль-март, июль-август), либо в период весеннего (май-июнь) и осеннего (октябрь-ноябрь) половодья.

В пробах определяется химический состав воды и присутствие загрязняющих веществ.

Ежегодно по результатам наблюдений в режиме мониторинга выполняется комплексный анализ и оценка текущего состояния подземных вод на территории города, составляется информационный бюллетень с комплектом графических приложений и направляется в заинтересованные службы муниципального управления города для дальнейшей работы и принятия управленческих решений.

Заключение

Полагаем, что для ведения мониторинга на территории Казани необходимо создать специальную службу в структуре МЭПР РТ или в другом государственном органе.

В задачу службы мониторинга должно войти: разработка проекта мониторинга; создание сети мониторинга подземных вод, организация бурения наблюдательных скважин; создание сети мониторинга экзогенных геологических процессов, в том числе, в системе метрополитена; создание пунктов наблюдения на зданиях и сооружениях, подвергнувшихся деформациям; создание пунктов наблюдений на зданиях, расположенных вдоль I линии метрополитена и первого участка II линии метрополитена; обеспечение пунктов наблюдений необходимым снаряжением и оборудованием; организация и ведение наблюдений на скважинах, полигонах и участках; получение, обработка и анализ информации для оценки состояния геологической среды, своевременного выявления и прогнозирования последствий природных, инженерно-геологических и техногенных процессов; установление площадей и размеров активизации процессов, расчет средних параметров, выявление максимальных и минимальных значений и т.д.; выявление закономерностей пространственно-временного изменения состояния геологической среды; участие в комплексной оценке перспектив градостроительного освоения; участие в разработке мероприятий по охране и рациональному использованию геологической среды городской территории, а также по предотвращению или снижению негативного воздействия опасных геологических процессов на основе прогнозирования их проявлений или активизации; обеспечение информацией о состоянии геологической среды органов государственной власти, федеральных органов по делам гражданской обороны и чрезвычайным ситуациям, единой государственной системы экологического мониторинга окружающей природной среды, государственной системы лицензирования пользования недрами.

Служба мониторинга должна, на основе законодательного акта, работать в тесной связи с Министерством по чрезвычайным ситуациям, с изыскательскими, проектными и строительными организациями в целях обеспечения планирования строительства, безопасной эксплуатации промышленных зданий, сооружений, жилого комплекса, инженерных, транспортных магистралей и предотвращения риска чрезвычайных ситуаций, природоохранной деятельности и экологической безопасности.

Литература

Жаркова Н.И. Закономерности формирования инженерно-геологических условий на территории г. Казани. *Георесурсы*. № 2(19). 2006. С. 16-19.

Королёв В.А. Инженерная и экологическая геодинамика. Электронный учебник. М. 2004.

Мониторинг месторождений и участков водозаборов питьевых подземных вод. Методические рекомендации. М.: МПР РФ. 1998.

Природные опасности России. Экзогенные геологические опасности. Под ред. В.М. Кутепова, А.И. Шеко. М.: Изд. «КРУК». 2002. 348 с.

Справочное руководство гидрогеолога. Под ред. Максимова В.М. Л. Недра. 1970. 592 с.

Теоретические основы инженерной геологии. Геологические основы. Под ред. акад. Е.М. Сергеева. М.: Недра. 1985. 332 с.

Шевелёв А.И., Жаркова Н.И., Хузин И.А., Поляков С.И., Галеев Р.К., Серебренникова И.А., Латыпов А.И., Нуриев И.С., Ахиярова Ю.Р., Мухамедшина М.И. Гидрогеологические и инженерно-геологические условия города Казани. Казань. 2012. 236 с.

Сведения об авторах

Шевелёв Анатолий Иванович – д.г.-м.н., профессор Казанского (Приволжского) Федерального Университета, Института геологии и нефтегазовых технологий, кафедры

общей геологии и гидрогеологии.

Жаркова Надежда Ивановна – к.г.-м.н., доцент Казанского (Приволжского) Федерального Университета, Института геологии и нефтегазовых технологий, кафедры общей геологии и гидрогеологии.

Латыпов Айрат Исламгалиевич – к.т.н., доцент Казанского (Приволжского) Федерального Университета, Института геологии и нефтегазовых технологий, кафедры общей геологии и гидрогеологии.

Хузин Илнур Амирович – ассистент Казанского (Приволжского) Федерального Университета, Института геологии и нефтегазовых технологий, кафедры общей геологии и гидрогеологии.

420008, Казань, ул. Кремлёвская, 4/5. Тел: (9033)06-69-68.

Бубнов Юрий Петрович – заместитель директора ГУП «НПО ГЕОЦЕНТР».

420059, Казань, ул. Оренбургский тракт, 20.

Галеев Рафаил Кутдусович – главный геолог, заместитель генерального директора ОАО «КазТИСИЗ».

420043, Казань, ул. Вишневого, 24.

Geological Environment Monitoring of Kazan

A.I. Shevelev¹, N.I. Zharkova¹, Yu.P. Bubnov², A.I. Latypov¹, I.A. Khuzin¹, R.K. Galeev³

¹*Kazan Federal University, Kazan, Russia, e-mail: ashev-2010@yandex.ru*

²*«NPO GEOTsENTR», Kazan, Russia, e-mail: bubgeort@mail.ru*

³*JSC «KazTISIZ», Kazan, Russia, e-mail: kaztisiz-geo@yandex.ru*

Abstract. In Kazan existing monitoring network and monitoring of exogenous geological processes and groundwater do not meet modern requirements provided by the Russian Government. This determines the need for its creation and implementation. In Kazan there are processes of flooding, swamping, karst-suffusion, suffusion, landslides, gully erosion, abrasion and river erosion, etc. They adversely affect geological environment, cause deformation of industrial and civil constructions, violation of transport infrastructure. Identified and potential negative geological and anthropogenic processes need to be assessed and predicted. Materials were analyzed on geological structure, geotechnical, hydrogeological, technological conditions of the territory to allocate areas with developed negative processes and their nature. Methods and volume of works, analysis of the obtained materials, recommendations, for government agencies, designers, builders, maintainers were developed. For monitoring implementation it is necessary to create a special service in the Ministry of Ecology and Natural Resources of the Republic of Tatarstan or in other public authority, whose task shall be to develop monitoring project; monitoring of exogenous geological processes, including in the metro system; monitoring of groundwater with drilling monitoring wells; monitoring implementation and processing of the resulting materials.

Keywords: geological environment, negative geological processes, flooding, slope processes, gully erosion, karst, suffusion, groundwater, monitoring.

References

Zharkova N.I. Zakonomernosti formirovaniya inzhenerno-geologicheskikh usloviy na territorii g. Kazani [Laws of formation of geotechnical conditions of the city of Kazan]. *Georesursy* [Georesources]. No 2(19). 2006. Pp. 16-19.

Korolev V.A. Inzhenernaya i ekologicheskaya geodinamika [Engineering and Environmental geodynamics]. Electronic textbook. Moscow. 2004.

Monitoring mestorozhdeniy i uchastkov vodozaborov pit'evykh podzemnykh vod [Monitoring of fields and sectors of underground drinking water intakes]. Metodicheskie rekomendatsii [Guidelines]. Moscow: «MPR RF» Publ. 1998.

Prirodnye opasnosti Rossii. Ekzogennye geologicheskije opasnosti [Natural Hazards in Russia. Exogenous geological hazards]. Ed. V.M. Kutevov, A.I. Sheko. Moscow: «KRUК». 2002. 348 p.

Spravochnoe rukovodstvo gidrogeologa [Reference Guide for hydrogeologist]. Ed. V.M. Maksimov. Leningrad: «Nedra» Publ. 1970.

Teoreticheskie osnovy inzhenernoy geologii [Theoretical Foundations of Engineering Geology]. Geologicheskije osnovy [Geological fundamentals]. Ed. E.M. Sergeev. Moscow: «Nedra» Publ. 1985. 332 p.

Shevelev A.I., Zharkova N.I., Khuzin I.A., Polyakov S.I., Galeev R.K., Serebrennikova I.A., Latypov A.I., Nuriev I.S., Akhiyarova Yu.R., Mukhamedshina M.I. Gidrogeologicheskije i inzhenerno-geologicheskije usloviya goroda Kazani [Hydrogeological and geotechnical conditions of the city of Kazan]. Kazan. 2012. 236 p.

Information about authors

Anatoly Shevelev – Dr. Sci. (Geol. and Min.), Professor
Nadezhda Zharkova – Cand. Sci. (Geol. and Min.), Associate Professor

Ayrat Latypov – Cand. Sci. (Tech.), Associate Professor
Ilmur Khuzin – Assistant

Department of General Geology and Hydrogeology, Institute of Geology and Petroleum Technologies, Kazan Federal University
420008, Kazan, Kremlevskaya str., 4/5. Tel: (9033) 06-69-68.

Yuriy Bubnov – Deputy Director
«NPO GEOTsENTR»

420059, Kazan, Orenburgskiy trakt, 20.

Rafail Galeev – Chief Geologist, Deputy General Director
JSC «KazTISIZ»

420043, Kazan, Vishnevskogo str., 24.

О качестве вод, используемых в системах питьевого водоснабжения города Казани

Питьевое водоснабжение г. Казани осуществляется на основе разнотипных вод. Рассмотрено качество вод систем централизованного водоснабжения; родниковых и бутилированных вод; вод, реализуемых в специализированных киосках; частично замороженной и профильтрованной через популярные фильтры «Аквафор», «Барьер», «Prima» водопроводной воды. Показано, что ситуация с питьевым водоснабжением города не совсем удовлетворительная. Для решения этой проблемы предлагается контролируемое расширение сферы децентрализованного водообеспечения в виде реализации бутилированных и разливаемых в специальных киосках природных физиологически полноценных и доступных по цене питьевых вод. Также рассматривается необходимость пересмотра подходов к недропользованию в ближайшей 5-20 км окрестной зоне крупных городов. При наличии здесь проявлений высококачественных питьевых вод их водосборные площади должны использоваться для ведения экологически чистого производства, включая организацию добычи и розлива воды.

Ключевые слова: качество питьевой воды, бутилированная вода, фильтры для доочистки водопроводной воды, физиологически полноценные воды.

Введение и постановка задачи

Роль и современное состояние природных вод можно охарактеризовать следующими хорошо известными данными – около 80 % всех заболеваний связано с употреблением некачественной воды; в России к началу XXI в. было загрязнено примерно 70 % поверхностных вод и около 30 % объёма пресных подземных вод; 70 % предприятий жилищно-коммунального хозяйства подают потребителям воду, качество которой не отвечает санитарным нормам (Зекцер, 2001; Плотников, 1998; Экологически чистые, 1998). В связи с этим, в последние 20 лет в нашей стране стали бурно развиваться системы водообеспечения, дополняющие централизованное хозяйственно-питьевое водоснабжение (ХПВ), – использование родниковых и бутилированных вод, фильтровых установок и др. Реализация питьевой воды в различных формах и бытовых фильтров по доочистке водопроводной воды в крупных городах стала высокодоходным бизнесом, а ситуация с питьевым водоснабжением на первый взгляд приобрела удовлетворительный характер. Анализ состояния этого водоснабжения и качества используемых питьевых вод представляет весьма актуальную задачу. Так рассмотрение качественных характеристик различных систем водообеспечения некоторых городов и работоспособности отдельных типов фильтров выявило достаточно много негативных фактов и явлений, которые, к сожалению, не подвергаются широкому обсуждению и остаются малоизвестными (Иванов и др., 2010; 2012; Шепелев, Федорова, 2010; Хвощевская, Копылова, 2012).

Цель работы – оценка качества вод, используемых в качестве питьевых в г. Казани, и обоснование наиболее эффективных мер по улучшению систем децентрализованного водообеспечения города.

Объекты и методы исследования

Водоснабжение г. Казани, как и многих других крупных российских городов (Москва, Санкт-Петербург, Н. Новгород и др.), базируется на использовании поверхностных вод. Централизованное ХПВ города осуществляется за счет волжской воды Куйбышевского водохранилища

и, в меньшей степени, подземных вод нескольких водозаборов. Производительность Волжского водозабора составляет около 550 тыс. м³/сут, из них 80 % используется для ХПВ. Качество воды на его выходе довольно высокое, так из более чем 50 тысяч ежегодно проводимых химических и бактериологических анализов воды, количество анализов, не соответствующих питьевому стандарту, составляет не более 3 % (Государственный доклад, 2006). Производительность подземных водозаборов обычно не превышает 30 тыс. м³/сут. Они каптируют воды плиоцен-четвертичного терригенного или казанского сульфатно-терригенно-карбонатного водоносных комплексов, характеризующихся приповерхностным развитием и сравнительно высокой водообильностью (Каштанов, 1979), и используются для ХПВ отдельных микрорайонов, удаленных от центральной части города, – пос. Аки, Дербышки, Кадышево, Нагорный и др. В отдельных случаях применяется смешение вод Волжского и подземных водозаборов. Качество систем централизованного ХПВ оценивалось по анализу водопроводной воды, отобранной прямо «из-под крана».

Непосредственно у потребителей водопроводная волжская вода очень часто отличается неблагоприятными органолептическими свойствами – возможность появления запаха, повышенной мутности, проявление цветности; а воды многих подземных источников, в первую очередь казанского водоносного комплекса, характеризуются повышенной жёсткостью (здесь и далее понимается общая жёсткость). Это и определило вышеотмеченную популярность питьевого использования другого типа вод и разнообразных фильтров. По недавно проведенным опросам населения доля казанцев, использующих бутилированную воду, составляет 30 %; фильтры для доочистки водопроводной воды – 25 %; воду, реализуемую в специальных киосках «Ключ здоровья», которые сейчас установлены по всему городу, – 5-10 %; остальные горожане потребляют водопроводную воду, при этом не исключается использование воды популярных родников (Иванов и др., 2010).

Окрестности Казани довольно богаты выходами родниковых вод. В аналитическом отношении был изучен

лишь широко известный Акинский родник, расположенный на северо-восточной окраине города (пос. Аки, дебит 5 л/с).

В настоящее время в Казани в разных формах распространяется не менее 50 торговых марок бутилированной воды. Особенности состава были определены для негазированных разновидностей 17 наиболее популярных марок воды, реализуемых в торговых центрах, и 6 марок, доставляемых заказчику многими коммерческими организациями в крупных ёмкостях (19 л). Также были проанализированы воды, разливаемые в специальных киосках, принадлежащих компании «Вамин».

Наиболее широко используемыми фильтрами для доочистки водопроводной воды являются фильтры кувшинного типа «Аквафор» и «Барьер». Они компактны, просты и удобны в использовании, а также наиболее экономичны (стоимость сменного модуля очистки составляет 150-180 руб.). Модули очистки (картриджи) этих фильтров заполнены активированным углем и ионно-обменной смолой. Ионно-обменный процесс очистки применяется и в других фильтрах, картриджи которых могут содержать и блоки для минерализации воды. Такие фильтры обычно имеют более крупные размеры и более высокую стоимость. Одним из них является интенсивно рекламируемый фильтр «Prima». Авторами изучена эффективность работы указанных трех типов бытовых фильтров путем анализа отдельных порций профильтрованной

воды, при этом через «Аквафор» было пропущено 86 литров однотипной водопроводной воды, через «Барьер» – 128 л, через «Prima» – 100 л. В фильтры вода заливалась последовательно: в «Аквафор» и «Барьер» по 1 литру, в «Prima» – 2 л.

В последнее время популярным становится использование в качестве питьевой талой воды – продукта частичной заморозки обычной воды. Во многом это связано с широким освещением в средствах массовой информации её лечебных свойств. Частичная заморозка воды является очень эффективным средством её очистки практически от всех минеральных и органических веществ. При этом незамёрзшую часть воды, где и происходит концентрирование растворенных компонентов, необходимо удалить, а в качестве питьевой использовать замёрзшую часть после её оттайки. Медики советуют дополнительно убирать самую первую ледяную корку, характеризующуюся кристаллизацией тяжёлой (дейтериевой) воды (Иванов и др., 2010). Особый интерес представляют качественные характеристики талой воды, полученной при различной степени заморозки определённого вида первичной воды. Они выявлены для двух типов водопроводной воды, отличающихся по минерализации и другим показателям состава. При этом анализировались как замёрзшая, так и незамёрзшая части с целью проверки сходимости солевого баланса с первичной водой.

Аналитические исследования заключались в проведении

Разновидности вод	Местоположение пункта опробования	Формула ионного состава	Категории качества	
			обычная питьевая вода	вода более высокого кач-ва
Система централизованного ХПВ	Первично волжская вода	Вахитовский р-н, ул. Кремлевская $M_{0,4} \frac{SO_4 59 HCO_3 29 Cl 11 NO_3 1}{Mg 52 Ca 44 Na 4}$	+	–
		Ново-Савин. р-н, ул. Меридианная $M_{0,36} \frac{SO_4 45 HCO_3 41 Cl 13 NO_3 2}{Ca 58 Mg 35 Na 7}$	+	–
		Московский р-н, ул. Батыршина $M_{0,36} \frac{HCO_3 58 SO_4 26 Cl 15 NO_3 1}{Ca 55 Mg 38 Na 7}$	+	–
		мкр. Горки, ул. Дубравная $M_{0,4} \frac{HCO_3 39 SO_4 37 Cl 22 NO_3 2}{Ca 54 Mg 41 Na 5}$	+	–
		мкр. Азино, ул. Сахарова $M_{0,33} \frac{HCO_3 49 SO_4 35 Cl 15 NO_3 1}{Ca 57 Mg 32 Na 10 K 1}$	+	–
	Поверх. и подз. воды	Советский р-н, ул. Пионерская $M_{0,59} \frac{HCO_3 44 SO_4 43 Cl 12 NO_3 1}{Ca 59 Mg 35 Na 6}$	– (Ж –1,14; Ок –1,12)	–
Подзем. воды	пос. Дербышки, ул. Мира $M_{1,5} \frac{SO_4 58 HCO_3 35 Cl 15 NO_3 2}{Ca 79 Mg 14 Na 7}$	– (М – до 1,5; Ж – до 3)	–	
Родниковые воды	Акинский родник $M_{0,61} \frac{HCO_3 65 SO_4 28 Cl 15 NO_3 2}{Ca 74 Mg 25 Na 1}$	– (Ж.–1,1)	–	
Вода в специализированных киосках	Советский р-н, ул. Аделя Кутуя $M_{0,47} \frac{HCO_3 90 Cl 8 SO_4 1 NO_3 1}{Na 97 Ca 2 Mg 1}$	+	–	
	Ново-Савин. р-н, ул. Меридианная $M_{0,49} \frac{HCO_3 84 SO_4 8 Cl 7 NO_3 1}{Na 97 Ca 3}$	+	–	

Табл. 1. Качественная характеристика водопроводной, родниковой воды и воды специализированных киосков. В четвёртой графе в скобках отражены параметры состава воды, определяющие её питьевую некондиционность (М – минерализация, Ж – жёсткость, Ок – перманганатная окисляемость), и коэффициенты превышения ПДК.

исследования сокращенного по (Отраслевой стандарт, 1986) химического анализа воды с определением – рН, электропроводности, концентраций кремнекислоты (SiO₂), Fe_{общ} и ионов: HCO₃⁻, SO₄²⁻, Cl⁻, NO₃⁻, NO₂⁻, Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺, K⁺, NH₄⁺, а также перманганатной окисляемости, расчетной и кондуктометрической минерализации (17 параметров). При этом использовались титриметрический, потенциометрический, кондуктометрический, спектрофотометрический, атомно-абсорбционный методы анализа, которые велись по гостированным методикам (Резников и др., 1970 и др.). При изучении работоспособности фильтров на начальном этапе их использования (фильтрация первых 5 литров) в каждом литре фильтратов сразу определялись рН, кондуктометрическая минерализация, концентрации Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺ и K⁺. Далее эти же параметры фиксировались через каждые последующие 5 литров. Полный же перечень компонентов в фильтратах выявлялся в меньшем количестве проб (примерно через 5-30 литров). Также периодически проводилось опре-

деление состава первичной фильтруемой воды.

Качество питьевых вод определялось на основе их химического состава и оценки органолептических свойств.

При этом учитывались следующие 4 категории качества питьевых вод – обычная питьевая вода систем централизованного ХПВ (Питьевая вода, 2001), бутилированная

№ п/п	Торговая марка воды	Тип и расположение водоисточн.	Цена 1 л воды (руб.)	Категория кач-ва по организаторам розлива	Данные исследований авторов	
					Ионный состав	Категор. кач-ва
1	Агуша	Скваж., Московская обл.	15	Бутил. высшей кат.	$M_{0,29} \frac{HCO_3 83 SO_4 13 Cl 3 NO_3 1}{Ca 55 Mg 34 Na 7 K 4}$	Бутил. высшей кат.
2	Аква-Вита	Скваж., Лаишевский район РТ	10	Бутил. первой кат.	$M_{0,22} \frac{HCO_3 74 SO_4 11 Cl 10 NO_3 5}{Mg 52 Ca 40 Na 8}$	Бутил. первой кат.
3	Аква-Минерале	Скваж., Московская обл.	19	Бутил. первой кат.	$M_{0,06} \frac{HCO_3 52 SO_4 35 Cl 10 NO_3 3}{Na 67 Ca 25 K 8}$	Бутил. первой кат.
4	Альдермышский источник	Скваж., Высокогорск. район РТ	10	Бутил. первой кат.	$M_{0,4} \frac{HCO_3 77 SO_4 21 Cl 2}{Ca 56 Mg 38 Na 5 K 1}$	Бутил. первой кат.
5	Архыз	Карачаево-Черкесская Республика	10	–	$M_{0,25} \frac{HCO_3 79 SO_4 11 Cl 10}{Mg 48 Na 47 Ca 5}$	Бутил. первой кат.
6	Бахэтле	Скваж., г. Казань	12	Бутил. первой кат.	$M_{0,46} \frac{HCO_3 84 SO_4 8 Cl 8}{Na 96 Ca 3 K 1}$	Бутил. первой кат.
7	Бон-Аква	«Очищенная» в/проводная вода, г. Самара	23	Бутил. первой кат.	$M_{0,3} \frac{Cl 63 SO_4 21 HCO_3 13 NO_3 3}{Mg 50 Ca 32 Na 17 K 1}$	Обычн. питьев. вода
8	Вамин	«Очищенная» родник. вода, Арск. р-н РТ	3,5	Бутил. первой кат.	$M_{0,6} \frac{HCO_3 81 SO_4 10 Cl 7 NO_3 2}{Na 98 Ca 1 Mg 1}$	Бутил. первой кат.
9	Волжанка	Скваж., Ульянов. обл.	10	Бутил. высшей кат.	$M_{0,37} \frac{HCO_3 58 SO_4 34 Cl 8}{Ca 37 Mg 37 Na 25 K 1}$	Бутил. высшей кат.
10	Живой Ключ	Скваж., Лаишевский район РТ	8	Бутил. высшей кат.	$M_{0,29} \frac{HCO_3 80 SO_4 18 Cl 10 NO_3 1}{Ca 78 Mg 17 Na 1 K 1}$	Бутил. первой кат.
11	Казань 1000-летняя	«Очищенная» родник. вода, Арск. р-н РТ	8	–	$M_{0,56} \frac{HCO_3 83 SO_4 13 Cl 4}{Na 96 Ca 3 Mg 1}$	Бутил. первой кат.
12	Липецкий бювет	Скваж., г. Липецк	15	Бутил. высшей кат.	$M_{0,2} \frac{HCO_3 63 SO_4 22 Cl 10 NO_3 5}{Ca 80 Na 12 Mg 6 K 2}$	Бутил. первой кат.
13	Мензелинка	Скваж., Мензелинск. р-н РТ	12	–	$M_{0,42} \frac{HCO_3 87 SO_4 9 Cl 4}{Na 96 Ca 2 Mg 2}$	Бутил. первой кат.
14	Оли-Роли	Скваж., Лаишевский район РТ	10	Бутил. высшей кат.	$M_{0,13} \frac{HCO_3 53 SO_4 24 Cl 21 NO_3 2}{Ca 44 Mg 44 Na 10 K 2}$	Бутил. первой кат.
15	Раифский источник	Скваж., Зеленод. р-н РТ	8-10	Бутил. первой кат.	$M_{0,4} \frac{HCO_3 76 SO_4 20 Cl 4}{Na 45 Mg 29 Ca 25 K 1}$	Бутил. первой кат.
16	Родники России	Источник, Ставрополье	15	–	$M_{0,6} \frac{HCO_3 74 SO_4 13 Cl 12 NO_3 1}{Na 88 Ca 8 Mg 3 K 1}$	Бутил. первой кат.
17	Сестрица	Скваж., Республика Марий-Эл	8	–	$M_{0,3} \frac{SO_4 46 HCO_3 44 Cl 7 NO_3 3}{Ca 44 Mg 38 Na 18}$	Бутил. первой кат.
18	Хотнинская	Скваж., Арский р-н РТ	8-10	Бутил. первой кат.	$M_{0,6} \frac{HCO_3 72 SO_4 26 Cl 2}{Ca 68 Mg 27 Na 4 K 1}$	Бутил. первой кат.
19	Хрустальный колодец	Скваж., г. Набережные Челны	12	–	$M_{0,5} \frac{HCO_3 75 SO_4 19 Cl 15 NO_3 1}{Ca 40 Na 31 Mg 27 K 2}$	Бутил. первой кат.
20	Шифа	Скваж., Лениногорский р-н РТ	14	Бутил. первой кат.	$M_{0,7} \frac{HCO_3 51 SO_4 44 Cl 4 NO_3 1}{Na 51 Ca 31 Mg 17 K 1}$	Бутил. первой кат.
21	Шифалы-Су	Скваж., Менделеевск. р-н РТ	10	Бутил. первой кат.	$M_{0,64} \frac{HCO_3 65 SO_4 27 Cl 8}{Ca 60 Mg 35 Na 5}$	Непитьевое

Табл. 2. Качественная характеристика бутилированных негазированных вод. В 4 графе полужирным курсивом приведена стоимость воды, доставляемой заказчику в 19 л ёмкостях, обычным шрифтом – стоимость воды в 1,5 л бутылках, которые приобретались в крупных торговых центрах; физиологически неполноценными являются воды торговых марок под номерами 3, 6, 8, 11, 13, 14, 16; «Шифалы Су» характеризуется высокой жёсткостью (9,2 ммоль/дм³), в связи с чем, эта вода не может быть рекомендована для ежедневного употребления.

вода первой и высшей категорий (Питьевая вода, 2002), а также требования к экологически чистым подземным водам высшего питьевого качества (Экологически чистые, 1998). Наименее строгими являются требования к качеству первого типа вод, а наиболее жесткими – к четвертому. Эти нормативные требования для обычных питьевых вод и бутилированных вод первой категории включают лишь предельно-допустимые концентрации (ПДК) отдельных компонентов и лишь в единичных случаях, например для рН, они фиксируют необходимый диапазон значений (минимум-максимум). Такой подход определяет безвредность воды, но не характеризует её физиологическую полноценность, которая должна отражаться не только предельными верхними, но и нижними концентрациями компонентов, т.к. многие из них (Са, Mg и др.) мы должны получать именно из воды. Физиологическая полноценность воды учитывается требованиями к качеству третьего и четвертого отмеченных типов питьевых вод.

Гидрогеохимический тип воды определялся согласно (Отраслевой стандарт, 1986), по которому при наименовании воды учитываются компоненты с концентрациями 20 и более %-моль, а перечисление анионов и катионов идет в порядке возрастания их содержаний.

Результаты и их обсуждение

Вода Волжского водозабора у потребителей отличается благоприятным макрокомпонентным составом (Табл. 1). Она умеренно минерализована (0,3-0,5 г/дм³), довольно мягкая (жесткость 4,4-6 ммоль/дм³), что определяется особенностями состава воды Куйбышевского водохранилища, минерализация которой в летнюю межень обычно не превышает 0,4 г/дм³, а жесткость – 4-5 ммоль/дм³. Но органолептические свойства этой воды, как ранее отмечалось, далеко не идеальны. Некоторые флуктуации её химического состава в разных частях города определяются вариациями времени опробования, а также протяженностью и состоянием водопроводных сетей.

Подземные воды пермских отложений, используемые

для централизованного ХПВ, отличаются повышенной минерализацией и жесткостью, отчего страдают жители пос. Аки, Дербышки, Нагорный, куда вода подается с Акинского водозабора. Одноименный родник, дренирующий терригенно-карбонатные образования верхнеказанского подъяруса, характеризуется жестковатой водой (7,8 ммоль/дм³). При этом качество воды Акинского родника превышает таковое других известных родников, где лимитирующими их питьевого использования в дополнение к жесткости могут выступать и сверхпредельные содержания соединений азота, органических веществ, железа и ряда тяжелых металлов.

Следует особо остановиться на качестве воды, реализуемой в специализированных киосках «Ключ Здоровья». Она имеет гидрокарбонатный натриевый (содовый) состав и отличается крайне низкой жесткостью – 0,1-0,2 ммоль/дм³. Это обуславливает физиологическую неполноценность данной воды, т.к. минимальное суммарное содержание в воде крайне необходимых нам ионов Са и Mg должно быть не менее 1,5 ммоль/дм³. Поэтому воду специализированных киосков нецелесообразно употреблять детям и пожилым людям, так как ультрамягкая вода неблагоприятна для развития костной системы и при проявлении сердечно-сосудистых и др. заболеваний. Отмеченные особенности состава этой воды определяются тем, что она является продуктом многоступенчатой очистки (озонирование, обезжелезивание, умягчение и др.) подземных вод пермских отложений, отбираемых в районе г. Арска Республики Татарстан. В природных же условиях РТ, характеризующихся широким развитием в верхней части геологического разреза относительно хорошо растворимых карбонатных и, реже, сульфатных соединений кальция и магния (известняки, доломиты, гипсы), формирование такого типа вод маловероятно. Здесь только жесткость атмосферных осадков составляет как минимум 0,2 ммоль/дм³, а их даже кратковременное взаимодействие с почвами и хорошо промытыми плиоцен-четвертичными глинисто-песчаными

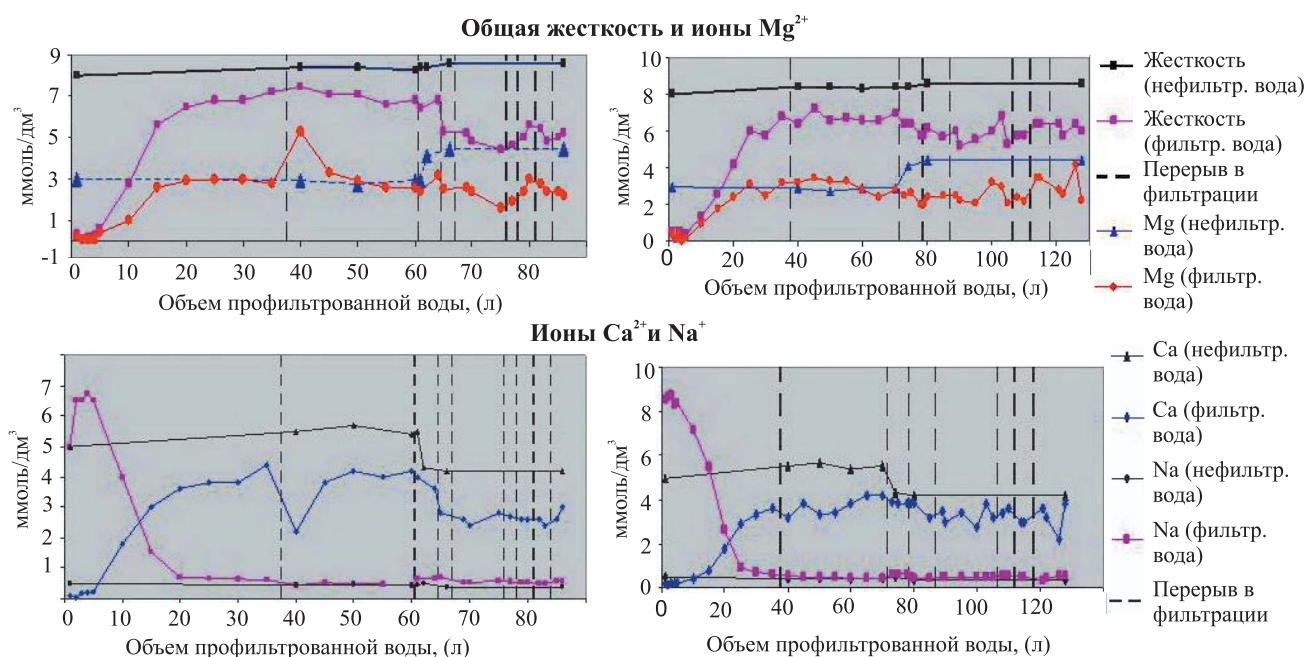


Рис. Изменение содержаний ионов магния, кальция, натрия и значений общей жесткости (в ммоль/дм³) в ходе фильтрации умеренно жесткой водопроводной воды (левые рисунки – «Аквафор», правые – «Барьер»).

породами приводит к увеличению жёсткости неглубоко залегающих подземных вод до 0,8-1 ммоль/дм³, взаимодействие же с пермскими отложениями – как минимум до 2-3 ммоль/дм³ (Мусин и др., 2013).

Особенностью бутилированных негазированных вод является то, что из 21 проанализированных наиболее популярных торговых марок лишь единичные типы отвечают водам высшей категории качества, хотя стоимость воды во многих случаях довольно значительная (Табл. 2). Также неблагоприятным фактом выступает то, что качество некоторых типов вод не отличается физиологической полно-

ценностью в связи с их крайне низкой жёсткостью и, реже, минерализацией. Реализуемые ультрамягкие воды, как и воды, разливаемые в киосках компании «Вамин», прошли довольно сложную водоподготовку с использованием ионно-обменных и мембранных фильтров. Особенностью первых является то, что на их выходе вода отличается нормальной минерализацией – 0,4-0,6 г/дм³, что лишь несколько ниже общего содержания первичной воды, и натриевым катионным составом – концентрации Na⁺ достигают 90-98 %-моль, при общей жёсткости 0,2-0,8 ммоль/дм³ (такими особенностями состава характеризуются воды тор-

говых марок «Бахэтле», «Вамин», «Казань 1000-летняя», «Мензелинка», «Родники России»). Мембранные же фильтры (установки обратного осмоса) на выходе дают практически дистиллированную воду, которую далее необходимо искусственно насыщать солями. В зависимости от типа и количества последних воды могут обладать варьирующими в широких пределах макрокомпонентным составом и минерализацией. Мембранные технологии водоочистки могли быть применены при подготовке вышеуказанных мягких вод, и они скорее всего использовались при водоподготовке «Аква-Минерале», судя по её крайне низкой минерализации, характерной для атмосферных осадков, и «Бон-Аква» – в связи с её сульфатно-хлоридным анионным составом при солесодержании 0,28 г/дм³, что обычно не характерно для природных вод.

Заморозке различных степеней были подвергнуты водопроводные разности воды с ул. Пионерская и пос. Дербышки (Табл. 1, 3), жёсткости которых в момент проведения анализов составляли, соответственно, 8,0-8,6 и 18,6-21,0 ммоль/дм³. Степень очистки от минеральных примесей первого типа воды варьирует от 65-75 % при степени заморозки 0,75 до 90-98 % при заморозке 0,25; а у воды пос. Дербышки соответствующие показатели составляют – от 20-60 % при степени заморозки 0,55 до 60-84 % при заморозке 0,25.

№ п/п	Разновидности вод	Формула ионного состава	Категории качества	
			обычная питьевая вода	вода более высокого пит. качества
1	Талая вода (степень заморозки 0,25)	$M_{0.08} \frac{SO_4 58 HCO_3 37 Cl 4 NO_3 1}{Ca 65 Mg 22 Na 1 2 K 1}$	+	Бутилированная первой категор.
2	Талая вода (степень заморозки 0,5)	$M_{0.1} \frac{SO_4 48 HCO_3 43 Cl 7 NO_3 2}{Ca 62 Mg 32 Na 5 K 1}$	+	Бутилированная первой категор.
3	Талая вода (степень заморозки 0,75)	$M_{0.19} \frac{SO_4 63 HCO_3 29 Cl 7 NO_3 1}{Ca 55 Mg 40 Na 5}$	+	Бутилированная первой категор.
4	Талая вода (степень заморозки 0,23)	$M_{0.33} \frac{SO_4 56 HCO_3 27 Cl 16 NO_3 1}{Ca 82 Na 10 Mg 7 K 1}$	+	Бутилированная первой категор.
5	Талая вода (степень заморозки 0,55)	$M_{0.6} \frac{SO_4 77 HCO_3 20 Cl 3}{Ca 68 Mg 21 Na 10 K 1}$	+	–
6	Фильтрован. вода (5-й литр – «Аквафор»)	$M_{0.48} \frac{SO_4 62 HCO_3 26 Cl 11 NO_3 1}{Na 81 K 10 Mg 6 Ca 3}$	+	–
7	Фильтрован. вода (15-й литр – «Аквафор»)	$M_{0.63} \frac{SO_4 66 HCO_3 25 Cl 8 NO_3 1}{Na 33 Ca 33 Mg 28 K 6}$	+	–
8	Фильтрован. вода (25-й литр – «Аквафор»)	$M_{0.6} \frac{SO_4 60 HCO_3 31 Cl 8 NO_3 1}{Ca 48 Mg 38 Na 13 K 1}$	+	–
9	Фильтрован. вода (50-й литр – «Аквафор»)	$M_{0.53} \frac{SO_4 59 HCO_3 31 Cl 9 NO_3 1}{Ca 56 Mg 38 Na 6}$	+	–
10	Фильтрован. вода (86-й литр – «Аквафор»)	$M_{0.37} \frac{SO_4 64 HCO_3 22 Cl 11 NO_3 3}{Ca 52 Mg 38 Na 10}$	+	Бутилированная первой категор.
11	Фильтрован. вода (5-й литр – «Барьер»)	$M_{0.65} \frac{SO_4 72 HCO_3 20 Cl 8}{Na 95 Ca 2 Mg 2 K 1}$	+	Бутилированная первой категор.
12	Фильтрован. вода (15-й литр – «Барьер»)	$M_{0.53} \frac{SO_4 62 HCO_3 27 Cl 10 NO_3 1}{Na 66 Mg 22 Ca 10 K 2}$	– (pH 0,99)	–
13	Фильтрован. вода (25-й литр – «Барьер»)	$M_{0.55} \frac{SO_4 64 HCO_3 27 Cl 8 NO_3 1}{Mg 50 Ca 37 Na 1 2 K 1}$	– (pH 0,99)	–
14	Фильтрован. вода (50-й литр – «Барьер»)	$M_{0.52} \frac{SO_4 58 HCO_3 31 Cl 9 NO_3 2}{Mg 50 Ca 43 Na 7}$	+	–
15	Фильтрован. вода (73-й литр – «Барьер»)	$M_{0.44} \frac{SO_4 55 HCO_3 33 Cl 11 NO_3 1}{Ca 55 Mg 36 Na 9}$	+	–
16	Фильтрован. вода (100-й литр – «Барьер»)	$M_{0.42} \frac{SO_4 60 HCO_3 29 Cl 10 NO_3 1}{Mg 49 Ca 43 Na 8}$	+	–
17	Фильтрован. вода (128-й литр – «Барьер»)	$M_{0.41} \frac{SO_4 43 HCO_3 43 Cl 12 NO_3 2}{Ca 58 Mg 34 Na 8}$	+	–
18	Фильтрован. вода (2-й литр – «Прима»)	$M_{1.48} \frac{SO_4 57 HCO_3 36 Cl 6 NO_3 1}{Na 64 Ca 24 Mg 8 K 4}$	–	–

Табл. 3. Особенности состава жесткой водопроводной воды, подвергнутой частичной заморозке и фильтрации через бытовые фильтры «Аквафор», «Барьер» и «Прима». Первые три разности талой воды получены при заморозке водопроводной воды с ул. Пионерская (Табл. 1), остальные две – воды пос. Дербышки.

Для получения безвредного и физиологически полноценного продукта степень заморозки воды типа дербышкнской должна составлять 0,25-0,3, а всех других типов казанской водопроводной воды – не менее 0,5-0,7.

Эффективность работы популярных и доступных фильтров «Аквафор» и «Барьер» с картриджами для умягчения воды проверялась на основе умеренно жёсткой воды с ул. Пионерская, а фильтр «Прима» был использован для очистки воды пос. Дербышки. Принцип действия всех трёх фильтров одинаковый. В них реализуются сорбционные процессы (на активированном угле) и ионно-обменные реакции, но их ход и результаты фильтрации довольно сильно различаются, что связано с особенностями состава использованной первичной воды.

Фильтры «Аквафор» и «Барьер» работают практически идентично. Они снижают жёсткость воды до приемлемого уровня, при этом на начальных этапах фильтрации (первые 20-40 литров водопроводной воды) её уменьшение происходит за счет ионно-обменных процессов, а потом – за счет сорбции ионов кальция и магния (Рис.). Также в ходе фильтрации снижаются в различной степени значения: минерализации (с 575-655 до 344-646 мг/дм³), рН (с 7,03-7,18 до 5,27-6,85), перманганатной окисляемости (с 7,84-8,0 до 0,32-4,0 мгО/дм³), концентраций гидрокарбонат-ионов (с 220-256 до 61-170 мг/дм³), а сульфаты и хлориды ведут себя индифферентно. Здесь неблагоприятным является поведение рН. За счет ионного обмена концентрации ионов водорода в фильтрах иногда увеличиваются до 10^{-5,3} моль/дм³, что определяет их питьевую некондиционность (норматив по рН для обычных питьевых вод 6-9). В целом, преобладающие значения рН в профильтрованных через оба фильтра водах составляют 6,0-6,3. Это допускается для обычных питьевых вод, но в водах более высокого качества значения этого показателя должны быть 6,5-8,5.

Фильтр «Прима» несмотря на свою высокую стоимость (2-3 тыс. руб.) и чрезвычайно эффективные паспортные характеристики не смог справиться с жёсткой и минерализованной водой, подаваемой в пос. Дербышки. Из 100 литров полученной профильтрованной воды ни один не отвечал питьевым стандартам (в связи с этим в таблице 3 приведены результаты лишь одного анализа). Из них первые 7-8 литров отличались гидрокарбонатно-сульфатным кальциево-натриевым составом с минерализацией около 1500 мг/дм³ (при ПДК – 1000 мг/дм³), жёсткостью – 8-12 ммоль/дм³ (ПДК – 7 ммоль/дм³) и концентрациями Na⁺ – 220-283 мг/дм³ (ПДК – 200 мг/дм³). Впоследствии жёсткость непрерывно увеличивалась и к 30 литру достигла 17 ммоль/дм³, что было ненамного ниже жёсткости первичной воды; концентрации Na⁺ достигли уровня первичных значений (~20 мг/дм³) к 35-40 литру, а гидрогеохимический тип воды стал гидрокарбонатно-сульфатным кальциевым и магниевым-кальциевым. Также фильтр «Прима» практически никак не влияет на сульфатность вод. Так содержания сульфат-иона в первичной воде составляли 574-665 мг/дм³ (ПДК – 500 мг/дм³), а в фильтрах – 478-645 мг/дм³.

Использование в бытовых условиях для очистки воды метода её частичной заморозки очень эффективно, также довольно эффективно применение ионно-обменных фильтров для доочистки водопроводной минерализованной до

800-900 мг/дм³ и умеренно жёсткой до 8-9 ммоль/дм³ воды с повышенной до 8-10 мгО/дм³ окисляемостью (для воды с более высокими значениями минерализации и жёсткости необходимы уже мембранные фильтры). Но есть и некоторые несколько негативные особенности такой очистки. При заморозке и использовании фильтров типа «Аквафор» и «Барьер» происходит не совсем благоприятная смена состава воды – меняется соотношение главных анионов и катионов. Талая и профильтрованная воды являются более сульфатными, в связи с более интенсивным выведением из раствора гидрокарбонат иона, а первые 15-20 литров фильтратов отличаются натриевым составом. Так, при заморозке и фильтрации первично гидрокарбонатных и сульфатно-гидрокарбонатных магниевых-кальциевых вод (пример с водопроводной водой с ул. Пионерская) анионный состав талой и профильтрованной воды является гидрокарбонатно-сульфатным, катионный же состав талой воды не меняется, а профильтрованной становится близким к первичному по мере увеличения её объёма (Табл. 3).

Медицинскими же исследованиями неоднократно было показано, что наиболее благоприятным является гидрокарбонатный кальциевый и магниевый-кальциевый состав питьевых вод (Иванов и др., 2010 и др.). Также при фильтрации происходит снижение рН воды, иногда ниже порогового уровня, а заморозка невысокой степени определяет крайне низкие значения минерализации и жёсткости талой воды. Кроме этого, частичное замораживание водопроводной воды или её фильтрация через указанные фильтры могут улучшить качество воды лишь до уровня бутилированных вод первой категории. Мембранные фильтры более эффективны чем ионно-обменные или сорбционные по степени обессоливания воды, но, как указывалось, профильтрованные воды далее необходимо минерализовывать, т.к. практически дистиллированная вода в физиологическом отношении является «мёртвой».

Приведенный краткий обзор качественного состояния систем ХПВ г. Казани свидетельствует о не совсем удовлетворительном положении в этой области. Подобная картина характерна и для многих других российских городов. Учитывая чрезвычайную важность проблемы качества питьевого водоснабжения, которое затрагивает интересы как отдельного гражданина, так и страны в целом, можно заключить, что без целенаправленной и жёсткой государственной политики эту проблему не решить. Единственно возможным, экологически и экономически обоснованным выходом из данной неблагоприятной ситуации является организация децентрализованного качественного питьевого водоснабжения, которое начало оформляться, большей частью стихийно, 20 лет назад. В первую очередь необходимо всемерно поощрять и поддерживать как на региональном, так и федеральном уровнях организацию разнообразных систем питьевого водоснабжения населения и ужесточить контроль за качеством бутилированной и разливаемой в специальных киосках в тару потребителя питьевой воды. Целесообразно при первом выявлении питьевой некондиционности или физиологической неполноценности бутилированных и разливаемых вод предавать широкой огласке через средства массовой информации марки воды, пункты их продаж и организаторов розлива,

а при повторном выявлении некачественности реализуемых вод лишать лицензий организаторов розлива. Следующим этапом должен стать некоторый пересмотр подходов к недропользованию в ближайшей 5–20 км зоне вокруг крупных городов. При наличии здесь водопроявлений или участков распространения высококачественных питьевых вод их водосборные площади должны в первую очередь использоваться для организации добычи и розлива воды, а также ведения экологически чистого производства – лесное хозяйство, санаторно-курортное лечение, детские летние лагеря, научно обоснованное сельское хозяйство, туризм и т.д.

Природные условия на большей части площади нашей страны пока позволяют организовать эксплуатацию высококачественных питьевых вод в окрестностях городов, что необходимо для удешевления продукции. Так, анализ гидрогеоэкологических материалов по Республике Татарстан, расположенной в зоне достаточного увлажнения, имеющей сульфатно-карбонатно-терригенный характер разреза верхней части платформенного осадочного чехла, и характеризующейся довольно высокой плотностью населения, крупных промышленных предприятий и интенсивным земледелием, показал, что проявления экологически чистых подземных вод категории высшего питьевого качества, требования к которым являются наиболее жесткими, фиксируются выше уровня основных дрен, а вероятность их выявления составляет примерно 3 %. Некоторые проявления таких вод со значительными расходами расположены в ближайших окрестностях Казани, Набережных Челнов, Елабуги, Нижнекамска, и при этом они не используются, а их водосборные площади никак не защищены (Мусин, Нуриев, 2004).

Можно брать любую воду, очищать её и (или) кондиционировать, получать сертификаты соответствия и реализовывать. Но употреблять лучше природную физиологически полноценную воду, т.к. воды искусственного состава по биологической усвояемости макро- и микроэлементов значительно уступают водам с натуральным химическим составом. Кроме этого, при кондиционировании возникают проблемы по дозированию химических веществ, а при использовании наиболее эффективных мембранных фильтров происходит и разрушение структуры воды, играющей важнейшую роль в протекании биохимических процессов (Иванов и др., 2010). При необходимости доочистки природных вод желательнее использовать лишь наиболее простые и щадящие методы (аэрирование, механическая фильтрация), не приводящие к существенному изменению их состава и свойств, а если это не позволяет довести качество воды до высокого питьевого стандарта, то необходимо сменить сам водоисточник. Не зря многие специалисты, годами проводившие исследования в области влияния разнотипных вод на здоровье населения, высказываются в следующем ключе – «Нет ничего лучше качественной природной воды того места, где живешь».

Выводы

Наиболее рациональным путем решения проблемы качества питьевого водоснабжения жителей крупных городов является жестко контролируемое расширение сферы децентрализованного водообеспечения в виде коммер-

ческой реализации бутилированных и разливаемых в специальных киосках **природных** питьевых вод, которые должны быть физиологически полноценными и доступными по цене. При этом целесообразным является периодическое освещение в средствах массовой информации состояния систем жизнеобеспечения (в т.ч. водоснабжения) населения, качества продуктов и питьевых вод, наиболее добросовестных поставщиков различных услуг и т.д. Достоверная и открытая информация приведет к тому, что более выгодно будет реализовывать качественную продукцию, в нашем случае – более качественные питьевые воды, а это вскоре проявится общим улучшением состояния медицинского благополучия населения.

Работа выполнена за счет средств субсидии, выделенной в рамках государственной поддержки Казанского (Приволжского) федерального университета в целях повышения его конкурентоспособности среди ведущих мировых научно-образовательных центров.

Литература

- Государственный доклад о состоянии природных ресурсов и об охране окружающей среды Республики Татарстан в 2005 г. Научн. ред. Н.П. Торсуев. Казань. 2006. 494 с.
- Зекцер И.С. Подземные воды как компонент окружающей среды. М.: Научный мир. 2001. 328 с.
- Иванов А.В., Амиров Н.Х., Тафеева Е.А., Давлетова Н.Х. Вода вокруг нас. Энциклопедия потребителя питьевой воды. Казань: Дом печати. 2010. 288 с.
- Иванов А.В., Тафеева Е.А., Давлетова Н.Х., Вавашкин К.В. Бутилированные питьевые воды Республики Марий Эл: гигиеническая оценка качества и технологий водоподготовки. *Сб. трудов III Межд. конг. «Чистая вода. Казань»*. Казань: «Куранты». 2012. С. 181-183.
- Мусин Р. Х., Нуриев И. С. Экологически чистые природные питьевые воды и вопросы качественного водообеспечения населения (на примере Республики Татарстан). *Вестник ТО РЭА*. № 3. 2004. С. 24-30.
- Мусин Р. Х., Файзрахманова З. Г., Загидуллина К.Р., Мусина Р. З. Вариации и условия формирования состава природных вод в отдельных регионах Татарстана. *Гидрогеология сегодня и завтра: наука, образование, практика: Мат. межд. научн. конф.* М.: МАКС Пресс. 2013. С. 334-341.
- Отраслевой стандарт. Воды подземные. Классификация по химическому составу и температуре. М.: ВСЕГИНГЕО. 1986. 12 с.
- Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества: Санитарные правила и нормы: СанПиН 2.1.4.1074-01. М.: Инф.-издат. центр Госкомсанэпиднадзора России. 2001. 111 с.
- Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды, расфасованной в емкости. Контроль качества: Санитарные правила и нормы: СанПиН 2.1.4.1116-02. М.: Инф.-издат. центр Госкомсанэпиднадзора России. 2002. 26 с.
- Плотников Н. И. Введение в экологическую гидрогеологию: Научно-методические основы и прикладные разделы. М.: Изд-во МГУ. 1998. 240 с.
- Резников А. А., Муликовская Е. П., Соколов И. Ю. Методы анализа природных вод. М.: Недра. 1970. 488 с.
- Хвашевская А. А., Копылова Ю. Г. Качество расфасованной в емкости питьевой воды г. Томска. *Геологическая эволюция взаимодействия воды с горными породами: Мат. Всерос. конф.* Томск: Изд-во НТЛ. 2012. С. 185-187.
- Шепелев В. В., Федорова С. В. Эффективный путь рационального использования ресурсов подземных вод для питьевого водоснабжения. *Ресурсы подземных вод: Современные проблемы изучения и использования: Мат. межд. научн. конф.* М.: МАКС Пресс. 2010. С. 205-210.
- Экологически чистые подземные питьевые воды (минеральные природные столовые). Рекомендации по обоснованию перспективных участков для добычи с целью промышленного розлива. М.: ГИДЭК. 1998. 31 с.

Сведения об авторах

Рустам Хадиевич Мусин – канд. геол.-мин. наук, доцент кафедры общей геологии и гидрогеологии Института геологии и нефтегазовых технологий

Никита Андреевич Курьянов – аспирант Института геологии и нефтегазовых технологий

Зиля Гайсовна Файзрахманова – аспирант Института геологии и нефтегазовых технологий

Резидя Загитовна Мусина – зав. отделом Геологического музея им. А.А. Штуkenберга

Казанский федеральный университет. 420008, Россия, Казань, ул. Кремлевская, д.4/5. Тел: (843)233-74-27.

The Quality of Water Used for Potable Water Supply Systems in Kazan

R.H. Musin, N.A. Kurlianov, Z.G. Fayzrahmanova, R.Z. Musina

Kazan (Volga region) Federal University, Kazan, Russia, e-mail: Rustam.Musin@kpfu.ru

Abstract. Potable water supply in Kazan is based on different types of water. Quality examination is conducted on the following water types: water for centralized water supply; springs water and bottled water; water sold in special kiosks; partially frozen and tap water filtered through popular filters Aquaphor, Barrier, Prima. Situation with potable water supply in the city is not entirely satisfactory. To solve this problem, we propose a controlled expansion of decentralized water supply by implementing bottled water and water sold in special kiosks, which is completely natural and affordable potable water. We also need to review approaches to subsoil use in the immediate surrounding area of 5-20 km in large cities. If high-quality potable water is displayed, their catchment areas should be used to conduct clean production, including organization of drawing and bottling water.

Keywords: quality of drinking water, bottled water, filters for purifying tap water, physiologically complete waters.

References

- Gosudarstvennyy doklad o sostoyanii prirodnikh resursov i ob okhrane okruzhayushchey sredy Respubliki Tatarstan v 2005 g [State report on the natural resources and environmental protection of the Republic of Tatarstan in 2005]. Ed. N.P. Torsuev. Kazan. 2006. 494 p.
- Zektser I.S. Podzemnye vody kak komponent okruzhayushchey sredy [Underground water as a component of the environment]. Moscow: «Nauchnyy mir» Publ. 2001. 328 p.
- Ivanov A.V., Amirov N.Kh., Tafееva E.A., Davletova N.Kh. Voda vokrug nas [Water is all around us]. Entsiklopediya potrebitelya pit'evoy vody [Encyclopedia of drinking water consumer]. Kazan: «Dom pechati» Publ. 2010. 288 p.
- Ivanov A.V., Tafееva E.A., Davletova N.Kh., Vavashkin K.V. Butilirovannye pit'evye vody Respubliki Mariy El: gigienicheskaya otsenka kachestva i tekhnologiy vodopodgotovki [Bottled drinking water of Mari El Republic: hygienic quality assessment and water treatment technologies]. *Sb. trudov III Mezhd. kongressa «Chistaya voda. Kazan'»* [Proc. III Int. Congress of «Clean Water. Kazan»]. Kazan: «Kuranty» Publ. 2012. Pp. 181-183.
- Musin R. Kh., Nuriev I. S. Ekologicheski chistye prirodnye pit'evye vody i voprosy kachestvennogo vodoobespecheniya naseleniya (na primere Respubliki Tatarstan) [Ecologically clean nature potable water and population quality water supply (on the example of the Republic of Tatarstan)]. *Vestnik TO REA*. N 3. 2004. Pp. 24-30.
- Musin R.Kh., Fayzrahmanova Z.G., Zagidullina K.R., Musina R.Z. Variatsii i usloviya formirovaniya sostava prirodnikh vod v ot-del'nykh regionakh Tatarstana [Variations and conditions of formation of natural waters in some regions of Tatarstan]. *Gidrogeologiya segodnya i zavtra: nauka, obrazovanie, praktika: Mater. mezhd. nauchn. konf.* [Hydrogeology today and tomorrow: science, education, practice: Proc. Int. Sci. Conf.]. Moscow: «MAKS Press» Publ. 2013. Pp.334-341.
- Otraslevoy standart. Vody podzemnye. Klassifikatsiya po khimicheskomu sostavu i temperature [Industry standard. Underground

water. Classification by chemical composition and temperature]. Moscow: «VSEGINGEO» Publ. 1986. 12 p.

Pit'evaya voda. Gigienicheskie trebovaniya k kachestvu vody tsentralizovannykh sistem pit'evogo vodosnabzheniya [Hygienic requirements for water quality of centralized drinking water supply]. Kontrol' kachestva: Sanitarnye pravila i normy [Quality Control: Sanitary rules and norms]: SanPiN 2.1.4.1074-01. Moscow: «Inform.-izdat. tsentr Goskomsanepidnadzora Rossii» Publ. 2001. 111 p.

Pit'evaya voda. Gigienicheskie trebovaniya k kachestvu vody, rasfasovannoy v emkosti [Hygienic requirements for water quality, packaged in a container]. Kontrol' kachestva: Sanitarnye pravila i normy [Quality Control: Sanitary rules and norms]: SanPiN 2.1.4.1116-02. Moscow: «Inform.-izdat. tsentr Goskomsanepidnadzora Rossii» Publ. 2002. 26 p.

Plotnikov N. I. Vvedenie v ekologicheskuyu gidrogeologiyu. [Introduction to environmental hydrogeology]. Moscow: «MGU» Publ. 1998. 240 p.

Reznikov A. A., Mulikovskaya E. P., Sokolov I. Yu. Metody analiza prirodnikh vod [Methods of analysis of natural waters]. Moscow: «Nedra». 1970. 488 p.

Khvashevskaya A. A., Kopylova Yu. G. Kachestvo rasfasovannoy v emkosti pit'evoy vody g. Tomsk [Quality of bottled drinking water in the tank of Tomsk]. *Geologicheskaya evolyutsiya vzaimodeystviya vody s gornymi porodami: Materialy Vseros. konf.* [Geological evolution of the interaction of water with rocks: Proc. All-Russian Conf.]. Tomsk: «NTL» Publ. 2012. Pp.185-187.

Shepelev V. V., Fedorova S. V. Effektivnyy put' ratsional'nogo ispol'zovaniya resursov podzemnykh vod dlya pit'evogo vodosnabzheniya [Effective way of groundwater rational use for drinking water supply]. *Resursy podzemnykh vod: Sovremennye problemy izucheniya i ispol'zovaniya: Materialy Mezhd. Nauchn. Konf.* [Groundwater resources: Modern problems of study and use: Proc. Int. Sci. Conf.]. Moscow: MAKS Press. 2010. Pp. 205-210.

Ekologicheski chistye podzemnye pit'evye vody (mineral'nye prirodnye stolovye) [Ecologically clean nature underground water (natural mineral table)]. Rekomendatsii po obosnovaniyu perspektivnykh uchastkov dlya dobychi s tsel'yu promyshlennogo rozliva [Recommendations on the justification of promising areas for the purpose of industrial production bottling]. Moscow: «GIDEK» Publ. 1998. 31 p.

Information about authors

Rustam Musin – Cand. Sci. (Geol. and Min.), Associate Professor, department of General Geology and Hydrogeology, Institute of Geology and Petroleum Technologies

Nikita Kurlyanov – Ph.D. student, Institute of Geology and Petroleum Technologies

Zilya Fayzrahmanova – Ph.D. student, Institute of Geology and Petroleum Technologies

Rezidya Musina – Head of Division at the Alexander Stuckenberg Geology Museum

Kazan (Volga region) Federal university
420008, Kazan, Russia, Kremlevskaya str., 4/5.
Tel: +7(843)233-74-27, +7(843)292-08-19.

Перспективная зона нефтегазоносности под аллохтонами Южного Урала

Структурно-фациальный анализ разреза глубоких скважин и изучение естественных обнажений свидетельствует о тектоническом перекрытии с востока формаций палеозоя платформенного типа, формациями орогенного типа на больших площадях западного Урала. Этот факт имеет чрезвычайно важное значение для нефтяной геологии, поскольку региональная нефтегазоносность платформенных формаций автохтонного разреза Урала установлена для всей Волго-Уральской области. Иными словами нефтегазоносный разрез платформенного типа прослеживается к востоку под аллохтонами Урала на многие десятки километров. По данным геологических съемок, бурения глубоких скважин и сейсморазведки автором составлены оригинальная структурно-геологическая карта и разрезы, пересекающие в широтном направлении весь Зилаирский синклиниорий и зону его сочленения с Предуральским краевым прогибом. Платформенные формации последнего впервые прослежены к востоку под аллохтонами на 20 км в виде меридиональной полосы от левобережья р. Белой до южной границы Республики Башкортостан на протяжении более 120 км.

Ключевые слова: нефть, газ, перспективы, шарьяж, антиклиналь, аллохтон, автохтон.

В настоящее время все крупные месторождения в Волго-Уральской области находятся на завершающей стадии разработки, а добыча нефти сокращается. Одной из возможностей стабилизации и увеличения добычи углеводородов является открытие новых месторождений в области складчатого Урала. Здесь известен ряд крупных межгорных впадин, выполненных мощными толщами осадочных пород, перспективных для поисков углеводородного сырья (Камалетдинов, Казанцев и др., 1988). На Южном Урале к ним относятся Зилаирский синклиниорий, Присакмарская зона и Кизильская зона Магнитогорского синклинория.

Зилаирский синклиниорий западного склона Южного Урала, расположен на стыке трех крупных тектонических единиц: Башкирского антиклинория, зоны Уралтау и Пред-уральского краевого прогиба. Протяженность синклинория в пределах Башкортостана 270 км, ширина 60 км (Рис. 1). На поверхности он сложен породами девона, карбона и нижней перми, сменяющимися друг друга с востока на запад, в сторону Предуральского прогиба. В бассейне р. Белая, вдоль западного крыла Зилаирского синклинория прослеживаются отложения силура и ордовика, трансгрессивно и с угловым несогласием налегающие на различные толщи рифейской группы Башкирского антиклинория.

Данные детальных геологических съемок, бурения глубоких скважин и сейсморазведки показали, что палеозойские образования, слагающие Зилаирский синклиниорий, надвинуты с востока на Предуральский краевой прогиб по пологой поверхности (Камалетдинов, 1974). Породы аллохтона и автохтона резко различаются между собой по литологическому составу, тектоническому строению, мощности и стратиграфической полноте. Мощные флишеидные формации с рифогенными известняками нижнего девона в основании располагаются структурно выше карбонатных толщ девона и карбона платформенного типа и молласс ранней перми, слагающих автохтон. В северной (горы Крака) и южной (Сакмарская зона) частях Зи-

лаирского синклинория известны крупные выходы аллохтонных офиолитов, представляющие тектонические останцы древней океанической коры Урало-Сибирского палеоокеана, сохранившиеся от размыва на поверхности зилаирской свиты верхнего девона. На местности они выражены низкогорным рельефом.

Аллохтонный комплекс представлен серией шарьяжных пластин, надвинутых с востока друг на друга. С востока на запад здесь выделяются Мурадымовская, Суюшевская и Суреньская тектонические пластины (Рис. 2).

Скважина № 18, пробуренная на Мурадымовском аллохтоне (р. Б.Ик), вскрыла под ним на глубине нижний карбон и девон, представленный слоистыми известняками платформенного типа, резко отличающимися от разновозрастных образований Мурадымовского аллохтона, показав тем самым, что платформенные формации нижнего карбона и девона прослеживаются под шарьяжами Зилаирского синклинория к востоку от Предуральского прогиба не менее чем на 20 км.

В автохтоне выделяется антиклинальная складка, названная нами Нурской (Исмагилов, 2006; 2012). Свод ее, судя по данным сейсморазведки МОГТ, располагается северовосточнее скважины № 18. Высота структуры не менее 1000 м. Ширина размаха крыльев в настоящем пересечении около 4 км.

К западу от Нурской структуры, под аллохтонами Зилаирского синклинория выявлены антиклинальные складки, по морфологии и литологическому составу слагающих их пород, близкие нефтегазоносным структурам Предуральского прогиба. В полосе среднекаменноугольных флишеидных отложений Суюшевской пластины – это Аминатауская и Йа-Синская антиклинальные структуры, а в основании Суреньской пластины Суреньская антиклиналь, сложенная известняками нижнего карбона и девона.

Далее к западу устанавливаются четыре поднадвиговые складки: Икская, Восточно-Юлдыбаевская, Западно-Юлдыбаевская и Майковская, последняя из которых не-

посредственно примыкает с востока к Саратовскому газоконденсатному месторождению Предуральского прогиба, геологический разрез и структура которого аналогичны рассмотренным выше складкам (Исмагилов, 2006; 2008).

В 20 км южнее расположен профиль глубоких скважин по р. Малая Сурень. Соотношение аллохтонной и поднадвиговой структуры в этом пересечении является сходным с вышеприведенным.

На продолжении к югу оси Нурской антиклинали здесь бурением скважин и сейсморазведкой выявлено Асташское поднадвиговое поднятие. Оно состоит из трех тектонических чешуй, сложенных карбонатными породами девона и карбона, надвинутых друг на друга с востока. К западу от названного поднятия в отложениях нижней перми, карбона и девона выявлены три антиклинали: Восточно-Муслимовская, Муслимовская и Восточно-Зириклинская, примыкающая с востока к Исимовскому газоконденсатному месторождению Предуральского прогиба (Исмагилов, 2008).

В разрезе по р. Асташ, расположенном в 5 км южнее разреза на р. Малая Сурень, стиль тектоники поднадвига сохраняется (Рис. 3).

Скважина №11, пробуренная на р. Асташ, вскрыла здесь под Мурадымовским аллохтоном две надвинутые друг на друга антиклинали Асташтамакскую и Восточно-Асташтамакскую, сложенные платформенными фациями карбона и девона. Складки эти занимают положение, соответствующее зоне Нурской структуры в разрезе на р. Б.Ик и Асташской – в разрезе на р. Малая Сурень. К западу от Асташтамакской антиклинали, как и в рассмотренных выше разрезах, следуют поднадвиговые дислокации по морфологии аналогичные таковым Предуральского

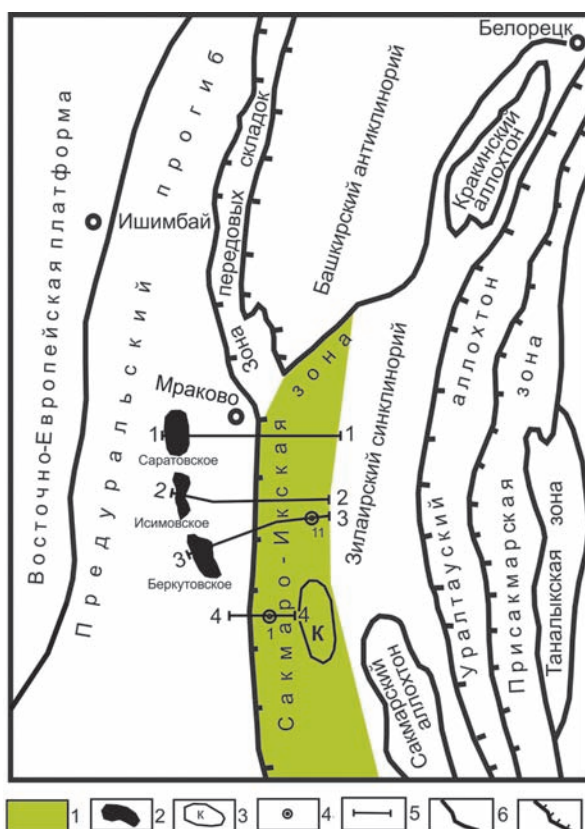


Рис. 1. Схема тектонических структур Южного Урала и Предуралья. 1 – Сакмаро-Икская зона перспективных подаллохтонных складок; 2 – газоконденсатные месторождения (Саратовское, Исимовское, Беркутовское); 3 – Касмарская антиклиналь; 4 – скважины (1 – «Богдановская», 11 – Асташская); 5 – линии профильных разрезов (1-1 «Большой Ик», 2-2 «Малая Сурень», 3-3 «Асташ», 4-4 «Чумаза»); 6 – границы структурных элементов; 7 – линии надвигов.

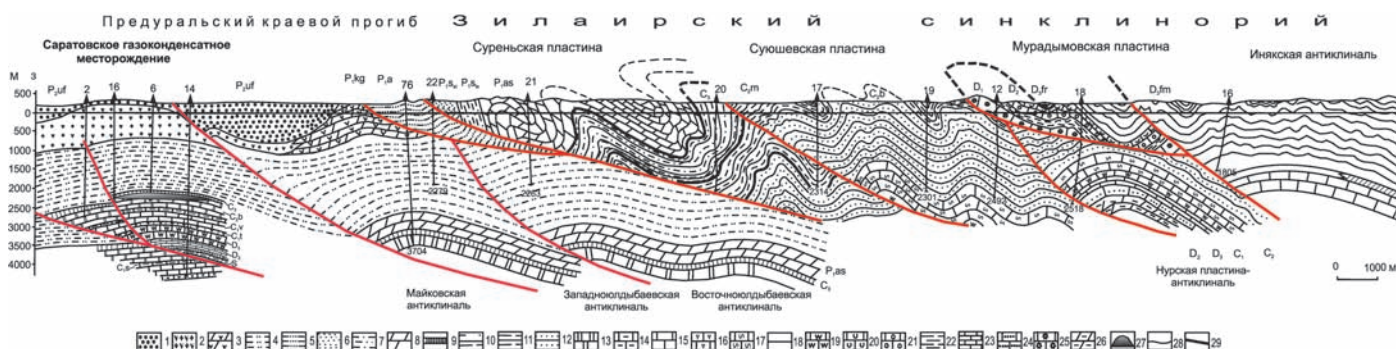


Рис. 2. Геологический разрез «Мурадымово» по линии (1-1). Составил Р.А. Исмагилов с использованием данных геологических съемок, бурения скважин и геофизики. 1 – верхняя пермь, уфимский ярус: красноцветные песчаники, аргиллиты и алевролиты; 2-8 – нижняя пермь (2 – кунгурский ярус: соленосная толща; 3 – кунгурский ярус: заглинованные песчаники, гипсы, прослои доломитов; 4 – ассельско-артинские нерасчлененные: аргиллиты, алевролиты, песчаники; 5 – артинский ярус: аргиллиты, алевролиты, песчаники; 6 – сакмарский ярус, стерлитамакский горизонт: аргиллиты и песчаники; 7 – сакмарский ярус, тастубский горизонт: песчаники, аргиллиты; 8 – ассельский ярус: известняки, мергели, прослои аргиллитов и песчаников); 9-10 – верхний карбон (9 – аргиллиты, мергели, доломиты; 10 – аргиллиты, алевролиты, песчаники); 11-13 – средний карбон (11 – московский ярус: песчаники, алевролиты, аргиллиты с прослоями известняков; 12 – башкирский ярус: аргиллиты, алевролиты, песчаники; 13 – средний карбон нерасчлененный: известняки, доломиты); 14-17 – нижний карбон (14 – серпуховский ярус: доломиты, известняки; 15 – визейский ярус: известняки, доломиты; 16 – турнейский ярус: известняки прослоями глинистые; 17 – нижний карбон нерасчлененный: известняки прослоями глинистые); 18-20 – верхний девон (18 – фаменский ярус, зилаирская серия: аргиллиты и граувакковые песчаники; 19 – фаменский и франский ярусы: известняки серые, слоистые, доломиты; 20 – франский ярус: известняки рифогенные, светлые, массивные); 21-24 – средний девон (21 – живетский и зйфельский ярусы: светлые рифогенные известняки; 22 – зйфельский ярус, мурадымовская свита: аргиллиты, песчаники, прослои известняков; 23 – живетский и бийские слои зйфельского яруса: известняки; 24 – такатинские слои: кварцевые песчаники); 25 – нижний девон: светлые рифогенные известняки; 26 – силур: аргиллиты, алевролиты, песчаники доломиты; 27 – залежь газоконденсата Саратовского месторождения; 28 – стратиграфические границы; 29 – тектонические контакты.

краевого прогиба. Восточно-Муслимовская, Муслимовская и Восточно-Зириклинская из них, являются продолжением к югу складок вскрытых скважинами на Малой Сурени. Непосредственно с запада к ним примыкает Беркутовское газоконденсатное месторождение Предураляского прогиба.

Самой южной скважиной, пробуренной на западном крыле Зилаирского синклинория, является скважина №1, заложенная в сводовой части Богдановской антиклинали, на р. Чумаза, в 42 км южнее скважины №11 Асташской площади. На глубине 1850 м, под глинисто-карбонатными отложениями нижнего карбона Мурадымовской аллохтонной пластины, она вскрыла известняки среднего и нижнего карбона автохтона. Судя по углам падения слоев в керне (25-30°), известняки слагают крыло антиклинальной складки, названной нами Богдановской глубиной (Рис. 4).

К востоку от Богдановской скважины, в полосе аллохтонных пород зилаирской свиты, геологической съемкой выявлена Касмарская антиклиналь (Рис. 1), под которой в автохтоне гравии- и сейсморазведкой обнаружено обширное Назаровское поднятие с рифейским ядром на глубине 7 км, представ-

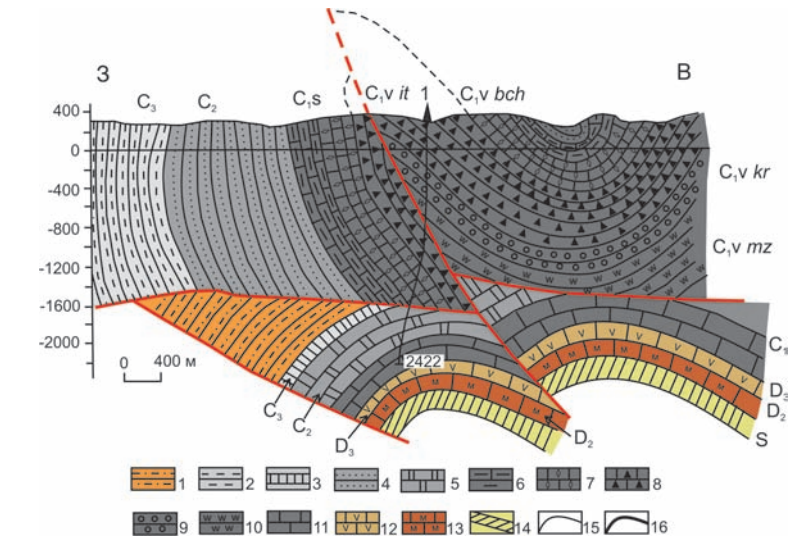


Рис. 4. Геологический разрез через Богдановскую антиклиналь р. Чумаза по данным бурения скважины №1 по линии(4-4). Составил Р.А. Исмагилов. 1 – нижняя пермь: песчаники, аргиллиты, алевролиты; 2 – верхний карбон: ритмично переслаивающиеся аргиллиты, алевролиты, песчаники; 3 – верхний карбон: аргиллиты, мергели, доломиты; 4 – средний карбон, кугарчинская свита: ритмично переслаивающиеся аргиллиты, алевролиты, песчаники; 5 – средний карбон: известняки и доломиты; 6-11 – нижний карбон: (6 серпуховский ярус, унбетовская свита: известняки, аргиллиты, песчаники; 7-10 – визейский ярус: бухарчинская свита: известняки с прослоями аргиллитов; 8 – иткуловская свита: мергели, аргиллиты, песчаники, известняки, кремни; 9 – куруильская свита: кремнистые аргиллиты и силициты; 10 – мазитовская свита: аргиллиты, песчаники; 11 – нижний карбон: известняки); 12 – верхний девон: известняки; 13 – средний девон: известняки; 14 – силур: аргиллиты, алевролиты, песчаники, доломиты; 15 – геологические границы; 16 – тектонические контакты.

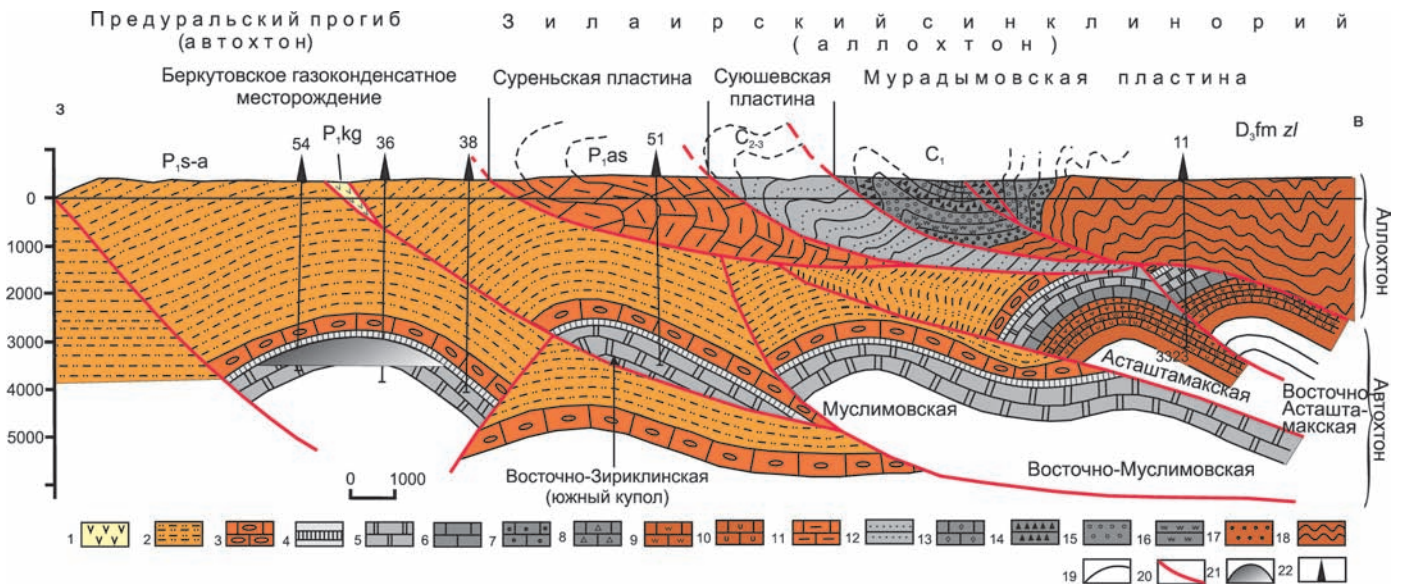


Рис. 3. Геологический разрез «Асташ» зоны сочленения Зилаирского синклинория Южного Урала с Предураляским прогибом по линии (3-3). Составил Р.А. Исмагилов по данным геологической съемки, бурения и геофизических исследований. 1-3 – нижняя пермь (1 – кунгурский ярус: гипсы, прослои доломитов; 2 – сакмарский и артинский ярусы нерасчлененные: песчаники, аргиллиты, алевролиты, прослои известняков; 3 – ассельский ярус: известняки, мергели, прослои аргиллитов и песчаников); 4 – верхний карбон: аргиллиты, мергели, доломиты; 5 – средний карбон: известняки, доломиты; 6-8 – нижний карбон (6 – визейский ярус: известняки, доломиты; 7 – визейский ярус, тульский горизонт: известняки глинистые, аргиллиты; 8 – турнейский ярус: глинистые известняки); 9-10 – верхний девон (9 – фаменский ярус: известняки серые, слоистые; 10 – франкий ярус: темно-серые, слоистые известняки); 11-18 – аллохтон: 11 – нижняя пермь, ассельский ярус: известняки с прослоями аргиллитов и песчаников); 12 – средний и верхний карбон нерасчлененные: аргиллиты, песчаники, прослои известняков; 13 – средний карбон, башкирский рус, бухарчинская свита: темно-серые известняки; 14-16 – нижний карбон (14 – визейский ярус, иткуловская свита: мергели, аргиллиты, прослои песчаников, силицитов и известняков; 15 – верхняя часть турнейского яруса, куруильская свита: кремнистые известняки и глинистые сланцы; 16 – нижняя часть турнейского яруса, мазитовская свита: мягкие, слюдяные аргиллиты, прослои песчаников, реже известняков); 17-18 – верхний девон (17 – фаменский ярус, ямашинская свита: окремненные аргиллиты и стекловидные силициты, прослои известняков; 18 – фаменский ярус, зилаирская свита: граувакковые песчаники, алевролиты, аргиллиты); 19 – геологические границы; 20 – разрывные нарушения; 21 – залежь газа; 22 – скважины.

ленным сложнодислоцированным терригенно-карбонатным комплексом (Рис. 5).

Структуры поднадвига Зилаирского синклинали, как видим, характеризуются сходным строением с нефтегазоносными антиклинальными складками Предуральского прогиба. И те и другие имеют субмеридиональное простирание, крутые крылья и приурочены к фронтальным частям региональных надвигов преимущественно восточного падения. Отличие заключается лишь в том, что антиклинали поднадвиговой зоны располагаются плотно одна к другой, а складки в Предуральском прогибе отделяются относительно широкими полосами горизонтального залегания пластов (Казанцев, 1984).

Исследования автора показали тождественность и фильтрационно-емкостных характеристик одновозрастных пород рассматриваемых смежных регионов. Коллекторы здесь представлены преимущественно плотными, трещиноватыми известняками и доломитами, уплотненность и тип пустотности которых причинно связаны с варисийским тектогенезом, проявившимся здесь в конце палеозоя. Пористость карбонатных пород, как в Предуральском прогибе, так и в поднадвиговой зоне изменяется в пределах от 1 до 7 % (Исмагилов, 2011). Содержание метана, полученное при испытании скважин в Зилаирском синклинали, колеблется от 84 до 96 % (Баймухаметов и др., 1997).

В ряде скважин, пробуренных в Зилаирском синклинали, были получены обнадеживающие результаты. В процессе испытаний поисково-разведочной скважины №2 из трещиноватых известняков среднего карбона поднадвига был получен газ, первоначальный дебит которого составил 300 000 м³/сут. Состав газа: CH₄ – 92,2 %, C₂H₆ – 2,2 %, CO₂ – 1,3 %, N₂ – 4,2 %, в том числе He – 0,054 %, Ar – 0,062 %.

В структурно-поисковой скважине № 3 дебит сухого газа из отложений зилаирской свиты верхнего девона (аллохтон) достигал 10 000 м³ в сутки. Скважина фонтанировала в течение шести суток, затем приток прекратился.

Состав газа: метан – 88,5 %, этан – 9,55 %, азот – 2,94 %, удельный вес – 0,6188 г/см³. Коллекторами являются трещиноватые аргиллиты, алевролиты и песчаники, залегающие в непосредственной близости от крупного надвигового нарушения, в интервале 1970-1874,7 м.

Притоки газа были получены и в других скважинах.

Поднадвиговая зона структур, прослеживающаяся вдоль западной границы Зилаирского синклинали, по существу, является подаллохтонным продолжением к востоку Предуральского прогиба. Ширина этой зоны, названной нами Сакмаро-Икской, не менее 20 км, а протяженность более 120 км (Исмагилов, 2008; 2014). Учитывая, что в непосредственной близости к западу от нее, в Предуральском прогибе, открыты богатые скопления газа и нефти в породах аналогичного состава и тектонического строения, следует считать, что эта зона является одной из первоочередных для поисково-разведочных работ на нефть и газ в рассматриваемом регионе.

Примечательно, что подобные поднадвиговые зоны, перспективные на поиски нефти и газа, устанавливаются практически на всем протяжении складчатой области от Южного до Полярного Урала: на Уфимском амфитеатре,

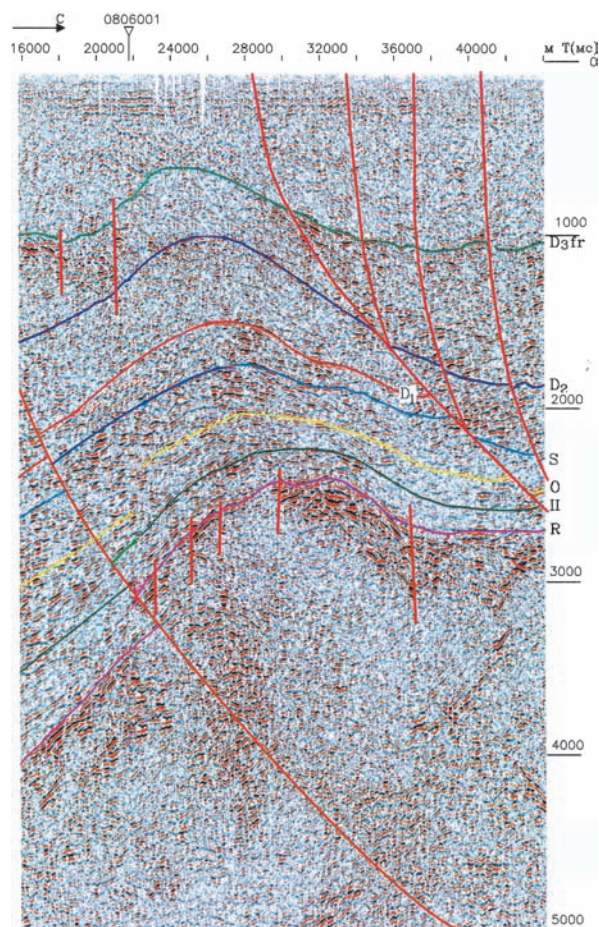


Рис. 5. Назаровское сейсмическое поднятие. По Ардашевой Т.С., Гололобову Ю.Н., Мавричеву В.Г. (2007 г.) с небольшими изменениями.

на Тимаизском и Кожимском «поднятиях», в Лемвинской и Верхнекарской зонах и на других участках.

Месторождения нефти и газа промышленного значения в области складчатого Урала пока не открыты. Вместе с тем нефтегазопроявления, обнаруженные при бурении скважин в Зилаирском синклинали, свидетельствуют о том, что здесь на глубине могут содержаться богатые скопления этого ценного сырья. Залежи нефти и газа на рассматриваемой территории могут быть обнаружены по всему разрезу развитых здесь терригенных и карбонатных пород палеозоя, как в аллохтоне, так и в автохтоне.

Согласно шарьяжно-надвиговой теории формирования земной коры (Камалетдинов 2012; Казанцева, 2010) все горно-складчатые сооружения Земли надвинуты на смежные платформенные области, прослеживающиеся под аллохтонами на десятки и сотни километров, и являющиеся перспективными зонами для поисков нефти и газа.

Литература

- Баймухаметов К.С., Викторов П.Ф., Гайнуллин К.Х., Сыртланов А.Ш. Геологическое строение и разработка нефтяных и газовых месторождений Башкортостана. Уфа: РИЦ АНК «Башнефть». 1997. 424 с.
- Исмагилов Р.А. Геология и перспективы нефтегазоносности Зилаирского синклинали Южного Урала. 2012. Уфа: АН РБ. Гилем. 184 с.
- Исмагилов Р.А. О нефтегазовом потенциале Западного склона Южного Урала. *Бурение и нефть*. №3. 2006, с.13-14.
- Исмагилов Р.А. Сакмаро-Икская зона поднадвиговых структур Зилаирского синклинали Южного Урала – новый объект для

поисков нефти и газа. *Бурение и нефть*. 5/2008. С. 27-29.

Исмагилов Р.А. Особенности регионального размещения коллекторов и нефтегазоупоров в палеозойских отложениях Волго-Уральской области. *Бурение и нефть*. № 10. 2011. С. 20-24.

Исмагилов Р.А. Перспективы нефтегазоносности Зилаирского синклиниория Южного Урала. *Бурение и нефть*. 2006. № 7-8. С. 12-13.

Исмагилов Р.А., Фархутдинов И.М., Фархутдинов А.М. Подгорные зоны передовых прогибов – перспективные объекты для поисков нефти и газа. Геология. *Изв. Отделения наук о Земле и природных ресурсов*. Уфа: Гилем. 2014. № 20. С. 36-45.

Исмагилов Р.А., Фархутдинов И.М. Проблема генезиса углеводородов: поиск продолжается. *Бурение и нефть*. 2005. № 6. С. 6-7.

Казанцева Т.Т. Аллохтонные структуры и формирование земной коры Урала. М.: Наука. 1987. 158 с.

Казанцева Т.Т., Казанцев Ю.В. Структурный фактор в теоретической геологии. Уфа: Гилем. 2010. 325 с.

Казанцев Ю.В. Структурная геология Предуральяского прогиба. М.: Наука. 1984. 185 с.

Камалетдинов М.А. Аллохтон и автохтон. *Вестник Академии наук РБ*. 2012. Т. 17. № 14. С. 17-22.

Камалетдинов М.А. К вопросу о покровной тектонике Урала в

свете новых данных. *Геотектоника*. № 1. 1965.

Камалетдинов М.А. Покровные структуры Урала. М.: Наука. 1974. 230 с.

Камалетдинов М.А., Казанцев Ю.В., Казанцева Т.Т., Постников Д.В. Шарьяжные и надвиговые структуры фундаментов платформ. М.: Наука. 1987. 184 с.

Камалетдинов М.А., Казанцева Т.Т., Казанцев Ю.В., Постников Д.В. Шарьяжно-надвиговая тектоника литосферы. Москва. 1991. 255 с.

Камалетдинов М.А., Казанцев Ю.В., Казанцева Т.Т. Геология и перспективы нефтегазоносности урала. Москва. 1988. 240 с.

Сведения об авторах

Рустем Айратович Исмагилов – канд. геол.-мин. наук, ученый секретарь научного совета «Геология нефти и газа» Академии наук Республики Башкортостан, старший научный сотрудник Института геологии Уфимского научного центра Российской академии наук.

450077, г. Уфа, ул. К. Маркса, 16/2.

Тел/факс: (347) 272-61-79.

Potential Oil and Gas Bearing Area Under Allochthon of Southern Urals

R.A. Ismagilov

Institute of Geology, Ufa Scientific Centre Russian Academy of Sciences, Ufa, Russia

E-mail: rustem_ismagilov@bk.ru

Abstract. Structural and facies analysis of deep well sections and study of natural exposure suggests tectonic overlapping of eastern part of Paleozoic platform formations by orogenic formations over large areas of their western Urals. This fact is extremely important for petroleum geology as regional oil and gas potential of platform formations of the Urals autochthon section is established for the whole Volga-Ural region. In other words oil and gas bearing section of platform type is traced to the east under allochthon of Urals over many tens of kilometers. According to geological survey, drilling of deep wells and seismic data, author has made an original structural-geological map and sections crossing in latitudinal direction the whole Zilair Synclinorium and area of its connection with the Pre-Ural fore deep. Platform formations of mentioned fore deep for the first time were traced to the east under allochthon for 20 km as meridional band from the left bank of Belyi river to the southern border of the Republic of Bashkortostan for over 120 km.

Keywords: oil, gas, prospects, overthrust, anticline, allochthon, autochthon.

References

Baymukhametov K.S., Viktorov P.F., Gaynullin K.Kh., Syrtlanov A.Sh. Geologicheskoe stroenie i razrabotka neftyanykh i gazovykh mestorozhdeniy Bashkortostana [Geological structure and development of oil and gas fields of Bashkortostan]. Ufa: «Bashneft» Publ. 1997. 424 p.

Ismagilov R.A. O neftegazovom potentsiale Zapadnogo sklona Yuzhnogo Urala [Oil and gas potential of the western slope of the

Southern Urals]. *Burenie i nefi'* [Drilling and oil]. № 3. 2006. Pp. 13-14.

Ismagilov R.A. Sakmaro-Ikkskaya zona podnadvigovykh struktur Zilairskogo sinklinoriya Yuzhnogo Urala – novyy ob'ekt dlya poiskov nefi i gaza [Sakmar-ICSCA area subthrust structures Zilair Synclinorium Southern Urals - a new facility for oil and gas exploration]. *Burenie i nefi'* [Drilling and oil]. 5/2008. Pp. 27-29.

Ismagilov R.A. Osobennosti regional'nogo razmescheniya kollektorov i neftegazouporov v paleozoyskikh otlozheniyakh Volgo-Ural'skoy oblasti [Features of regional distribution of collectors in Paleozoic deposits of the Volga-Ural region]. *Burenie i nefi'* [Drilling and oil]. № 10. 2011. Pp. 20-24.

Kazantseva T.T. Allokhtonnye struktury i formirovanie zemnoy kory Urala [Allochthonous structure and the formation of the Urals Earth crust]. Moscow: «Nauka» Publ. 1987. 158 p.

Kazantsev Yu.V. Strukturnaya geologiya Predural'skogo progiba [Structural geology of the Pre-Ural foredeep]. Moscow: «Nauka» Publ. 1984. 185 p.

Kamaletdinov M.A. K voprosu o pokrovnoy tektonike Urala v svete novykh dannykh [Urals Cover tectonics in the light of new data]. *Geotektonika* [Geotectonics]. № 1. 1965.

Kamaletdinov M.A. Pokrovnye struktury Urala [Covering structures of the Urals]. Moscow: «Nauka» Publ. 1974. 230 p.

Kamaletdinov M.A., Kazantsev Yu.V., Kazantseva T.T., Postnikov D.V. Shar'yazhnye i nadvigovye struktury fundamentov platform [Overthrust-folding and overthrust structures of platform basement]. Moscow: «Nauka» Publ. 1987. 184 p.

Information about author

Rustem Ismagilov – Cand. Sci. (Geol. and Min.), Scientific Secretary of the Academic Council «Geology of oil and gas », Senior Researcher of the Institute of Geology, Ufa Scientific Centre Russian Academy of Sciences.

450077, Russia, Ufa, K. Marks str. 16/2.

Tel: (347) 272-61-79.

Сдвиговые дуплексы Ганеевского месторождения золота (Южный Урал)

Структурная позиция Ганеевского месторождения золота определяется сдвиговым дуплексом. Дуплекс образовался на правоступенчатом перекрытии левых сдвигов, ограничивающих с запада и востока зону регионального Карагайлинского разлома близмеридионального простирания, и вначале представлял собой транспрессиивную структуру. Позднее в связи с реактивированными движениями с правым знаком по Карагайлинской разломной зоне на его месте сформировался сдвиговый дуплекс растяжения. Поздние движения по времени совпадают с процессами формирования золоторудной минерализации Ганеевского месторождения. Внутри дуплекса положение месторождения подчинено общей закономерности размещения оруденения в трансенсивных дуплексах, образующихся на ступенчатых перекрытиях сдвигов и характеризующихся значительным превышением длины над шириной. Оно залегает в угле дуплексе в сдвиге, ограничивающем его с востока. В зоне сдвига золоторудная минерализация локализована в правосторонних разрывах север-северо-восточного простирания (R-сколах Риделя), разрушающих дуплекс растяжения более высокого порядка. На месторождении отчетливо выражен литологический контроль оруденения, который заключается в преимущественном развитии рудоносных разрывов в будинах кремнистых сланцев и туфоалевролитов.

Ключевые слова: трансенсивный дуплекс, сдвиг, золоторудное месторождение, рудовмещающий разлом.

Сдвиговые дуплексы представляют собой разрывные структуры, образованные двумя субпараллельными сдвигами (главными разломами) и диагональными к ним чешуйчатыми вторичными разрывами (Woodcock, Fisher, 1986). Выделяются сдвиговые дуплексы сжатия и растяжения. Для первых из них характерны ассоциации вторичных надвигов, взбросов и косых разрывов с надвиговой (взбросовой) компонентой смещения, образующих по вертикали позитивные цветочные структуры (структуры «пальмового дерева») (Рис. 1А) (Silvester, 1988). Дуплексам растяжения свойственны парагенезисы вторичных сдвигов, сбросов, сдвиго-сбросов и сбросо-сдвигов, формирующих в вертикальном разрезе негативные цветочные структуры («тюльпановидные» структуры) (Рис. 1Б).

Сдвиговые дуплексы возникают главным образом на изгибах и ступенчатых перекрытиях разломов. Тип формирующегося дуплекса зависит от соотношений направления изгиба или знака эшелонирования (право- или ле-

воступенчатого) разломов и знака сдвиговых смещений. На изгибах разломов, препятствующих сдвиговым смещениям, возникают условия локальной транспрессии (сочетание деформаций простого сдвига и сжатия), приводящей к формированию дуплексов сжатия (транспрессиивных дуплексов) (Рис. 1А). На изгибах, способствующих сдвиговым смещениям, в обстановке локальной трансенсии (сочетание деформаций простого сдвига и растяжения) формируются дуплексы растяжения (трансенсивные дуплексы) (Рис. 1Б). Аналогичная ситуация имеет место и на ступенчатых перекрытиях разломов. При совпадении знака эшелонирования разрывных нарушений и знака сдвигового смещения в области перекрытия под действием трансенсивных деформаций образуются дуплексы растяжения. В противном случае в обстановке транспрессии развиваются дуплексы сжатия. Детальное строение и условия образования сдвиговых дуплексов рассмотрены в работах М.Т. Swanson (1989), N.H. Woodcock и M. Fisher (1986).

Сдвиговые дуплексы относятся к широко распространенному, но пока еще недостаточно полно изученному типу рудовмещающих структур. Они установлены в различных по возрасту и геодинамике металлогенических провинциях на рудных полях медно-порфировых, гидротермальных жильных полиметаллических, скарновых, эпи- мезотермальных золотых месторождений (Знаменский, Серавкин, 2005; Лазарев и др., 2012; Фридовский, 1999; Cox, Chamberlain, 1997; Drew, 2005; и др.). По нашим данным сдвиговые дуплексы определяют структурные условия локализации золотого оруденения Ганеевского месторождения.

Месторождение находится в северной части Магнитогорской мегазоны Южного Урала на Буйдинском участке, расположенном в 12-22 км юго-восточнее города Учалы Республики Башкортостан (Рис. 2). Оно локализовано в зоне регионального Карагайлинского разлома близмеридионального простирания, ограничивающего Буйдинский участок с запада. В пределах

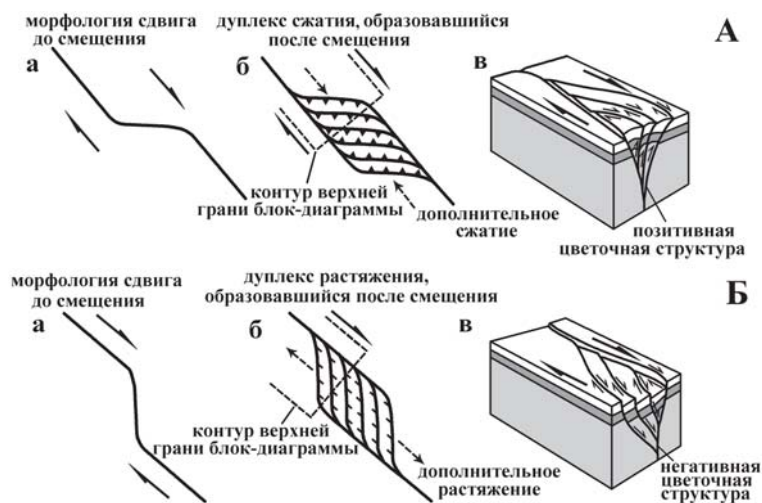


Рис. 1. Примеры строения дуплексов сжатия (А) и растяжения (Б), образовавшихся на изгибах сдвигов (Woodcock, Fisher, 1986). а, б – план, в – блок-диаграмма.

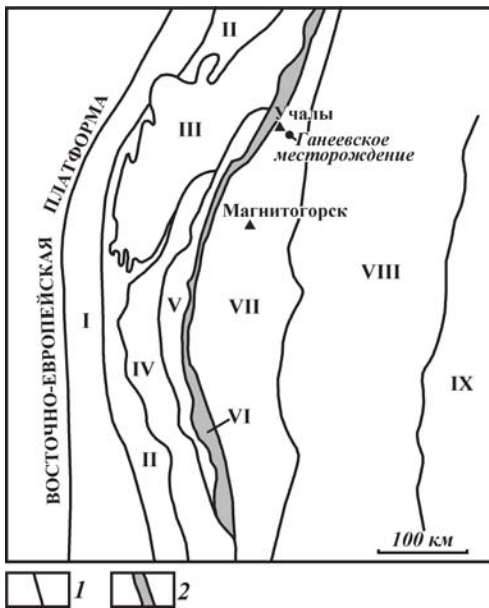


Рис. 2. Схема, иллюстрирующая положение Ганеевского месторождения в региональных тектонических структурах. 1 – границы региональных тектонических структур; 2 – зона Главного Уральского разлома. I – Предуральский краевой прогиб, II – Западно-Уральская внешняя зона складчатости, III – Башкирский антиклинорий, IV – Зилаирский синклинорий, V – Уралтауский антиклинорий, VI – зона Главного Уральского разлома, VII – Магнитогорская мезагона (синформа), VIII – Урало-Тобольская мезагона, IX – Зауральская мезагона.

участка разлом проходит вдоль контакта вулканогенных и вулканогенно-осадочных отложений карамалыташской (D_2) и улутауской (D_{2-3}) свит с расположенной восточнее толщей диабазов и их брекчий, предположительно относящихся к поляковскому комплексу (O_2) (Рис. 3). Стратифицированные отложения прорваны многочисленными дайками габбро-диабазов, габбро, габбро-диоритов и диоритов неизвестного возраста.

Изучением месторождения в процессе прогнозно-поисковых, поисково-разведочных и тематических работ занимались Б.Г. и С.Б. Галиуллыны, С.В. Сурин,

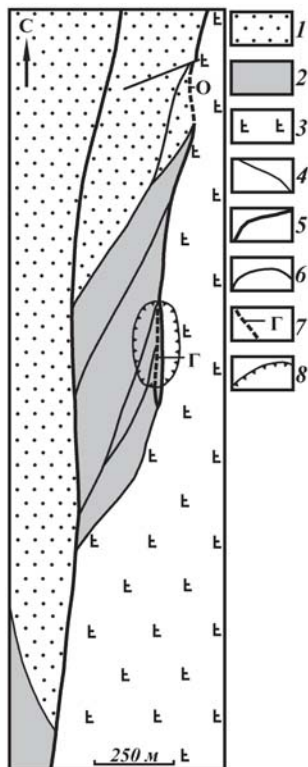


Рис. 3. Схема геолого-структурной позиции Ганеевского месторождения (составлена с использованием данных ОАО «Башкиргеология»). 1 – вулканогенно-осадочные отложения улутауской свиты (D_{2-3}); 2 – вулканогенные и вулканогенно-осадочные породы карамалыташской свиты (D_2); 3 – диабазы и их брекчии (O_2); 4 – геологические границы; 5–6 – главные сдвиги (5) и вторичные разрывы (6), образующие дуплекс Карагайлинской разломной зоны; 7 – рудные зоны; 8 – эксплуатационный карьер Ганеевского месторождения.

М.В. Смирнов, Л.А. Логинова и другие геологи ОАО «Башкиргеология». Специальные геолого-структурные исследования на месторождении не проводились. Зона окисления месторождения отработана карьером ЗАО НПФ «Башкирская золотодобывающая компания». Эксплуатационные работы были завершены в 2012 г.

Автором настоящей статьи выполнены структурное картирование обнаженных участков зоны Карагайлинского разлома и уступов эксплуатационного карьера Ганеевского месторождения, документация керн поисково-разведочных скважин, дешифрирование аэрофотоснимков масштаба 1:10000 и 1:17000 и анализ материалов предыдущих работ. Полученные данные позволили уточнить геолого-структурную позицию, структуру и условия локализации золотого оруденения Ганеевского месторождения.

Месторождение приурочено к сдвиговому дуплексу, образовавшемуся на правоступенчатом перекрытии разрывов, ограничивающих Карагайлинскую разломную зону, в условиях левосторонних смещений по ним и вначале представлял собой транспрессивную структуру (Рис. 3). Позднее в связи с реактивированными движениями с правым знаком по Карагайлинской разломной зоне на его месте сформировался сдвиговый дуплекс растяжения. Поздние движения с правым знаком по времени совпадают с процессами формирования золоторудной минерализации Ганеевского месторождения. Более подробно кинематика и эволюция Карагайлинских разломов рассмотрены при характеристике структуры месторождения.

В плане дуплекс имеет форму линзы протяженностью по длинной север-северо-восточной оси около 1,6 км при ширине до 300 м. Тектоническая линза состоит из серии пластин, сложенных главным образом породами карамалыташской свиты. Границами тектонических пластин служат крутопадающие разрывы северо-восточного простирания. Как видно на рисунке 3, дуплекс представляет собой экзотический тектонический блок карамалыташских вулканитов, залегающий среди улутауских и поляковских отложений. Этот блок был изолирован в процессе левосторонних движений по Карагайлинскому разлому от материнских толщ среднедевонского возраста, которые в современной структуре располагаются на западном крыле разлома примерно в 1 км южнее Ганеевского месторождения.

Кроме Ганеевского месторождения в дуплексе находится Октябрьское рудопроявление золота, верхние горизонты которого отработаны ЗАО НПФ «Башкирская золотодобывающая компания». Оба золоторудных объекта локализованы в углах дуплексной структуры в разломе, ограничивающем ее с востока. На распределение локальных зон и структур растяжения, которые определяют пути движения рудоносных флюидов в дуплексах, образовавшихся на ступенчатых перекрытиях сдвигов, существенное влияние оказывает геометрия перекрытия. D.A. Rogers (1980) в серии опытов показал, что по мере увеличения соотношений длины перекрытия главных сдвигов (длины дуплекса) и расстояния между ними (ширины дуплекса) происходит смещение локальных структур растяжения из внутренних частей дуплекса в граничные разломы. Близкие результаты были получены

P. Connolly и J. Cosgrove (1999), выполнившими экспериментальные исследования условий формирования вторичных разрывов на ступенчатых перекрытиях разломов, совпадающих по знаку с направлением сдвиговых смещений. По их данным, если длина дуплекса (L) в два раза и более превышает его ширину (H), то локальные структуры растяжения возникают по периметру дуплекса: вблизи главных сдвигов и вдоль латеральных границ ступенчатого перекрытия (Рис. 4).

Результаты экспериментальных исследований хорошо согласуются с данными распределения оруденения в природных транстенсивных дуплексах с $L > H$. В этом случае месторождения локализуются преимущественно в граничных разломах и углах дуплексных структур, например, медно-порфировые и ассоциирующиеся с ними золото-содержащие полиметаллические месторождения Центрально-Словацкой вулканической области (Drew, 2005), золоторудные месторождения Западно-Йилганского региона Австралии (Cox et al., 1995) и Малокаранско-Александровской площади на Южном Урале (Знаменский, Знаменская, 2011; Знаменский, Серавкин, 2001) и многие другие. Размещение Ганеевского месторождения и Октябрьского рудопроявления в транстенсивном дуплексе, характеризующимся значительным превышением длины над шириной, подчинено тем же закономерностям.

В эксплуатационном карьере свдиг, контролирующий размещение золотого оруденения Ганеевского месторождения, представлен меридиональной разломной зоной мощностью 5-30 м, имеющей вертикальное падение (Рис. 5, 6). Восточный фланг зоны слагают интенсивно рассланцованные и смятые в мелкие конические складки туфы основного состава. Центральную часть и западный фланг сдвиговой зоны занимает дуплекс более высокого порядка. Он представляет собой тектоническую линзу слоистых кремнистых и вулканогенно-осадочных пород, ограниченную субвертикальными зонами рассланцевания с зеркалами скольжения. Дуплекс имеет протяженность по длинной меридиональной оси около 180 м при ширине до 20-25 м. По падению его длина превышает 280 м. Породы внутри дуплекса сильно деформированы. Вследствие неоднородности петрофизических свойств совместно деформируемых пород здесь широкое развитие получили структуры будинажа. Будинированию подверглись жесткие и хрупкие прослои и пачки кремнистых алевролитов и сланцев, а соседствующие

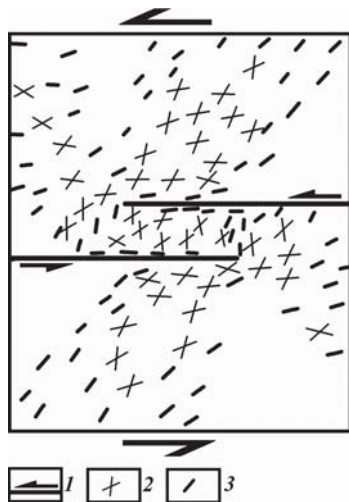


Рис. 4. Распределение вторичных сдвигов и структур растяжения во внешних зонах и внутри ступенчатого перекрытия левосторонних разломов. По данным моделирования P.Connolly, J.Cosgrove (1999). 1 – главные разломы и направление смещений по ним; 2-3 – вторичные разрывы: 2 – сдвиги; 3 – структуры растяжения.

щие с ними более пластичные тонкослоистые глинисто-кремнистые сланцы и туффиты смешанного состава (туфоалевролиты, туфопесчаники и туфогравелиты с глинисто-кремнистым цементом) были интенсивно рассланцованы, перемяты и местами превращены в тектоническую глинку. В плане будины имеют в основном форму линз, вытянутых в север-северо-восточном направлении. Их длина достигает 25-30 м, ширина – 3-4 м.

С запада к меридиональной разломной зоне примыкает серия тектонических пластин крутого юго-восточного падения. Отдельные пластины сложены туфами и туффитами основного состава, листовититами без реликтов про-

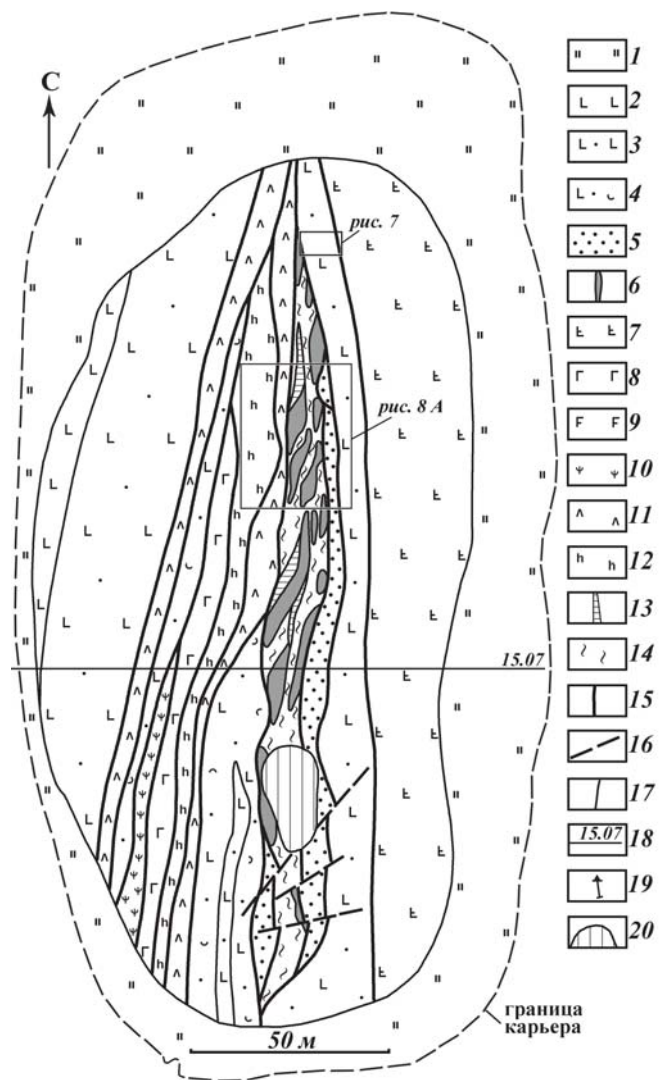


Рис. 5. Схема геологического строения карьера Ганеевского месторождения (составлена с использованием данных ЗАО НПФ «Башкирская золотодобывающая компания»). 1 – зона окисления; 2-7 – карамальташская свита (D_2e): 2 – базальты, 3 – туфы основного состава, 4 – туффиты основного состава, 5 – рассланцованные и листовитизированные глинисто-кремнистые сланцы, туфоалевролиты, туфопесчаники и туфогравелиты, 6 – минерализованные будины кремнистых туфоалевролитов и сланцев; 7 – диабазы и их брекчи ($O_2?$); 8 – габбро и габбро-диориты; 9 – габбро-диабазы; 10 – серпентиниты; 11 – листовиты; 12 – кварц-карбонат-хлоритовые сланцы; 13 – кварцевые жилы; 14 – зоны рассланцевания и смятия с глиной трения; 15 – разломы; 16 – послерудные разрывные нарушения; 17 – геологические границы; 18 – линия профиля 15.07; 19 – проекции скважин; 20 – затопленная часть карьера.

толита, кварц-карбонат-хлоритовыми сланцами, образовавшимися по обломочным породам основного состава, габброидами и серпентинитами.

В вертикальном разрезе меридиональная разломная зона и северо-восточные разломы, ограничивающие тектонические пластины, образуют узкий расходящийся кверху веер (Рис. 6). Анализ малых структурных форм (складок волочения, кинк-бандов, оперяющих трещин, структур вращения порфиробластов и др.) позволил установить две основные фазы смещений по образующим его разломам: ранних – левых взбросо-сдвиговых и поздних – правосторонних. В качестве примера можно привести данные структурного картирования меридиональной разломной зоны в северном борту карьера. Здесь в слоистых туфах основного состава развиты конические складки F_1 северо-восточного направления, на которые наложены складки F_2 такого же типа с северо-западным простиранием осей (Рис. 7). Очевидно, что формирование складок F_1 обусловлено левосторонними, а складок F_2 – правосторонними смещениями по разломной зоне. Кинематика разрывов зоны подтверждена результатами наблюдений над бороздами на зеркалах скольжения. На крутопадающих зеркалах скольжения близмеридионального простирания отчетливо проявлены две разновозрастные системы борозд. С учетом методических рекомендаций А. Николая (1992) по бороздам ранней системы реконструированы левые взбросо-сдвиговые движения (диаграмма на рис. 7). По поздним бороздам установлены правые сдвиговые или сбросо-сдвиговые смещения.

В условиях левосдвиговых дислокаций тектонический веер эволюционировал как позитивная цветочная структура. В этот период времени в меридиональной разлом-

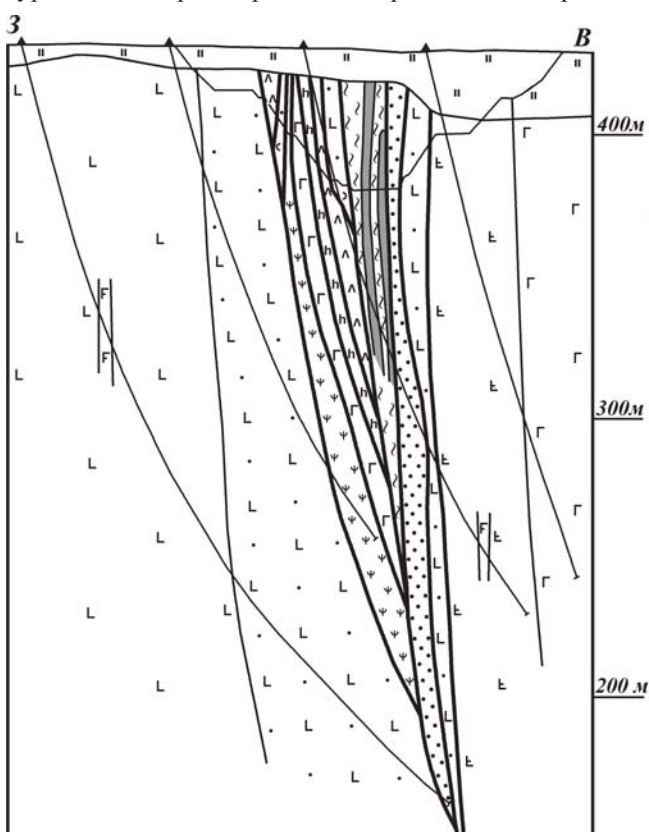


Рис. 6. Геологический разрез по профилю 15.07 (составлен с использованием данных ЗАО НПФ «Башкирская золотодобывающая компания»). Условные обозначения см. на рис. 5.

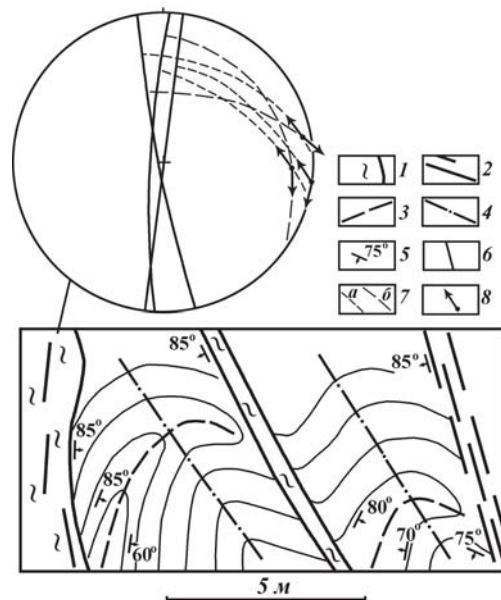


Рис. 7. Наложение поздних складок волочения F_2 на ранние складки F_1 в меридиональной разломной зоне. Диаграмма (сетка Вульфа, верхняя полусфера) векторов смещений висячих крыльев зеркал скольжения. 1 – зоны расланцевания; 2 – зеркала скольжения; 3-4 – оси складок F_1 (3) и F_2 (4); 5 – элементы залегания; 6-8 – на диаграмме проекции на верхнюю полусферу: 6 – поверхностей зеркал скольжения, 7 – плоскостей, нормальных к поверхностям зеркал скольжения и параллельных векторам ранних (а) и поздних (б) смещений, 8 – векторов смещений висячих крыльев зеркал скольжения.

ной зоне образовался дуплекс сжатия, внутри которого прослои и пачки кремнистых сланцев и туфоалевролитов подверглись будинированию. При смене знака сдвиговых движений тектонический веер, возможно, трансформировался в «тюльпановидную» структуру.

На месторождении развито оруденение трех типов (от ранних к поздним): 1) прожилково-вкрапленное сульфидно-кварцевое, 2) жильно-прожилковое сульфидно-кварц-альбитовое и 3) жильное кварцевое убогосульфидное. Сульфидно-кварцевое и убогосульфидное кварц-жильное оруденение сопровождается карбонат-серицит-кварцевыми метасоматитами. Главными минералами околорудных метасоматитов сульфидно-кварц-альбитовых руд являются пренит, карбонат, кварц и альбит. Основное промышленное значение имеют первые два типа оруденения. На месторождении широкое развитие получили дорудные листвениты кварц-карбонатного и фуксит-кварц-карбонатного состава.

Главной рудовмещающей структурой месторождения служит дуплекс, расположенный в меридиональной разломной зоне. В его пределах сульфидно-кварцевое и сульфидно-кварц-альбитовое оруденение концентрируется в будинах кремнистых сланцев и туфоалевролитов (Рис. 8А). Внутри будин золоторудная минерализация локализована в разрывах север-северо-восточного простирания (диаграмма на рис. 8). Они ориентированы под острым углом к простиранию разломов, ограничивающих дуплекс. В морфологическом отношении рудоносные нарушения представляют собой маломощные зоны расланцевания и мелких сколов, часто наследующие слоистость. В процессе минерализации по ним происходили движения с правым знаком (Рис. 8 Б). Размещение рудных столбов контроли-

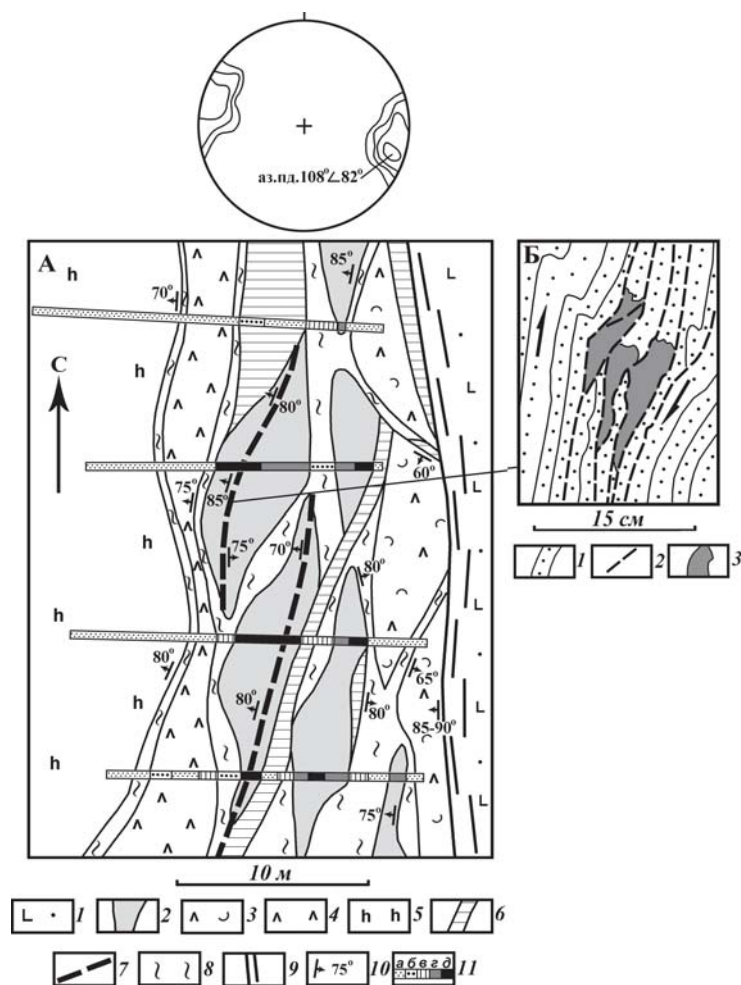


Рис. 8. Строение рудовмещающего дуплекса в северной части карьера (А) и фрагмент разрыва, вмещающего золоторудную минерализацию (Б). Диаграмма (сетка Вульфа, верхняя полу-сфера) плотностей полюсов рудоносных разрывов (34 замера, изолинии соответствуют 1-2-4-8 %). А (составлена с использованием данных ЗАО НПФ «Башкирская золотодобывающая компания»). 1 – туфы основного состава; 2 – минерализованные будины кремнистых туфоалевролитов и сланцев; 3 – литвенизитизированные и рассланцованные тонкослоистые глинисто-кремнистые сланцы, туфоалевролиты, туфопесчаники и туфогравелиты; 4 – литвенисты; 5 – кварц-карбонат-хлоритовые сланцы; 6 – кварцевые жилы; 7 – наиболее крупные разрывы (мощность показана вне масштаба), вмещающие золоторудную минерализацию; 8 – зоны интенсивного рассланцевания и смятия с глиной трения; 9 – зеркала скольжения; 10 – элементы залегания; 11 – бороздовые пробы; содержания золота в г/т (по данным ЗАО НПФ «Башкирская золотодобывающая компания»): а – < 0,4; б – 0,4-2; в – 2-4; г – 4-10; д – > 10. Б (зарисовка с фотографии): 1 – метасоматически измененные кремнистые туфоалевролиты и сланцы с вкрапленностью пирита; 2 – зоны рассланцевания с серицитом; 3 – сульфидно-кварцевые прожилки.

руется изгибами разрывов с большим азимутом простирания. По положению и кинематике рудовмещающие разрывы соответствуют R-сколам Риделя (синтетическим сдвигам) зон правого сдвига (Silvester, 1988). Таким образом, структурные данные свидетельствуют о формировании сульфидно-кварцевой и сульфидно-кварц-альбитовой минерализации в условиях поздних правосторонних смещений по меридиональной разломной зоне. С поздними движениями связано формирование в рудовмещающем дуп-

лексе вторичного парагенезиса R-сколов Риделя, характерного для дуплексных структур растяжения (Woodcock, Fisher, 1986).

В размещении жильно-кварцевого оруденения ведущую роль играют структурные факторы. Кварцевые жилы локализованы в меридиональных сдвигах и северо-восточных трещинах отрыва. Судя по ориентировке трещин отрыва, во время образования золоторудных жил по меридиональной разломной зоне продолжались смещения с правым знаком.

Послерудная тектоника на Ганеевском месторождении проявлена слабо и существенного влияния на его структуру не оказывает. К числу наиболее крупных послерудных разломов относится сдвиг северо-восточного простирания, расположенный в южном борту карьера. Он смещает с правым знаком рудовмещающий дуплекс на расстояние около 5 м.

Как видно из приведенных данных, ведущим фактором структурного контроля золотого оруденения Ганеевского месторождения служили сдвиговые деформации. Геолого-структурная позиция месторождения определяется сдвиговым дуплексом растяжения, образовавшимся в зоне регионального Карагайлинского разлома на ступенчатом перекрытии сдвигов на месте транспрессивной структуры этого типа. Внутри дуплекса положение месторождения подчинено общей закономерности размещения оруденения в трансенсивных дуплексах, образующихся на ступенчатых перекрытиях сдвигов и характеризующихся значительным превышением длины над шириной. Оно залегает в сдвиге, ограничивающем дуплекс. В зоне этого сдвига золоторудная минерализация локализована в правосторонних разрывах северсеверо-восточного простирания (R-сколах Риделя), разрушающих дуплекс растяжения более высокого порядка. На месторождении отчетливо выражен литологический контроль оруденения, который заключается в преимущественном развитии рудоносных разрывов в будинах кремнистых сланцев и туфоалевролитов.

Автор признателен главному геологу ЗАО НПФ «Башкирская золотодобывающая компания» И.Б. Фадиной за помощь в проведении работ в эксплуатационном карьере.

Литература

- Connolly P., Cosgrove J. Prediction of fracture-induced permeability and fluid flow in the crust using experimental stress data. *American Association of Petroleum Geologist Bulletin*. 1999. V. 83. № 5. Pp. 757-777.
- Cox S.C., Chamberlain C. P. Structure and fluid migration in late Cenozoic duplex system forming the Main Divide in the central Southern Alps, New Zealand. *New Zealand Journal of Geology and Geophysics*. 1997. V. 40. Pp. 359-373.
- Cox S.F., Sun S.S., Etheridge M.A. et al. Structural and geochemical controls on the development of turbidite hosted gold quartz vein deposits, Wattle Gully Mine, central Victoria, Australia. *Economic Geology*. 1995. V. 90. Pp. 1722-1746.
- Drew L.J. Tectonic Model for the Spatial Occurrence of Porphyry Copper and Polymetallic Vein Deposits – Applications to Central Europe. *U.S. Geological Survey Scientific Investigations Report 2005-5272*. 2005. 36 p.
- Rogers D.A. Analysis of pull-apart basin development produced by en echelon strike-slip faults. Sedimentation in oblique-slip mobile zones: *Int. Association of Sedimentologist Special Publication 4*. 1980. Pp. 27-41.
- Swanson M.T. Structural duplexing in the strike-slip

environment. *U.S. Geological Survey Open-File Report* 89-315. 1989. Pp. 376-385.

Sylvester A.G. Strike-slip faults. *Geological Society of America Bulletin*. 1988. V. 100. № 11. Pp. 1666-1703.

Woodcock N.H., Fisher M. Strike-slip duplexes. *J. of Structural Geology*. 1986. V. 8. № 7. Pp. 725-735.

Знаменский С.Е., Знаменская Н.М. Рудовмещающие трансформационные дуплексы золото-кварцевых и золото-сульфидно-кварцевых месторождений Южного Урала. *Литосфера*. 2011. № 1. С. 94-105.

Знаменский С.Е., Серавкин И.Б. «Структурная ловушка» золоторудного месторождения Кочкарь (Южный Урал). *Доклады АН*. 2005. Т. 403. № 6. С. 788-791.

Знаменский С.Е., Серавкин И.Б. Структурные условия локализации позднеколлизионных месторождений золота Магнитогорского мегаинклинория. *Руды и металлы*. 2001. № 6. С. 26-36.

Лазарев А.Б., Волков А.В., Сидоров А.А. Рудовмещающие дуплексы золоторудного орогенного месторождения Маломыр (При-

амурье). *Геология рудных месторождений*. 2012. Т. 54. № 6. С. 513-522.

Николя А. Основы деформации горных пород. М.: Мир. 1992. 167 с.

Фридовский В.Ю. Сдвиговые дуплексы месторождения Бадран (северо-восток Якутии). *Изв. ВУЗов. Геология и разведка*. 1999. № 1. С. 60-66.

Сведения об авторе

Знаменский Сергей Евгеньевич – доктор геол.-мин. наук, зав. лабораторией палеовулканологии и металлогении Института геологии Уфимского научного центра Российской академии наук (ИГ УНЦ РАН).

450077, г. Уфа, К. Маркса, 16/2.

Тел: (961)043-33-12.

Shift Duplexes of Ganeevsky Gold Field (Southern Urals)

S.E. Znamenskiy

Institute of Geology, Ufa Scientific Centre Russian Academy of Sciences, Ufa, Russia

E-mail: Znamenskiy_Sergey@mail.ru

Abstract. Structural position of Ganeevsky gold field is determined by the shift duplex. Duplex is formed on the right step overlapping of left shifts limiting from the west and east regional Karagailinsky fault area of ex-meridian course, and at first it was an overlapping structure. Later, due to the reactivated right-side movements along Karagailinsky fault area, shift expansion duplex was formed on its place. Later movements coincide in time with the formation of gold mineralization of Ganeevsky field. Inside the duplex, field location is subject to general laws of mineralization distribution in transtensional duplexes formed on the stepped overlapping of shifts and characterized by excessive length over width. It lies in a corner of duplex in a shift, limiting it from the east. In the shift zone gold mineralization is localized in right-side breaks of the north-northern-east course (Riedel R-shears) destroying expansion duplex of higher order. In the field lithological control of mineralization is clearly expressed in advantageous development of ore-bearing fractures in boudines of silicious schists and tuff siltstones.

Keywords: transtensional duplex, shift, gold field, ore-bearing fault.

References

Connolly P., Cosgrove J. Prediction of fracture-induced permeability and fluid flow in the crust using experimental stress data. *American Association of Petroleum Geologist Bulletin*. 1999. V. 83. № 5. Pp. 757-777.

Cox S.C., Chamberlain C. P. Structure and fluid migration in late Cenozoic duplex system forming the Main Divide in the central Southern Alps, New Zealand. *New Zealand Journal of Geology and Geophysics*. 1997. V. 40. Pp. 359-373.

Cox S.F., Sun S.S., Etheridge M.A. et al. Structural and geochemical controls on the development of turbidite hosted gold quartz vein deposits, Wattle Gully Mine, central Victoria, Australia. *Economic Geology*. 1995. V. 90. Pp. 1722-1746.

Drew L.J. Tectonic Model for the Spatial Occurrence of Porphyry Copper and Polimetalliferous Vein Deposits – Applications to Central Europe. *U.S. Geological Survey Scientific Investigations Report* 2005-5272. 2005. 36 p.

Rogers D.A. Analysis of pull-apart basin development produced by an echelon strike-slip faults. Sedimentation in oblique-slip mobile zones: *Int. Association of Sedimentologist Special Publication* 4. 1980. Pp. 27-41.

Swanson M.T. Structural duplexing in the strike-slip environment. *U.S. Geological Survey Open-File Report* 89-315. 1989. Pp. 376-385.

Sylvester A.G. Strike-slip faults. *Geological Society of America Bulletin*. 1988. V. 100. № 11. Pp. 1666-1703.

Woodcock N.H., Fisher M. Strike-slip duplexes. *J. of Structural Geology*. 1986. V. 8. № 7. Pp. 725-735.

Знаменский С.Е., Знаменская Н.М. Ore bearing transtensional duplexes of gold-quartz and gold-sulfide-quartz deposits of the South Urals. *Litosfera* [Lithosphere]. 2011. No. 1. Pp. 94-105. (In Russian).

Знаменский С.Е., Серавкин И.Б. «Структурная ловушка» золоторудного месторождения Кочкарь (Южный Урал) [«Structural Trap» of the Kochkar gold field (Southern Urals)]. *Doklady AN* [Proc. of the Academy of Sciences]. 2005. V. 403. N 6. Pp. 788-791.

Знаменский С.Е., Серавкин И.Б. Структурные условия локализации позднеколлизионных месторождений золота Магнитогорского мегаинклинория [Structural conditions of the late-collision gold field localization of Magnitogorsk megasyneclorium]. *Rudy i metally* [Ores and metals]. 2001. N 6. Pp. 26-36.

Лазарев А.Б., Волков А.В., Сидоров А.А. Рудовмещающие дуплексы золоторудного орогенного месторождения Маломыр (Приамурье) [Ore-bearing duplexes of the Malomyr orogenic gold fields (the Amur region)]. *Геология рудных месторождений* [Geology of ore deposits]. 2012. V. 54. N 6. Pp. 513-522.

Николя А. Основы деформации горных пород [Fundamentals of rock deformation]. Moscow: «Mir» Publ. 1992. 167 p.

Фридовский В.Ю. Сдвиговые дуплексы месторождения Бадран (северо-восток Якутии) [Shift duplexes of the Badran field (northeast Yakutiya)]. *Изв. ВУЗов. Геология и разведка* [News of the Institutions of Higher Learning. Geology and Prospecting]. 1999. N 1. Pp. 60-66.

Information about author

Sergey Znamenskiy – Dr. Sci. (Geol. and Min.), Chief of the Paleovolcanology and Metallogeny Laboratory, Institute of Geology, Ufa Scientific Centre Russian Academy of Sciences.

450077, Russia, Ufa, K. Marks. str. 16/2.

Tel: (961)043-33-12.

Краткий очерк геологии Башкирии

Геология Республики Башкортостан может быть описана в рамках пяти главных этажей, формирование которых отвечает следующим стадиям развития: архейско-раннепротерозойской (3600-1800 млн. лет), – времени формирования кристаллического фундамента платформы; позднепротерозойской (рифейско-вендской, 1800-540 млн. лет), завершившейся образованием тиманид; палеозойско-раннемезозойской (540-175 млн. лет), времени формирования уралид; среднеюрско-миоценовой платформенной (175-5 млн. лет), и плиоцен-четвертичному нео-орогенному этапу (5-0 млн. лет). Республика богата полезными ископаемыми: особую ценность представляют месторождения нефти, колчеданов, поваренной соли.

Ключевые слова: Башкирия, геология, тиманиды, уралиды, нефть, колчеданы, соли.

1. Введение

Территория Башкирии (официальное название – Республика Башкортостан (РБ)) состоит из двух контрастных структур: восточной окраины Восточно-Европейской платформы и западной части Уральского складчатого пояса. Они имеют разную историю возникновения и их формирование завершилось примерно 200 млн. лет тому назад. Граница их проходит по осевой части Предуральяского краевого прогиба.

Геология РБ может быть описана в рамках пяти главных этажей, формирование которых отвечает пяти соответствующим стадиям развития (снизу вверх) (Пучков, 2010):

1. Архейско-раннепротерозойский (3600-1800 млн. лет), отвечающий времени формирования континентального блока Волго-Уралии и его слияния с другими блоками протерозойского кратона Балтики;

2. Позднепротерозойский (рифейско-вендский, 1800-540 млн. лет), развитие которого началось с частичного разрушения кратона, образования грабенообразных прогибов в его теле и Печорского океана на его краю; закончилось формированием на месте океана складчатой области тиманид и расположенной рядом Восточно-Европейской платформы;

3. Палеозойско-раннемезозойский (540-175 млн. лет), начавшийся новым частичным разрушением континента и образованием Палеоуральского океана, и завершившийся образованием горно-складчатой области уралид;

4. Среднеюрско-миоценовый платформенный (175-5 млн. лет), связанный с эрозией гор и образованием пенепплена;

5. Плиоцен-четвертичный нео-орогенный этап (5-0 млн. лет), в течение которого произошло возрождение уральских гор.

На территории республики открыто более 3000 месторождений минерального сырья; на балансе числятся около 1700 месторождений.

Подробное описание геологии и металлогении Урала содержится в монографии автора и в ряде других изданий (Пучков, 2010; Геология и полезные ископаемые..., 2011; Салихов и др., 2000-2010).

2. Кристаллический фундамент, тиманиды и уралиды

2.1. Башкирское Предуралье

Башкирское Предуралье представляет собой часть Восточно-Европейской платформы, примыкающую к Юж-

ному Уралу. Кристаллический фундамент платформы (кратона) представлен архейско-раннепротерозойскими метаморфическими породами. Для площадного геологического изучения он доступен на Тараташском поднятии, в пределах западного склона Урала (в Челябинской области, на границе с РБ). Здесь развиты преимущественно высокометаморфизованные породы гранулитовой и амфиболитовой фаций. Судя по рисунку магнитных аномалий, в фундаменте Приуралья развиты крупные нелинейные, овальные структуры, характерные для древнейших складчатых областей. Осадочные образования платформы четко делятся на два комплекса: рифейский, принадлежащий

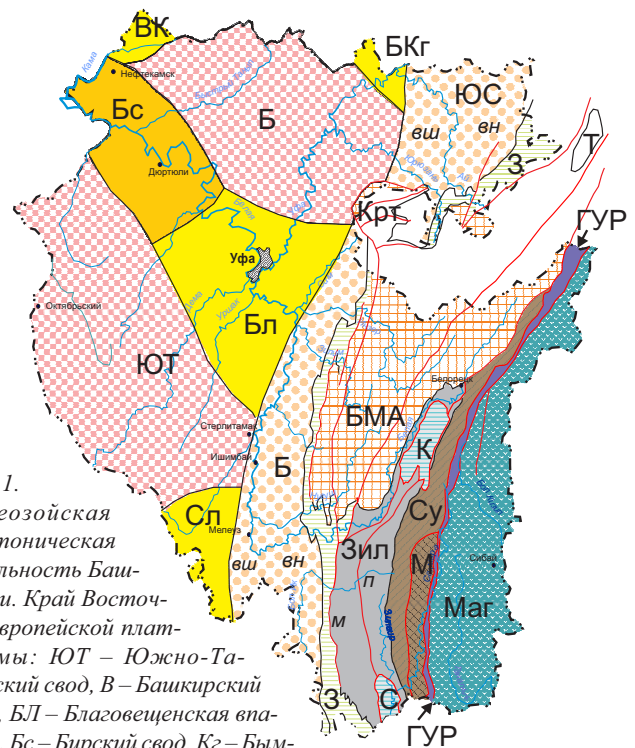


Рис. 1. Палеозойская тектоническая зональность Башкирии. Край Восточно-Европейской платформы: ЮТ – Южно-Татарский свод, В – Башкирский свод, БЛ – Благовещенская впадина, Бс – Бирский свод, БК – Бымско-Кунгурская впадина, ВК – Верхнекамская впадина, Сл – Салмышская впадина. Предуральский краевой прогиб Б – Белорецкая впадина, ЮС – Юрюзано-Сылвицкая впадина; вн – внешняя зона, вн – внутренняя зона. Урал: З – Западноуральская складчатая зона, БМА – Башкирский мегантиклинорий, Зил – Зилаирский синклиний (синформа). Аллохтоны: К – Кракинский, С – Сакмарский. Уралтауский антиклинорий (антиформа): Су – Суваянский комплекс, М – Максютковский комплекс, МАГ – Магнитогорский синклиний, ГУР – Главный Уральский Разлом. Черные линии – нормальные границы, красные – разломы.

авлакогенной (грабеновой) структуре и венд-палеозойский, относимый к собственно осадочному чехлу. Между ними, судя по сейсмическим материалам, наблюдается небольшое, но заметное на сейсмопрофилях несогласие прислоения (Пучков, Козлов, 2005).

В рифейском структурном плане выделяются два крупных авлакогена (грабена): Камско-Бельский и Серноводско-Абдулинский, заполненные рифейскими осадками; с ними граничат выступы кристаллического фундамента. Мощность разрезов рифея достигает порядка 10-11 км, увеличиваясь на восток. Рифейские отложения представлены преимущественно терригенными кварцевыми и аркозовыми толщами. Карбонатные отложения наиболее широким развитием пользуются в верхней половине нижнего рифея. Перекрывающие вендские отложения не подчиняются системе авлакогенов и поднятий, и заполняют прогиб глубиной до 1200 м, идущий вдоль Урала и Тимана. Верхи позднего венда сложены исключительно терригенными толщами.

Размещение и состав палеозойских отложений контролируются наличием двух крупных сводов: Башкирского и Татарского, разделенных Бирской седловиной и Благовещенской впадиной. С севера Татарский свод ограни-

чен Салмышской и Бузулукской впадинами (Рис. 1). Палеозойские (преимущественно девонско-пермские отложения) обычно залегают с большим стратиграфическим перерывом на более древних комплексах. Полный разрез палеозойских отложений начинается с терригенной толщи кварцевых песчаников и гравелитов эмса; вверх по разрезу они сменяются морскими мелководными карбонатными отложениями с прослоями терригенных пород девона – перми. На фоне этих толщ выделяются отложения Камско-Кинельской системы впадин. На территории РБ к ней относится Актаныш-Чишминский прогиб. Борта этого прогиба сложены верхнедевонско-нижнекаменноугольными рифовыми массивами и биогермами, тогда как центральная часть – относительно глубоководными глинистыми битуминозными (иногда горючими) сланцами, кремнями, мергелями. В раннем визе впадина была заполнена мощными песчано-глинистыми отложениями с углями, затем вновь преобладает накопление мелководных терригенно-карбонатных осадков. В конце ранней перми, преимущественно в кунгурское время, появляются эвапориты (гипсы, ангидриты) и терригенные осадки. Верхняя пермь представлена терригенными, в основном аллювиально-озерными осадками. Мощность венд-палеозойского осадочного чехла на платформе достигает 3 км.

Предуральский краевой прогиб возник в конце палеозоя на платформенном основании, с того момента, когда интенсивные напряжения и деформации, приведшие к образованию Уральского складчатого сооружения, стали распространяться на платформу, вовлекая её в процессы развития уралид. Уральский ороген надвигался на край платформы, образуя глубоководную впадину; последняя стала заполняться фли-

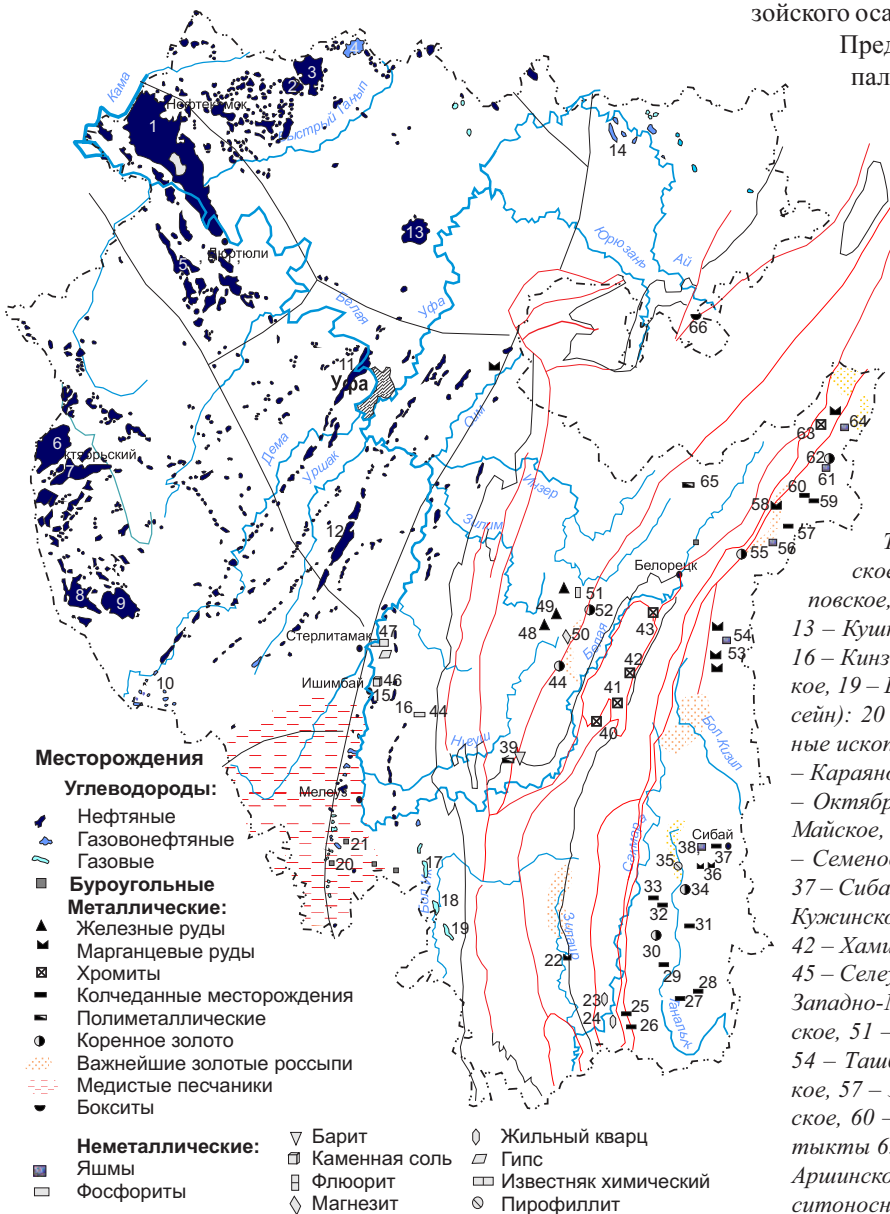


Рис. 2. Полезные ископаемые Башкирии. Показаны границы структурных зон, выделенных на рис. 1. Месторождения, отмеченные цифрами: Углеводородное сырье: 1 – Арланское, 2 – Четырманское, 3 – Югомашевское, 4 – Татышлинское, 5 – Манчаровское, 6 – Туймазинское, 7 – Серафимовское, 8 – Приютовское, 9 – Шкаповское, 10 – Дёмское, 11 – Сергеевское, 12 – Уршакское, 13 – Кушкульское, 14 – Метелинское, 15 – Ишимбайское, 16 – Кинзебулатовское, 17 – Саратовское, 18 – Исимовское, 19 – Беркутовское. Бурые угли (Южноуральский бассейн): 20 – Маячное 21 – Кумертауское. Твердые полезные ископаемые: 22 – Зилаирское, 23 – Новотроицкое, 24 – Караяновское, 25 – Ивановское, 26 – Дергамышское, 27 – Октябрьское, 28 – Подольское, 29 – Юбилейное, 30 – Майское, 31 – Балта-Тай, 32 – Тай-Тай, 33 – Бакр-Тай, 34 – Семеновское, 35 – Куль-Юрт-Тай, 36 – Файзуллинское, 37 – Сибайское и Камаганское, 38 – Старосибайское, 39 – Кужинское, 40 – Им. Менжинского, 41 – Большой Башарт, 42 – Хамитовское, 43 – Шидаевское, 44 – Горный Прииск, 45 – Селеукское, 46 – Ярбишкадакское, 47 – Шах-Тай, 48 – Западно-Майгаулинское, 49 – Туканское, 50 – Исмакаевское, 51 – Суранское, 52 – Ишлинское, 53 – Кусимовское, 54 – Таибулатовское, 55 – Миндякское, 56 – Наурузовское, 57 – Западно-Озерное, 58 – Уразовское, 59 – Учалинское, 60 – Новоучалинское, 61 – Сафаровское, 62 – Муртыкты 63 – Красовское, 64 – Тунгатарское, 65 – Верхне-Аришинское, 66 – Улуирское (часть Южно-Уральского бокситоносного района).

шевыми толщами, как результат интенсивной эрозии растущего Урала. Восточный борт прогиба захватывался уральскими деформациями, а на западе, на стабильном краю прогиба, возникали барьерные рифы. Остаточный глубоководный прогиб в кунгурское время был заполнен мощными эвапоритовыми толщами. Особенностью современной структуры прогиба является сочетание пологих, платформенных структур на западе и линейных складчато-надвиговых – на востоке (внешняя и внутренняя зоны). Большую роль играют сульфатно-соляные диапиры, выраженные в виде гребней уральского простирания. В южной части прогиба развиты триасовые груботерригенные осадки.

Главным полезным ископаемым Башкирского Предуралья является нефть (Рис. 2). За период нефтедобычи в РБ добыто более 1,4 млрд. тонн нефти. Основными продуктивными горизонтами являются девонские и раннекаменноугольные песчаники, образующие многоярусные залежи. Таково первое из крупнейших месторождений РБ, открытое в 1937 году – Туймазинское. Коллекторами являются и карбонаты, особенно принадлежащие каменноугольным рифовым и биогермным постройкам краевых зон Актаныш-Чишминского и Быско-Кунгурского прогибов. Комбинация многоярусных терригенных и карбонатных коллекторов характерна для крупнейшего Арланского месторождения. Часть месторождений приурочена к девонским коллекторам в узких зонах антиклинальных структур над линейными грабенообразными впадинами северо-северо-восточного простирания (Сергеево-Демская и др. зоны), приразломный характер которых подчеркивается их четкой линейностью. Месторождения ишимбайского типа, в рифовых массивах раннепермского возраста, прослеживаются цепочкой по западному краю Предуральского краевого прогиба. Именно здесь открыто первое в Башкирии Ишимбайское месторождение (1932 г.). По восточному краю Предуральского прогиба, уже в зоне развития передовых складок Урала, открыт ряд месторождений кинзебулатовского типа. Кинзебулатовское нефтяное месторождение приурочено к резко выраженной антиклинальной складке почти меридионального простирания, осложненной надвигами. Коллекторами нефти являются сильно трещиноватые известняки артинско-сакмарского яруса нижней перми. Южнее к этому типу относятся газовые месторождения.

В Предуральском краевом прогибе разведаны месторождения поваренной соли. Крупнейшее в России по запасам и добыче (3 млн. тонн получено в 2011 году) – Ярбишкадакское. Месторождение известняков Шах-Тау разрабатывается для производства соды и цемента.

Медистые песчаники, широко развитые в верхнепермских отложениях Южного Предуралья, разрабатывались еще в бронзовом веке. В настоящее время они не представляют интереса из-за мелкого размера рудных тел.

2.2. Башкирский Урал и Зауралье

Эти территории принадлежат складчатому сооружению уралид; их тектоническая зональность в пределах РБ несколько отличается от обычной уральской (Рис. 1). Здесь к востоку от уже рассмотренной структуры Предуральского краевого прогиба выделяются: Западноуральская зона складчатости, Башкирский мегантиклинорий (БМА), Зилаирский синклиний, антиклинорий Урал-Тау. После-

дний ограничен с востока зоной Главного Уральского разлома (ГУР).

Судя по сейсмическим данным, архейско-раннепротерозойский кристаллический фундамент Восточно-Европейской платформы прослеживается под Урал и западную часть Башкирского Зауралья. Кристаллический фундамент выходит на поверхность на севере Башкирского антиклинория – в Тараташском поднятии, где он перекрыт с угловым несогласием осадочными толщами нижнего рифея. Представлен он гранулитами, эндробитами, эвлизитами, железистыми кварцитами, гнейсами, гранитоидами и породами более низких ступеней. Наиболее древние возрасты, отвечающие палеоархею, определены U-Pb методом по цирконам в гранулитах этого поднятия (3,4-3,5 млрд. лет). Наиболее молодой возраст одного из этапов гранулитового метаморфизма неоархейский: 2792 ± 86 млн. лет. В палеопротерозое территория подверглась мощному воздействию амфиболитового метаморфизма и гранитизации. Наиболее поздний этап гранитизации датирован как 1777 ± 79 млн. лет.

Породы рифейско-вендского этажа развиты в Башкирском антиклинории, где представлены мощным (свыше 15 км) разрезом слабо измененных терригенных и карбонатных осадочных пород, сочетающихся на трех уровнях с вулканогенными толщами. Рифей делится на 4 серии (снизу вверх): нижний рифей (бурзяний), средний (юрматиний), верхний (каратавий) и завершающий (аршиний). Наличие вулканогенных толщ, относимых по петрохимическим особенностям к внутриплитным и рифтогенным (эпиконтинентальным), позволяет определить абсолютный возраст рубежей рифея. Близ основания нижнего рифея находится терригенно-вулканогенная навьшская подсвита айской свиты, датированная как 1752 ± 11 млн. лет. В основании среднего рифея в восточных районах Башкирского антиклинория залегает машакская свита, представленная кварцитовыми конгломератами, кварцевыми песчаниками, алевролитами и аргиллитами с прослоями базальтов и риолитов. Нижняя толща свиты датирована как 1380-1385 млн. лет. Толщи завершающего рифея (аршиния) исключительно терригенные и содержат конгломераты предположительно ледникового происхождения (тиллилитовидные). Вулканыты игонинской свиты аршиния датированы двумя рубежами – $707,0 \pm 2,3$ и $732,1 \pm 1,7$ млн. лет (здесь и выше – U-Pb метод по цирконам).

Венд (ашинская серия) представлен исключительно терригенными толщами. Верхняя, большая часть венда представлена полимиктовыми песчаниками, алевролитами и сланцами, с горизонтом конгломератов. Смена кварцевых и аркозовых песчаников полимиктовыми (образование молассы) означает начало орогенических движений в складчатой области тиманид, которые поставляли незрелый обломочный материал в аналог краевого прогиба в период между 570 и 540 млн. лет.

После почти повсеместного кембрийского перерыва в описываемом регионе начинается раскалывание континента (рифтогенез) и формирование пассивной континентальной окраины, открытой в Палеоуральский океан. Непрерывный разрез палеозоя начинается с ордовика, который развит преимущественно в Западноуральской зоне складчатости и Зилаирском синклинии. Ордовикско-девонские отложения относятся к двум палеотектоническим

зонам: шельфовой и батияльно-абиссальной, которые вместе характеризуют пассивную окраину Восточно-Европейского континента. Отложения шельфовой зоны принципиально не отличаются от аналогичных отложений равнинной Башкирии: они принадлежали одной платформе, но на Башкирском Урале их разрез более полон. Это песчаники, известняки, доломиты. Сюда прослеживаются и отложения Камско-Кинельского типа. На западе зоны разрез начинается с эмса; к востоку под ними появляются силурийские, а потом и ордовикские отложения. По латерали они сменяются глубоководными (батияльными) ордовикско-девонскими отложениями. Представлены песчаниками, глинистыми, углеродистыми, кремнистыми сланцами. Все песчаники обеих зон имеют кварцевый и субаркозовый состав. Глубоководные отложения, как правило, надвинуты на запад, на мелководные. Глубоководные отложения, а отчасти и мелководные, перекрываются фаменским граувакковым флишем – глубоководными полимиктовыми песчаниками, образованными склоновыми потоками и имеющими восточный источник сноса. Каменноугольные отложения представлены мелководными известняками и песчаниками, которые вверх по разрезу и по простираю на юге и севере Западноуральской зоны складчатости замещаются глубоководными глинистыми и кремнистыми сланцами, известняками и граувакковыми песчаниками флишевого облика. Раннепермские отложения на границе с Предуральским краевым прогибом представлены граувакковым флишем.

В осевой части Зилаирского синклинория залегают Кракинский и Сакмарский аллохтоны; они представлены пакетами тектонических покровов, среди которых различаются батияльные глубоководные отложения континентальной окраины, а также вулканиты, габбро и гипербазиты океанического происхождения.

Зона Урал-Тау имеет антиформную структуру и сложена двумя комплексами: слабо метаморфизованным, преимущественно кварцито-сланцевым (отчасти кремнисто-сланцевым) суваньякским, и более сложно построенным (с лежачими складками) и высоко метаморфизованным максютовским, в котором сочетаются кварцито-аркозово-сланцевые и кварцито-эклогит-глаукофансланцевые толщи. Длительное время максютовский комплекс считался среднерифейским, а суваньякский – перекрывающим его рифей-вендским. Многочисленные находки палеозойской фауны разрушили эту модель и поставили под вопрос наличие докембрийских отложений в структуре антиклинория. Суваньякский комплекс относится к батияльным (возможно, и абиссальным) отложениям континентальной окраины; в высокобарическом максютовском комплексе сочетаются приконтинентальные и океанические пластины.

Зона Главного Уральского Разлома (ГУР) представляет собой узкую полосу преимущественного развития офиолитов, представленных отдельными массивами гипербазитов, габбро, блоками с последовательными разрезами базальтоидов, датированных ордовиком-лландовери, и маломощными фрагментами разрезов кремнистых сланцев, известняков, песчаников и олистостромов без эффузивов венлока-прагиена. Блоки очень различной размерности (до многих км в длину) разделены полосами тектонизированных серпентинитов, что позволяет в целом говорить,

что ГУР представлен серпентинитовым меланжем. Зона ГУР имеет восточное падение. Ордовикско-раннедевонские отложения и кристаллические массивы, развитые в ГУР, в самом Магнитогорском синклинории практически не обнажены, залегают под мощными позднедевонско-среднекаменноугольными вулканогенно-осадочными островодужными комплексами.

Вулканогенные комплексы Магнитогорской островной дуги (МОД) хорошо изучены; их вертикальные и отчасти латеральные ряды состоят из вулканогенных формаций, в целом сопоставимых по петролого-геохимическим признакам с вулканитами современных островных дуг. Вулканогенные толщи (лавы и туфы) сочетаются с осадочными: в низах это пачки яшмоидов, во франское время появляется кремнистый флиш, в фамене преобладающее развитие получает обычный граувакковый флиш. В каменноугольных разрезах вулканиты сочетаются с терригенными породами и известняками.

Полезные ископаемые Башкирского Урала разнообразны (Рис. 2). В Западноуральской зоне, будучи приурочены к отложениям карбона и перми, присутствуют месторождения фосфоритов и марганца. На территории РБ краем заходит ЮУБР – Южноуральский бокситоносный район, где бокситы приурочены к перерыву во франских отложениях. В Башкирском Мегантиклинории (БМА) присутствуют месторождения магнетитов и сидеритов. В Зигазино-Комаровском районе известны месторождения бурых железняков в коре выветривания сланцев и сидеритов. В южной части БМА разведано Суранское месторождение флюорита. Имеются небольшие полиметаллические и баритовые месторождения. В Авзянском и Зилаирском районах известны россыпи золота и коренные месторождения, связанные с кварцевыми жилами. В Кракинских массивах имеются месторождения хромитов, преимущественно бедновкрапленных. В пределах Уралтауского антиклинория выявлены месторождения пьезокварца и несколько мелких метаморфизованных колчеданных месторождений.

В зоне ГУР в телах гипербазитов, особенно в Нуралинском массиве, разведаны небольшие месторождения хромитов. В зоне меланжа отмечается также особый, ивановский тип колчеданных месторождений, отличающихся медно-кобальт-никелевой специализацией. В зонах выветривания по гипербазитам имеются небольшие никелевые месторождения. С крупными блоками сложного строения в серпентинитовом меланже зоны ГУР связан ряд месторождений золото-сульфидной формации.

Главным богатством РБ в Зауралье являются многочисленные колчеданные месторождения. Они, по своему генезису, – аналоги современных «черных курильщиков» – горячих сульфидонасыщенных источников на дне современного океана. Главным полезным компонентом колчеданных руд является медь (15-20 % всей добычи в стране); большое значение имеет также цинк (больше половины всей российской добычи). Из сульфидного концентрата извлекается также золото.

Месторождения марганца залегают в виде линзообразных залежей среди яшм, образуя многие десятки небольших месторождений. Вместе с марганцевыми рудами встречается родонит. Большим разнообразием и высокой эстетической ценностью обладают башкирские яшмы.

В Башкирском Зауралье известен целый ряд коренных месторождений золота; часть из них уже выработана. Выделяются золото-кварцевые и золото-сульфидные месторождения с рядом подтипов.

3. Среднеюрско-миоценовый (платформенный) этаж (175-5 млн. лет). Этот этаж и этап связаны с эрозией гор и образованием пенеппена. Мезо-кайнозойские и палеогеновые отложения развиты на территории РБ очень слабо: в основном, они представлены маломощными континентальными отложениями или отсутствуют. В периоды трансгрессий (поздняя юра, поздний мел, ранний эоцен) море заходило на территорию Предуральского краевого прогиба. Отложения мезозоя и кайнозоя сохранились на территории РБ также в основании надкарстовых синклинальных структур Южно-Уральского бурогольного бассейна. Промышленно угленосными здесь являются отложения миоцена, представленные озерно-болотными и аллювиальными отложениями. Месторождения бассейна многочисленны (более 50), но каждое из них в отдельности обладает небольшими запасами.

В позднем миоцене-раннем плиоцене на территории Башкирского Предуралья имело место заложение сети переуглубленных речных долин. Вероятно, в этот период длительного выветривания и деятельности речной сети неуральского простирания формировались древние золотые россыпи. Выветривание колчеданных месторождений привело к образованию «железных шляп» с высокими содержаниями золота. В настоящее время запасы россыпного золота в РБ сильно истощены.

4. Нео-орогенический этаж (5-0 млн. лет) отвечает эпохе возрождения уральских гор. Отложения этого этапа развиты неравномерно; наибольшие мощности отмечаются в заполненных ими переуглубленных долинах предыдущего этапа. Россыпи золота, уже сформированные в те-

чение предыдущего этапа, были преобразованы, будучи подчинены вновь формировавшейся системе речных долин. К полезным ископаемым, формирование которых завершилось в современную эпоху, можно отнести подземные пластовые воды, минеральные источники, а также уникальное газеотермальное месторождение Янган-Тау. На их базе в РБ развивается сеть курортов. На современной стадии геологического развития в пределах Урала появился новый тип месторождений – техногенные.

Литература

Геология и полезные ископаемые России. Т. 1. Кн. 2. Урал. Под ред. О.А. Кондайна. СПб: ВСЕГЕИ. 2011.

Пучков В.Н. Геология Урала и Приуралья (актуальные вопросы стратиграфии, тектоники, геодинамики и металлогении). Уфа: ДизайнПолиграфСервис. 2010.

Пучков В.Н., Козлов В.И. Особенности тектоники Волго-Уральской нефтегазоносной области. *Георесурсы*. 2005. № 1. С. 24-26.

Салихов Д.Н., и др. Полезные ископаемые республики Башкортостан. Серия книг. Уфа: Гилем. 2000, 2001, 2002, 2003, 2004, 2006, 2010.

Сведения об авторе

Пучков Виктор Николаевич – доктор геол.-мин. наук, Профессор, член-корреспондент РАН, Директор Института Геологии УНЦ РАН, заведующий кафедрой геологии и геоморфологии географического факультета Башкирского государственного Университета, Заслуженный деятель науки РБ, Почетный член РосГео. Автор более 700 научных работ, в том числе 50 отдельных публикаций (монографий, препринтов, карт и др). Лауреат премии им. академика А.Д.Архангельского за региональные исследования.

Институт геологии Уфимского научного центра РАН
450077, г. Уфа, ул. К. Маркса, 16/2. Тел: (917) 344-26-01.

A Brief Sketch of Geology of Bashkortostan

V.N. Puchkov

Institute of Geology, Ufa Scientific Centre Russian Academy of Sciences, Ufa, Russia, e-mail: puchkv@ufaras.ru

Abstract. Geology of the Republic of Bashkortostan can be described in terms of five main levels, formation of which meets the following stages of development: Archean- Early Proterozoic (3600-1800 million years) – the time of the crystalline basement formation of the platform; Late Proterozoic (Riphean-Vendian, 1800-540 million years) completed by formation of timanides; Paleozoic- Early Mesozoic (540-175 million years) – the time of uralides formation; Middle-Miocene platform (175-5 million years); and Pliocene-Quaternary neo-orogenic stage (5-0 million years). The Republic is rich in minerals, of particular value are oil fields, pyrites, salt deposits.

Keywords: Bashkiria, geology, timanides, uralides, oil, pyrites, salt.

References

Geologiya i poleznye iskopaemye Rossii [Geology and Mineral Resources of Russia]. V. 1. Book 2. Ed. O.A. Kondiayna. SPb: «VSEGEI» Publ. 2011.

Puchkov V.N. Geologiya Urala i Priural'ya (aktual'nye voprosy stratigrafii, tektoniki, geodinamiki i metallogenii) [Geology of Urals (topical questions of stratigraphy, tectonics, geodynamics and metallogeny)]. Ufa: «DizaynPoligrafServis» Publ. 2010.

Puchkov V.N., Kozlov V.I. Osobennosti tektoniki Volgo-Ural'skoy neftegazonosnoy oblasti [Features of the Volga-Ural oil and gas area tectonics]. *Georesursy* [Georesources]. 2005. № 1. Pp. 24-26.

Salikhov D.N. et al. Poleznye iskopaemye respubliki Bashkortostan [Mineral resources of the Republic of Bashkortostan]. Series of books. Ufa: «Gilem» Publ. 2000, 2001, 2002, 2003, 2004, 2006, 2010.

Information about author

Viktor Puchkov – Dr. Sci. (Geol. and Min.), Professor, Director of the Institute of Geology, Ufa Scientific Centre Russian Academy of Sciences, Head of the Chair of geology and geomorphology, Bashkir State University.

450077, Russia, Ufa, K. Marks str. 16/2.

Tel: (917) 344-26-01.

Прогнозно-поисковая модель нового типа золотого оруденения Центрально-Алданского рудного района (Южная Якутия)

В кристаллических породах фундамента Центрально-Алданского рудного района выявлено рудопроявление «Дорожное», золоторудная минерализация которого позволяет отнести его к новому для Центрального Алдана типу. Проведенные минералого-петрографические исследования и анализ структурной позиции имели целью выявление особенностей формирования этого оруденения и его пространственно-временных взаимоотношений с золото-урановыми месторождениями Эльконского типа. Золотопроявление приурочено к разлому протерозойского заложения, омоложенному мезозойской тектоно-магматической активизацией; его крутопадающая зона трассируется высокотемпературными кварц-полевошпатовыми метасоматитами протерозойского возраста. Мезозойская активизация проявлена в виде зоны дробления с наложенной золото-сульфидно-кварцевой минерализацией. Это проявление имеет черты сходства с типичным для региона золото-урановым оруденением, но отличается отсутствием пирит-карбонат-калишпатовых метасоматитов, ассоциирующих с урановой минерализацией в породах фундамента. Таким образом, в региональном масштабе проявлена латеральная зональность – со сменой в кристаллическом фундаменте золото-урановых руд Эльконского типа уран-золоторудной минерализацией Фёдоровского типа и, далее, собственно золоторудной – в проявлении «Дорожное». На этой основе предложена прогнозно-поисковая модель, которая, при слабой изученности и высоком золотоносном потенциале кристаллических толщ региона, может служить ориентиром при проектировании прогнозно-поисковых и оценочных работ.

Ключевые слова: золото, метасоматиты, месторождение Подголечное, Эльконский тип оруденения, Южная Якутия.

Центрально-Алданский рудный район находится на северной окраине Алданского щита и характеризуется многоярусным геологическим строением. Нижний ярус (кристаллический фундамент) сложен раннепротерозойскими гнейсами и кристаллосланцами верхнеалданской и фёдоровской серий, которые смяты в складки и рассечены многочисленными разломами, гранитизированы и прорваны интрузиями нормальных и умеренно-щелочных калиевых гранитоидов. Верхний ярус (платформенный чехол) образован вендско-нижнекембрийскими и юрскими породами. В разрезе вендско-нижнекембрийских пород преобладают доломиты, мергели, известняки с незначительным участием известковистых песчаников. Общая мощность чехла составляет около 650 метров. Нижняя (юдомская) свита имеет вендский возраст, а четыре свиты, перекрывающие её (пестроцветная, тумулдурская, унгелинская и куторгинская) – раннекембрийский. Юрские отложения представлены аркозовыми красноцветными песчаниками, базальными и внутриформационными гравелитами, конгломератами, с прослоями сероцветных углисто-глинистых сланцев (Ветлужских и др., 2002).

С мезозойской активизацией связано широкое проявление магматических пород алданского щелочного интрузивно-вулканогенного комплекса раннеюрского-раннемелового возраста. Они представлены лейцит-щелочно-сиенитовым, монзонит-сиенитовым, фергусит-дунитовым формационными типами. Распространённой формой магматических тел являются штоки, силлы, дайки, реже встречаются неки, трубки взрыва и другие субвулканические тела (Максимов и др., 2010).

До недавнего времени все оруденение района подразделялось на две основные группы: золоторудное в породах платформенного чехла; золотоурановое в породах фундамента (Бойцов и др., 2006). Золоторудные объекты

в породах осадочного чехла давно эксплуатируются, хорошо изучены и довольно подробно описаны в ряде опубликованных работ (Ветлужских и др., 2002; Максимов и др., 2010; Бойцов и др. 2006; Крупные и суперкрупные месторождения..., 2006). В существенно меньшей степени изучены особенности месторождений, локализованных в породах кристаллического фундамента, на характеристике которых остановимся чуть подробнее.

Золотоурановое оруденение в кристаллических породах фундамента приурочено к Эльконскому рудному узлу. Здесь выявлено большое количество ураноносных зон (Южная, Северная, Сохолоохская, Интересная, Фёдоровская, Звёздная и т.д.), и разведаны 22 урановых месторождения (Крупные и суперкрупные месторождения..., 2006). Золотоурановое оруденение в породах фундамента приурочено к омоложенным в мезозое раннепротерозойским зонам северо-западного простирания (290-330°). Они маркированы протерозойскими метасоматитами кварц-ортоклаз-плагиоклазовой и кварц-альбит-микроклиновой формаций. Перечисленные домезозойские образования составляют так называемую «древнюю основу» рудоносных зон (Максимов, 2003). Эти высокотемпературные кварц-полевошпатовые метасоматиты пользуются широким распространением и образуют в нижнепротерозойских разломах протяжённые жилообразные и линзообразные тела. Они состоят в основном из микроклин-пертита (20-60%), кварца (15-50%), кислого плагиоклаза (10-40%) с небольшим количеством роговой обманки, биотита, пироксена, граната, магнетита и апатита. При относительной простоте минерального состава они отличаются весьма неустойчивыми количественными соотношениями полевых шпатов, кварца и большой изменчивостью внешнего облика, текстур и структур. В центральных частях кварц-полевошпатовых тел встречаются разности пегма-

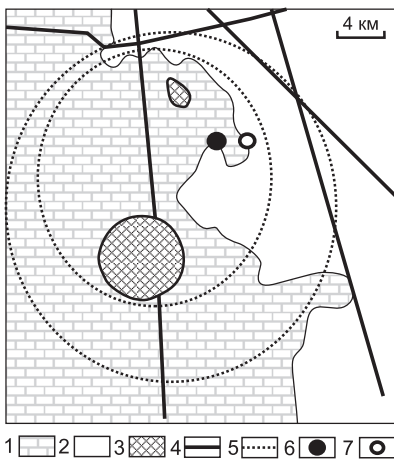


Рис. 1. Джеккондинская кольцевая структура второго порядка (Максимов и др., 2010). 1 – доломиты юдомской свиты венда; 2 – кристаллический фундамент; 3 – магматические породы алданского комплекса; 4 – крупные разломы; 5 – концентрические структуры; 6 – месторождение Подголецное; 7 – проявление Дорожное.

тоидного облика, состоящие на 60-90 % из гигантских кристаллов микроклина, крупных обособлений кварца и сростков биотита, роговой обманки, магнетита и ортита (Казанский, 1972).

Золоторудная минерализация связана, в основном, с пирит-карбонат-калишпатовыми метасоматитами мезозойского возраста. На эти метасоматиты с тонкодисперсным золотом наложен минеральный комплекс пирит-браннеритовой стадии. Содержание золота в данных метасоматитах в среднем составляет 0.1-1.7 г/т. Отличаются повышенным содержанием золота руды зоны Фёдоровская (2-10 г/т), что вызвано наложением на золотоносные метасоматиты и браннеритовые швы послебраннеритовой ассоциации кварца и карбоната с самородным золотом, серебром и сульфидами серебра (Крупные и суперкрупные..., 2006). Считается, что золотоурановое оруденение района связано с глубокими мантийными магматическими очагами, а золоторудные объекты, в том числе богатые руды зоны Фёдоровская, со вторичными малоуглубинными магматическими очагами (Крупные и суперкрупные месторождения..., 2006; Бойцов и др., 2006).

В кристаллических комплексах древнего фундамента промышленное золотое оруденение было известно лишь в пределах Эльконского горста, где оно парагенетически связано с урановыми рудами. Однако, в 2003-2006 гг. в пределах Джеккондинского рудного узла было открыто золоторудное месторождение Подголецное, в котором промышленные руды локализованы как в породах осадочного чехла, так и в архейских метаморфических комплексах (Рис. 1).

По особенностям минерального состава и характеру залегания в пределах месторождения Подголецное выделяется три типа рудных тел. Рудные тела первого типа представлены крутопадающими минерализованными зонами в катаклазированных гранито-гнейсах с наложенной среднетемпературной хлорит-серицит-кварцевой ассоциацией. Рудные тела второго типа, приуроченные к контакту пород фундамента и платформенного чехла, являются аналогами золотоносных залежей лебединского типа. Рудные тела третьего типа представлены субгоризонтальными залежами флюоритовых метасоматитов, развитых по кристаллическим породам фундамента. Открытие данного месторождения позволило говорить о золотоносном потенци-

але фундамента вне связи с урановым оруденением.

Во время проведения разведочных работ на восточном фланге месторождения Подголецное канавами была вскрыта крутопадающая минерализованная зона субширотного простирания, контролируемая тектоническим нарушением – рудопроявление Дорожное. В породах фундамента данная зона представлена кварц-полевошпатовыми метасоматитами, мощность которых достигает 15-20 метров, рудные интервалы, тяготеющие к центру зоны и достигающие 8 метров, характеризуются наложенными гидротермальными изменениями и средними содержаниями золота (2.6 г/т). В осадочном чехле зона проявляет себя окварцеванием доломитов и гидротермальным изменением силла минетт. Ни по минеральному составу, ни по структурной позиции данная минерализация не соответствуют ранее выделенным на месторождении Подголецное типам руд и, скорее всего, представляет новый самостоятельный природный тип.

Породы фундамента, представленные гранитогнейсами фёдоровской серии, сложены микроклином, плагиоклазом (андезином), кварцем, амфиболом (роговой обманкой) и биотитом. В плагиоклазе на контактах с микроклином наблюдаются многочисленные мирмекитовые вроски. По амфиболу и биотиту развит хлорит. Для микроклина характерна пелитизация, а для андезина – серицитизация и развитие эпидота. Акцессорные минералы представлены магнетитом, цирконом, апатитом, гранатом. Развитые по гранитогнейсам кварц-полевошпатовые метасоматиты характеризуются сильной вариацией количественных соотношений кварца (10-35 %), решётчатого микроклина (30-65 %) и альбита (5-35 %). Также в породе присутствует роговая обманка, биотит и пироксен, часто замещённые хлоритом. Исходя из минерального состава и приуроченности только к породам фундамента, описанные выше образования можно отнести к выделенным в Алданском районе протерозойским метасоматитам кварц-альбит-микроклиновой формации (Максимов, 2003).

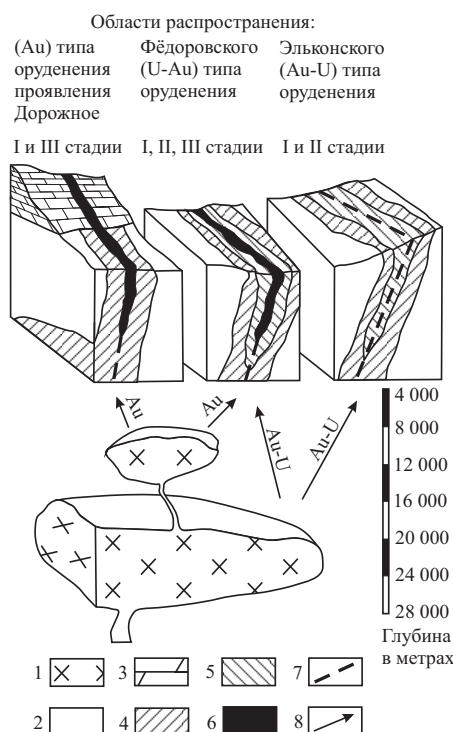


Рис. 2. Геолого-генетическая модель формирования проявления Дорожное и его связь с комплексными золотоурановыми месторождениями Эльконского горста. За основу взяты данные (Абрамов, 1995; Бойцов и др., 2006, Терехов, 2012): 1 – ярусная система магматических очагов; 2 – породы кристаллического фундамента; 3 – карбонатные породы осадочного чехла; 4 – протерозойские кварц-полевошпатовые метасоматиты (I стадия); 5 – мезозойские пирит-карбонат-калишпатовые метасоматиты (II стадия); 6 – золотоносные сульфидно-кварцевая и сульфидно-кварц-карбонатная ассоциации (III стадия); 7 – разрывные нарушения; 8 – пути движения рудоносных растворов.

Элементы модели	Месторождение
1. Литологические 1.1 Рудовмещающие образования	Архейские породы кристаллического фундамента: гранитогнейсы фёдоровской серии, гнейсы и кристаллосланцы нимырской свиты, верхнеалданской серии.
2. Структурные Рудоносные структуры Рудоконтролирующие структуры	Области влияния магматических систем второго порядка Омоложенные в мезозое разломы древнего заложения
3. Метасоматические	Протерозойские метасоматиты кварц-альбит-микроклиновой и кварц-ортоклаз-плагиоклазовой формаций, трассирующие главные рудоконтролирующие структуры. Окварцевание пород кристаллического фундамента и осадочного чехла.
4. Геохимические	Отчётливая калиевая специализация кварц-полевошпатовых метасоматитов

Табл. 1. Прогнозно-поисковая модель на тип оруденения проявления Дорожное.

Центральная часть зоны кварц-полевошпатовых метасоматитов катаклазирована. Все минералы имеют признаки воздействия динамического метаморфизма, выраженные у плагиоклазов в изгибании границ субиндивидов полисинтетических двойников, у микроклина – в искажении пертитовой решётки, у кварца – в наличии облачного и блокового погасания. Часто минералы разрушены и отчасти перетёрты. В трещинах между обломками минералов активно развивается пирит, который часто окислен и замещён гидроксидами железа, что придаёт породе красно-буроватый оттенок, и реже галенит. Повышенные содержания рудных минералов (до 15 %) приурочены к местам окварцевания катаклазитов. Более поздние безрудные кварцевые прожилки наложены на описанные выше катаклазированные гидротермально-метасоматические образования. Развитие по восстанию рудной минерализации в породы осадочного чехла и силлы минетт мезозойского возраста позволяет связывать ее с процессами мезозойской тектоно-магматической активизации.

Охарактеризованная зона имеет ряд общих признаков с проявлениями золото-урановой минерализации. Основной из них – приуроченность к омоложенному разлому протерозойского заложения, трассируемому высокотемпературными протерозойскими кварц-полевошпатовыми метасоматитами. Также, выделенный нами сульфидно-кварцевый парагенезис аналогичен, по нашему мнению, золотоносной послепаннеритовой сульфидно-кварц-карбонатной ассоциации зоны Фёдоровская. Однако, есть и существенные различия. Главное – это отсутствие характерных для золото-урановых проявлений в породах фундамента пирит-карбонат-калишпатовых метасоматитов.

Анализ полученных нами данных и существующих геолого-генетических моделей комплексного золотоуранового оруденения центрально-алданского района (Крупные и суперкрупные месторождения..., 2006; Терехов, 2012) позволяет выделить три стадии его формирования, пространственно-временные взаимоотношения которых показаны на рисунке 2.

I стадия. Формирование разломов глубинного заложения и развитие кварц-полевошпатовых метасоматитов в период раннепротерозойской тектоно-магматической активизации.

II стадия. Омоложение зон раннепротерозойского заложения и формирование пирит-карбонат-калишпатовых метасоматитов, несущих пирит-бранеритовое оруденение во время мезозойской тектоно-магматической активизации.

III стадия. Формирование золото-кварцевого и золо-

то-карбонат-кварцевого гидротермального оруденения, наложенного на более ранние метасоматические образования, на завершающем этапе мезозойской тектоно-магматической активизации.

Соотношение минерализации отдельных стадий может существенно различаться на конкретных объектах. В пределах месторождений эльконского золото-уранового типа проявились себя первые две стадии. На характеризуемом в данной работе проявлении Дорожное можно выделить первую и третью стадии. Фёдоровский тип характеризуется проявлением всех трёх стадий. Описанное нами проявление, вероятно, является членом латеральной зональности, которая в кристаллическом фундаменте выражается сменой Эльконского золото-уранового типа Фёдоровским уран-золотым и далее золоторудным типом, проявленным в пределах восточного фланга месторождения Подголецное. Данная зональность довольно хорошо объясняется моделью, которой придерживаются многие из исследователей рудных месторождений района (Абрамов, 1995; Бойцов и др., 2006; Терехов, 2012). Она подразумевает связь золотоуранового оруденения с глубокими мантийными магматическими очагами, а золотого оруденения, в том числе повышенных содержаний золота в рудах зоны Фёдоровской, со вторичными малоглубинными очагами.

Структурно-генетический анализ проявления золоторудной минерализации в породах фундамента позволяет разработать прогнозно-поисковую модель, которая для оруденения проявления Дорожное представлена в таблице 1.

Золотоносность кристаллического фундамента Центрально-Алданского района, за исключением золотоурановой минерализации Эльконского горста, изучена очень слабо. Открытие месторождения Подголецное и выявление в его пределах новых для района природных типов руд позволило расширить представления о рудоносности пород фундамента. Предложенные в настоящей работе геолого-генетическая и прогнозно-поисковая модели в условиях слабой изученности и высокого золотоносного потенциала кристаллического фундамента Центрально-Алданского рудного района могут стать основой для более эффективного планирования и осуществления поисково-оценочных работ на новый перспективный геолого-промышленный тип золотого оруденения.

Литература

Абрамов В.А. Глубинное строение Центрально-Алданского района. Владивосток: Дальнаука. 1995. 180 с.

Бойцов В.Е. Пилипенко Г.Н. Дорожкина Л.А. Модель формирования комплексных золотоурановых месторождений Централь-

но-Алданского рудного района. *Изв. ВУЗов. Геология и разведка*. 2006. № 2. С. 23-31.

Ветлужских В.Г., Казанский В.И., Кочетков А.Я., Яновский В.М. Золоторудные месторождения Центрального Алдана. *Геология рудных месторождений*. 2002. Т. 44. № 6. С. 467-499.

Казанский В.И. Рудоносные тектонические структуры активизированных областей. М.: Недра. 1972. 240 с.

Крупные и суперкрупные месторождения рудных полезных ископаемых. Т. 2. *Стратегические виды рудного сырья*. М.: ИГЕМ РАН. 2006. 672 с.

Максимов Е.П. Мезозойские рудоносные магматогенные системы Алдано-Станового щита: *дис. докт. геол.-мин. наук*. Якутск 2003. 385 с.

Максимов Е.П., Уютов В.И., Никитин В.М. Центрально-Алданская золото-урановорудная магматогенная система (Алдано-Становой щит, Россия). *Тихоокеанская геология*. 2010. Т. 29. № 2. С. 3-26.

Терехов А.В. Рудоносность гидротермально-метасоматических образований Эльконского золото-урановорудного узла (Южная Якутия): *Афтореф. дис. канд. геол.-мин. наук*. Санкт-Петербург. 2012.

Сведения об авторах

Василий Иванович Леонтьев – аспирант кафедры ГРМПИ Национального минерально-сырьевого университета «Горный»

199106, Санкт-Петербург, Васильевский остров, 21 линия, д. 2. Тел: (921) 897 55 71.

Андрей Николаевич Власов – главный геолог

ОАО «Селигдар»

678900, Республика Саха (Якутия), г. Алдан, 26 Пикет, 12. Тел: (41145) 35-3-00.

Сергей Юрьевич Степанов – студент Национального минерально-сырьевого университета «Горный»

199406, г. Санкт-Петербург, Васильевский остров, ул. Наличная, д. 46, корп. 2, к. 87.

New Forecast and Search Model of Gold Mineralization of the Central Aldan Ore Area (Southern Yakutia)

V.I. Leontev, A.N. Vlasov, S.Yu. Stepanov

¹National University of Mineral Resources (the University of Mines), Saint-Petersburg, Russia,

²JSC «Seligdar», Aldan, Russia

E-mail: leontyev@spmi.ru

Abstract. Dorozhny ore occurrence was revealed in the crystalline basement of the Central Aldan ore area, gold mineralization of which allows us to take it to a new type of mineralization for the Central Aldan. Conducted mineralogical and petrographic research and analysis of the structural position have determined the characteristics of this mineralization formation and space-time relations with gold-uranium deposits of Elkon type. Gold ore occurrence is confined to the fault of Proterozoic deposit revived by Mesozoic tectonic-magmatic activation; its steeply dipping zone is traced by high-temperature quartz-feldspar metasomatic rocks of Proterozoic age. Mesozoic activation is developed as fragmentation zone overlaid with gold-sulphide-quartz mineralization. This development has similarities with typical for the region gold-uranium mineralization, but differs by the absence of pyrite-carbonate-K-feldspar metasomatic rocks associated with uranium mineralization in the basement rocks. Thus, on a regional scale lateral zone is developed - with the change in the crystalline basement of gold-uranium ore of Elkon type by uranium-gold mineralization of Fedorovsky type, and further actual gold mineralization in Dorozhny ore occurrence. On this basis the proposed predictive retrieval model, with little knowledge and high gold bearing potential of the region's crystalline rocks, can serve as a guide in the design of forecast and search model and assessment works.

Keywords: gold, metasomatic rocks, Podgolechny field, mineralization of Elkon type, Southern Yakutia.

References

Abramov V.A. Glubinnoe stroenie Tsentral'no-Aldanskogo rayona [Deep structure of the Central Aldan region]. Vladivostok: «Dalnauka» Publ. 1995. 180 p.

Boytsov V.E. Pilipenko G.N. Dorozhkina L.A. Model' formirovaniya kompleksnykh zolotouranovykh mestorozhdeniy

Tsentral'no-Aldanskogo rudnogo rayona [Formation model of the complex gold and uranium deposits of the Central Aldan ore region]. *Izv. VUZov. Geologiya i razvedka* [News of the Institutions of Higher Learning. Geology and Prospecting]. 2006. N 2. Pp. 23-31.

Vetluzhskikh V.G., Kazanskiy V.I., Kochetkov A.Ya., Yanovskiy V.M. Zolotorudnye mestorozhdeniya Tsentral'nogo Aldana [Gold and ore deposits of the Central Aldan]. *Geologiya rudnykh mestorozhdeniy* [Geology of ore deposits]. 2002. Vol. 44. N 6. Pp. 467-499.

Kazanskiy V.I. Rudonosnye tektonicheskie struktury aktivizirovannykh oblastey [Ore-bearing tectonic structures of activated areas]. Moscow: «Nedra» Publ. 1972. 240 p.

Krupnye i superkrupnye mestorozhdeniya rudnykh poleznykh iskopaemykh [Large and Superlarge deposits of ore minerals]. Vol. 2. *Strategicheskie vidy rudnogo syr'ya* [Strategic types of crude ore]. Moscow: «IGEM RAN». 2006. 672 p.

Maksimov E.P. Mezozoyские rудonosnye magmatogennye sistemy Aldano-Stanovogo schita [Mesozoic ore-bearing magmatogene system of the Aldan-Stanovoy Shield]. *Diss. dokt. geol.-min. nauk*. [Dr. geol. and min. sci. diss.]. Yakutsk. 2003. 385 p.

Maksimov E.P., Uytov V.I., Nikitin V.M. Tsentral'no-Aldanskaya zoloto-uranovorudnaya magmatogennaya sistema (Aldano-Stanovoy schit, Rossiya) [Central Aldan gold-uranium ore magmatogenic system (Aldan-Stanovoy shield, Russia)]. *Tikhookeanskaya geologiya* [Pacific Geology]. 2010. Vol. 29. N 2. Pp. 3-26.

Terekhov A.V. Rudonosnost' gidrotermal'no-metasomaticheskikh obrazovaniy El'konskogo zoloto-uranovorudnogo uzla (Yuzhnaya Yakutiya): Avtoref. Diss. kand. geol.-min. nauk [Ore-bearing of hydrothermal-metasomatic formations of the Elkon uranium ore gold node (Southern Yakutia): Abstract Cand. geol. and min. sci. diss.]. Saint-Petersburg. 2012.

Information about authors

Vasilii Leontev – Ph.D. student of the University of Mines
Sergey Stepanov – student of the University of Mines
199106, Saint-Petersburg, Vasil'evskiy ostrov, 21 liniya, 2.
Tel: (921) 897 55 71.

Andrey Vlasov – Chief Geologist, JSC «Seligdar»
678900, Sakha Republic (Yakutiya), Aldan, 26 Piket, 12.
Tel: (41145) 35-3-00.

Особенности совместной обработки и интерпретации данных электротомографии и георадиолокации в условиях влияния техногенных помех на объектах транспортного строительства

В работе приводится пример выполнения геофизических исследований методами георадиолокации и электротомографии в рамках инженерных изысканий на участке строительства железнодорожной эстакады. Особенностью участка является повышенный уровень техногенных помех, которые оказывают значительное влияние на полевые данные электроразведочных работ, увеличивая погрешность подбора электротомографической модели, тем самым снижая однозначность геологической интерпретации на этапе камеральной обработки. Рассматривается подход к совместной обработке и интерпретации геофизических данных, когда при расчете электротомографической модели в качестве априорных данных используются литологические границы, выделенные по данным георадиолокации. Использование данного подхода снижает как погрешность подбора электротомографической модели, так и неопределенность геологической интерпретации геофизических данных, полученных в условиях влияния техногенных помех сопутствующих работам в полосе отвода действующей железной дороги.

Ключевые слова: электротомография, георадиолокация, инженерные изыскания, транспортное строительство, техногенные помехи.

Введение

Проектирование и строительство объектов транспортной инфраструктуры повышенного уровня ответственности, таких как мосты, путепроводы и эстакады, нуждается в достоверной и детальной информации о строении инженерно-геологического разреза, особенно, когда в исследуемом разрезе присутствуют слабые грунты с пониженной несущей способностью. Недостаточная изученность участка геологическими методами, в данном случае, может быть компенсирована геофизическими исследованиями, которые обеспечивают непрерывное изучение инженерно-геологического разреза.

Преимущество комплексного использования геофизических методов в подобных ситуациях не вызывает сомнения. Очевидно, показателем достоверности и надежности данных инженерно-геофизических исследований остается степень их корреляции с результатами бурения.

В данной работе показан пример подхода к совмест-

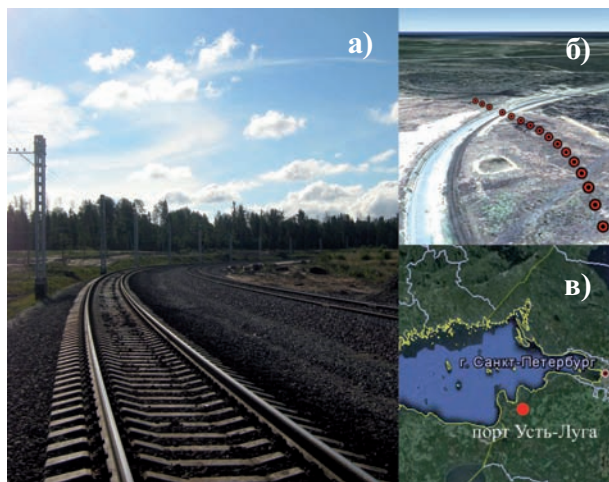


Рис. 1. (а) существующая железная дорога; (б) положение опор эстакады; (в) местоположение участка работ.

ной обработке и интерпретации данных геофизических методов электротомографии и георадиолокации. Особенностью этого подхода является то, что при подборе электротомографической модели в качестве априорных данных использованы литологические границы, выделенные по данным георадиолокации. Такой подход позволил повысить качество решения обратной задачи геофизики, сузить эквивалентность и повысить устойчивость решения в условиях техногенных помех, сопутствующих работам в полосе отвода действующей железной дороги.

Материалы и методы

Объект исследований

Участок работ находится на Западе Ленинградской области в районе морского порта Усть-Луга в полосе от-

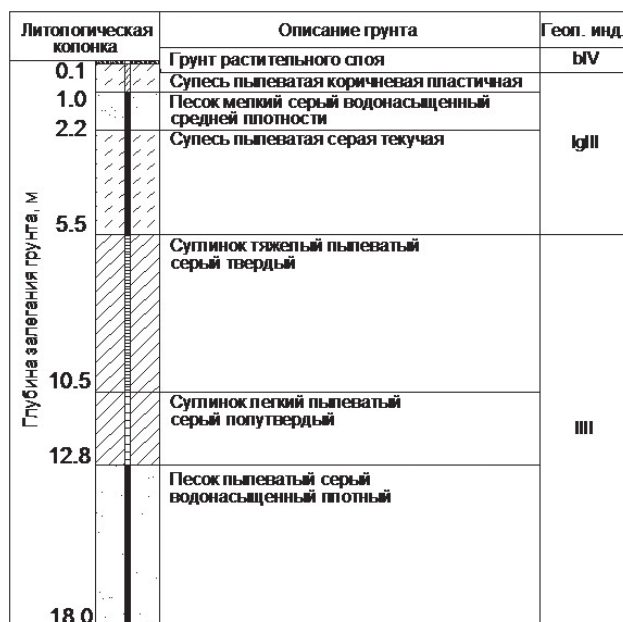


Рис. 2. Геологический разрез по скважине.

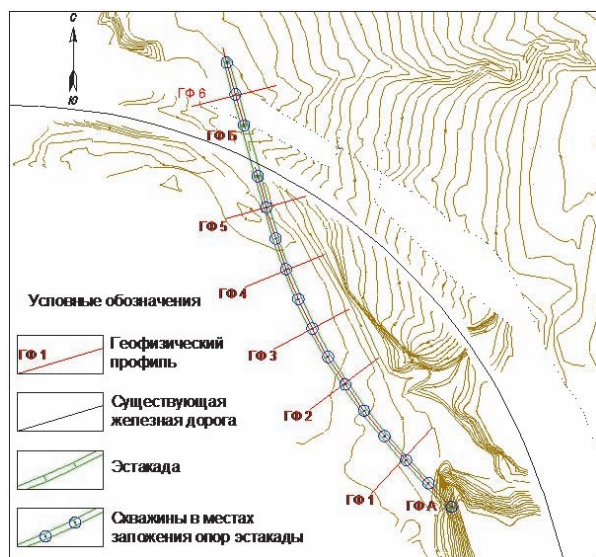


Рис. 3. Схема расположения геофизических профилей.

вода действующей железной дороги (Рис. 1). Геофизические исследования выполнялись группой геофизиков проектно изыскательского института ОАО «Ленгипротранс» в рамках инженерно-геологических изысканий на площадке проектирования 500-метровой железнодорожной эстакады.

Инженерно-геологический разрез участка работ имеет горизонтально-слоистое строение и сложен преимущественно верхнечетвертичными озерно-ледниковыми и ледниковыми суглинками и супесями различной консистенции, с прослоями водонасыщенного песка. Данные по одной из скважин участка с геологическим описанием приведены на рисунке 2.

Целью геофизических исследований было получение непрерывной геолого-геофизической модели инженерно-геологического разреза на глубину до 30 м вдоль оси проектируемой эстакады.

Методика исследований

В геофизический комплекс вошли методы георадиолокации (Davis, Annan, 1989) и электротомографии (Griffiths & Barker, 1993; Loke & Barker, 1996). В качестве измерительной аппаратуры использован комплект георадара ОКО-2 (ООО «Логис», г. Раменское) с антенным блоком 250 МГц и комплект электроразведочной аппаратуры EraMultimax (НПП «ЭРА», г. С-Петербург).

По оси проектируемой эстакады выполнен продольный геофизический профиль. Поперечные профили располагались выборочно в местах заложения опор. Схема расположения геофизических профилей приведена на рисунке 3.

Стоит отметить близость к участку работ действующей железной дороги и сопутствующих ей источников помех, оказывающих значительное влияние на результаты геофизических измерений. В полосе отвода находятся различные подземные и наземные коммуникации, металлические конструкции, часто курсируют железнодорожные составы (Рис. 4).

На рисунке 5 представлен график соотно-



Рис. 4. Источники техногенных помех в полосе отвода железной дороги: (а) кабель высокого напряжения; (б) железнодорожные составы; (в) металлические конструкции.

шения наблюдаемого уровня шумов в каналах электротомографической косы и уровня полезного сигнала вдоль осевого профиля. Видно, что при приближении к железной дороге уровень шумов значительно возрастает. На рисунке 6 представлены графики изоисточников для отношения наблюдаемых значений разности потенциала к силе тока полученные по системе наблюдений трехэлектродной установки. Вблизи железной дороги наблюдается значительное число «выскоков» измеренных значений, по сравнению с другими участками, на которых «выскики» практически отсутствуют. Предварительная оценка полевых данных показала, что погрешность подбора модели на участке с низким уровнем помех составляет 4 %, в то время как погрешность на участке с высоким уровнем помех достигает 15 %.

Как отмечают зарубежные специалисты, среднеквадратическая погрешность подбора электротомографической модели в условиях близости железной дороги может достигать 10 % (Donohue et al., 2013). В то время как ошибка подбора в стандартных условиях обычно не превышает 5 %.



Рис. 5. График соотношения уровня помех и полезного сигнала вдоль профиля электротомографии.

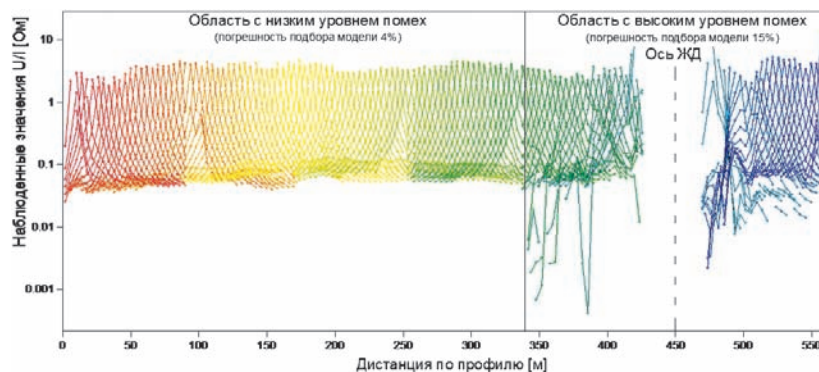


Рис. 6. Графики изоисточников наблюдаемых значений U/I.

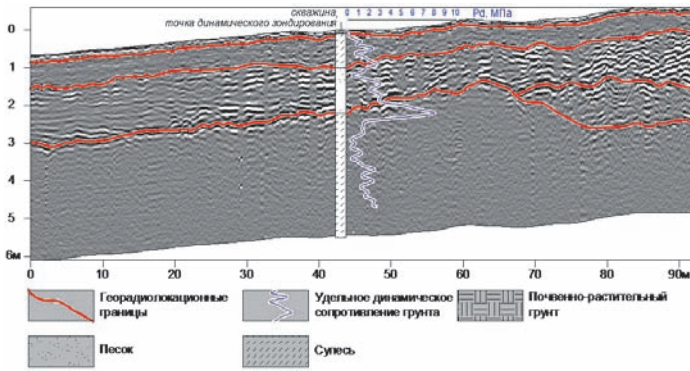


Рис. 7. Георадиолокационный разрез.

Обработка данных георадиолокации проводилась с использованием программного пакета Geoscan32 (Руководство пользователя программой GeoScan32, 2009). Данные электротомографии обрабатывались в программах ZondMultimax и ZondRes2D (Каминский, 2012).

Результаты исследований

На рисунке 7 представлена характерная радарограмма по одному из поперечных профилей с выделенными георадиолокационными границами, хорошо коррелирующимися с данными бурения и динамического зондирования. Опытным путем подобранная диэлектрическая проницаемость пород верхней части разреза составляет 23 единицы СИ, причем является единой как для слоя супеси в интервале от 0.1 до 1 метра, так и для слоя водонасыщенного песка в интервале от 1 до 2.2 метров. Данный слой песка на радарограмме, главным образом, выделяется по характерному типу волновой картины (Daniels, 2004). Ниже по разрезу на глубине 2.2 метра в слое пылевой текучей супеси наблюдаем полное затухание георадиолокационного сигнала. Данный слой, по инженерно-геологическим показателям, относится к слабым грунтам.

Особенность подхода к обработке материалов электротомографии заключается в использовании результатов георадиолокации в качестве априорных данных при решении обратной задачи (Рис. 8). Такой прием позволил снизить невязку подбора модели на отдельных профилях до 1 %.

На рисунке 9 приведена комплексная георадиолокационно-геоэлектрическая модель. Видно, что слои супеси и песка в интервале от 0.1 до 2.2 метра объединяются в один геоэлектрический слой с удельным сопротивлением 250-400 Ом*м. Ниже по разрезу идет низкоомный слой, отвечающий текучей супеси.

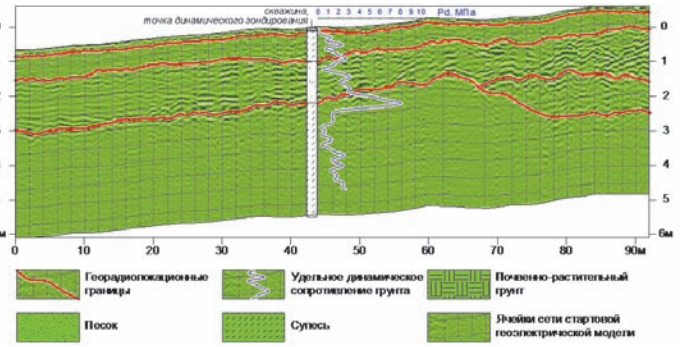


Рис.8. Наложение георадиолокационных границ на стартовую геологическую модель.

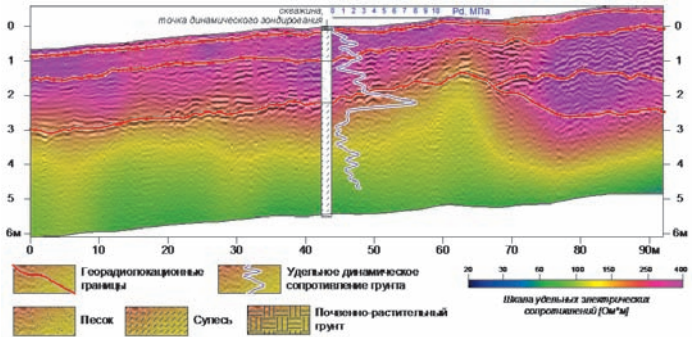


Рис. 9. Комплексная георадиолокационно-геоэлектрическая модель.

Результаты геофизических исследований по всему участку работ приведены на рисунке 10.

В центральной части участка на продольном и поперечных профилях на глубине 10-15 м выделяется слой с повышенными значениями удельного электрического сопротивления, который по данным бурения является мощной линзой песка (Рис. 11).

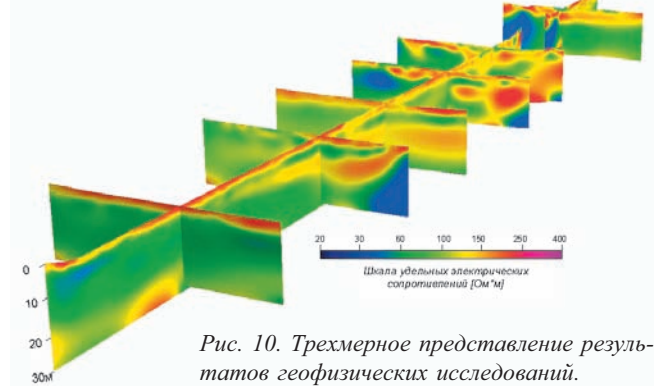


Рис. 10. Трехмерное представление результатов геофизических исследований.

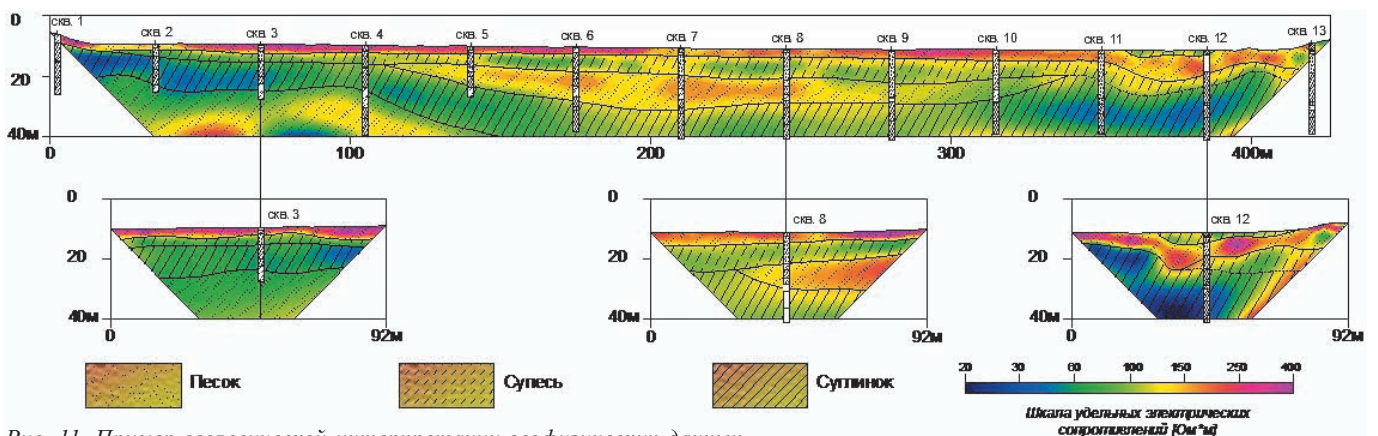


Рис. 11. Пример геологической интерпретации геофизических данных.

На отдельных участках прослеживаются низкоомные зоны, которые по данным статического и динамического зондирования характеризуются слабыми грунтами.

Выводы

По данным георадиолокации в верхней части разреза удалось выделить и непрерывно проследить литологические границы слоев, которые не нашли отражения на геоэлектрических моделях в силу недостаточной разрешающей способности данного метода.

Недостаточная глубинность георадиолокационных исследований, вследствие затухания электромагнитной волны в глинистых грунтах, в свою очередь, была компенсирована электротомографическими измерениями.

Расчет геоэлектрических моделей с учетом георадиолокационных данных позволил снизить неоднозначность решения обратной задачи, обусловленной влиянием техногенных помех, сопутствующих участку полосы отвода действующей железной дороги, тем самым повысив достоверность геологической интерпретации геофизических данных.

Литература

- Daniels D.J. Ground-penetrating radar. 2nd ed. London: The Institution of Electrical Engineer. 2004. 734 p.
Davis J.L., Annan A.P. Ground-penetrating Radar for high-resolution mapping of soil and rock stratigraphy. *Geophysical*

Prospecting. 1989. № 37. Pp. 531-551.

Donohue S., Gavin K. and Tolooiyan A. Geophysical and geotechnical assessment of a railway embankment failure. *Near Surface Geophysics*. 2013. V.9. №1. Pp. 33-44.

Griffiths D.H., Barker R.D. Two-dimensional resistivity imaging and modelling in areas of complex geology. *Journal of Applied Geophysics*. 1993. V. 29. Is. 3-4. Pp. 211-226.

Loke M.H., Barker R.D. Rapid least-squares inversion of apparent resistivity pseudosections by a quasi-Newton method. *Geophysical Prospecting*. 1996. № 44. Pp. 131-152.

Каминский А.Е. Инструкция к программе двумерной интерпретации данных метода сопротивлений и вызванной поляризации ZondRes2D. С-Петербург: Zond geophysical software. 2012. 70 с.

Руководство пользователя программой GeoScan32. Раменское: ЛОГИС. 2009. 126 с.

Сведения об авторах

Лаломов Дмитрий Александрович – аспирант кафедры геофизических и геохимических методов поисков и разведки полезных ископаемых Национального минерально-сырьевого университета «Горный».

199109, Санкт-Петербург, В.О., 21-я линия, д. 2
Тел: +7(911)817-76-16.

Артиугин Александр Иванович – Руководитель группы геофизики ОАО «Ленгипротранс»

196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 143
Тел: +7(812)334-03-33 доб.757.

Combined Data Processing and Interpretation of Electrical Resistivity Tomography and Ground Penetrating Radar (GPR) under the Influence of Anthropogenic Interference on the Facilities of Transport Construction

D.A. Lalomov¹, A.I. Artiugin²

¹National Mineral Resources University (University of Mines), Saint Petersburg, Russia, e-mail: lalomov@yahoo.com

²OJSC «Lengiprotrans», Saint Petersburg, Russia, e-mail: artugin@lgt.ru

Abstract. The paper shows an example of geophysical survey by GPR and electrical resistivity tomography within the engineering survey of the railway overpass construction. Specific feature of this object is an increased level of anthropogenic interference. It has a significant impact on the field data of electric survey, increasing error in selecting electric tomography model, thereby reducing uniqueness of geological interpretation on the stage of office processing. An approach for combined geophysical data processing and interpretation is considered at calculating electric tomography model, lithological boundaries allocated by GPR are used as a priori data. Using this approach reduces the error of selecting electric tomography model, and uncertainty of geological interpretation of geophysical data obtained under the influence of man-made interference during the works in derivation area of existing railway.

Keywords: electrical resistivity tomography, GPR, engineering surveys, transport construction, man-made interference.

References

- Daniels D.J. Ground-penetrating radar. 2nd ed. London: The Institution of Electrical Engineer. 2004. 734 p.
Davis J.L., Annan A.P. Ground-penetrating Radar for high-resolution mapping of soil and rock stratigraphy. *Geophysical*

Prospecting. 1989. № 37. Pp. 531-551.

Donohue S., Gavin K. and Tolooiyan A. Geophysical and geotechnical assessment of a railway embankment failure. *Near Surface Geophysics*. 2013. V.9. №1. Pp. 33-44.

Griffiths D.H., Barker R.D. Two-dimensional resistivity imaging and modelling in areas of complex geology. *Journal of Applied Geophysics*. 1993. V. 29. Is. 3-4. Pp. 211-226.

Loke M.H., Barker R.D. Rapid least-squares inversion of apparent resistivity pseudosections by a quasi-Newton method. *Geophysical Prospecting*. 1996. № 44. Pp. 131-152.

Kaminskiy A.E. Instruktziya k programme dvumernoy interpretatsii dannykh metoda soprotivleniy i vyzvannoy polarizatsii ZondRes2D [Program for two-dimensional interpretation of data obtained by resistivity and induced polarization methods. ZondRes2D. Users Manual]. Saint Petersburg: Zond geophysical software. 2012. 70 p.

Rukovodstvo pol'zovatelya programmoy GeoScan32 [GeoScan32 Users Manual, Georadar «OKO» Program of Control and Visualization of the Obtained Data]. Ramenskoe: «LOGIS» Publ. 2009. 126 p.

Information about authors

Dmitriy Lalomov – Ph.D. student of the Chair of Mining Geophysics, National Mineral Resources University.

199109, Saint Petersburg, 21-ya liniya, 2.
Tel: +7(911)817-76-16.

Alexandr Artiugin – Geophysics team manager
OJSC «Lengiprotrans», 196105, Saint Petersburg,
Moskovskiy pr., 143. Tel: +7(812)334-03-33 ad.757.

Особенности строения и изменения коллекторских свойств пластов бобриковского горизонта в визейских врезях (на примере месторождений Мелекесской впадины)

Длительное время тульско-бобриковские терригенные пласты-коллекторы рассматривались как единый нефтесодержащий резервуар. При выполнении работ по подсчету запасов бобриковского горизонта все пласты-коллекторы принимались гидродинамически связанными, с единым ВНК, следовательно, расчеты велись по горизонту в целом. Авторами было проведено исследование на месторождениях восточного борта Мелекесской впадины, по результатам которого в бобриковском горизонте выделены, прослежены и проиндексированы отдельные пласты-коллекторы с собственными литологическими и петрофизическими свойствами, в некоторых случаях со своим собственным ВНК. Каждый из пластов-коллекторов может являться самостоятельным объектом не только подсчета запасов нефти, но и разработки. Дальнейшее развитие этого направления приведет к методологически более достоверному проведению работ по подсчету запасов нефти в бобриковских пластах-коллекторах, в особенности на осложненных визейскими врезями структурах, так как пласты-коллекторы во врезях могут быть нефтенасыщенными.

Ключевые слова: корреляция, подсчет запасов нефти, залежь, коллекторские свойства.

Основная цель работы – провести корреляцию разрезов, изучить и сравнить коллекторские свойства выделенных по ГИС продуктивных пластов как самостоятельных подсчетных объектов. В работе рассматриваются 2 критерия их выделения: структурный (положение в разрезе) и анализ фильтрационно-емкостных свойств (ФЕС).

Строение бобриковско-радаевской толщи, выполняющей участки развития посттурнейских врезей, было рассмотрено на примере двух месторождений, расположенных на восточном борту Мелекесской впадины. Одно, подробно изученное при выполнении работ по подсчету его запасов (Арефьев, Баранова, 2010), использовано как эталонный объект для выявления особенностей строения другого месторождения (Осеннего), имеющего, как показывает их сравнительное изучение, близкие геологические условия залегания.

Строение бобриковского горизонта на южном куполе Аделяковского месторождения можно охарактеризовать следующим образом. Здесь развиты пласты песчаников, индексируемые как Сбр-3 и Сбр-2; прослой аргиллитов, разделяющих их, имеет толщину 0,4-3 м и в нескольких скважинах выклинивается, вследствие чего пласты Сбр-3 и Сбр-2 сливаются. Окна «слияния» установлены в 5 скважинах (Рис. 1).

Гипсометрически верхний пласт-коллектор, индексируемый как Сбр-3, залегает в кровельной части горизонта,

№ скв.	Сбр-3		Сбр-2		Сбр-1	
	Кп	Кн	Кп	Кн	Кп	Кн
1183	21.9	81.6	19	70.5	-	-
1190	21.2	89.1	26.9	89.4	24.2	87.6
1022	20.9	88.2	18.7	88.6	-	-
1189	21.6	82.5	-	-	-	-
1198	18.7	81.2	-	-	-	-
1182	14.9	65.7	-	-	-	-

Таблица. Сопоставление коэффициентов пористости и нефтенасыщенности по скважинам и пластам.

непосредственно под толщей аргиллитов, слагающих тульский разрез. Пласт залегает на 6-9 м ниже кровли тульского горизонта, являющейся маркирующей поверхностью – отражающим горизонтом У при сейсморазведочных ра-

ботах. Пласт имеет повсеместное развитие и сложен песчаниками кварцевыми, тонко- и мелкозернистыми, слабо сцементированными. Цемент представлен глинистым материалом с примесью вторичного кальцита; тип цемента – крустификационный. Толщина пласта изменяется от 0,8 до 6,0 м. Перекрывается и подстилается пласт аргиллитами – тульскими в кровле и бобриковскими в подошве.

По литологическому составу, характеру и количеству цементирующей массы, показателям коллекторских свойств пласт Сбр-2 аналогичен пласту Сбр-3. Толщина его изменяется от 0,8 до 15,6 м, увеличиваясь на участках размыва турнейской поверхности. Пласт подстилается бобриковскими аргиллитами толщиной от 0,8 до 6,0 м, отделяющими его от пласта Сбр-1 в разрезах, где развит последний, или елховскими аргиллитами и глинистыми алевролитами, залегающими на поверхности турнейских известняков.

Пласт Сбр-1, сложенный песчаниками, аналогичными вышеописанным пластам Сбр-3 и Сбр-2, представлен в разрезе 7 скважин, где толщина бобриковского горизонта увеличивается (как и всего визейского яруса) по сравнению с «нормальными» разрезами северного купола. В этих «аномальных» по мощности и литологической пестроте разрезах глубина размыва турнейской толщи тоже увеличивается.

Глубина залегания пласта Сбр-1 относительно кровли тульского горизонта составляет 20-27 м. Характерно, что в ряде скважин на уровне простираения пласта Сбр-1 отмечаются прослой углей и углито-глинистых сланцев (Рис. 1, 2). Прослой углей на других гипсометрических уровнях присутствуют и в ряде других скважин.

В 6 скважинах образуются окна слияния пластов Сбр-2 и Сбр-1 с образованием монолитного пласта Сбр-2+1 толщиной до 15 м (Рис. 2).

Таким образом, пласт Сбр-1 развит в виде линз, выклинивающихся в направлении тех участков южного купола, которые не несут следов размыва турнейской поверхности или где размыв был небольшим (3-5 м).

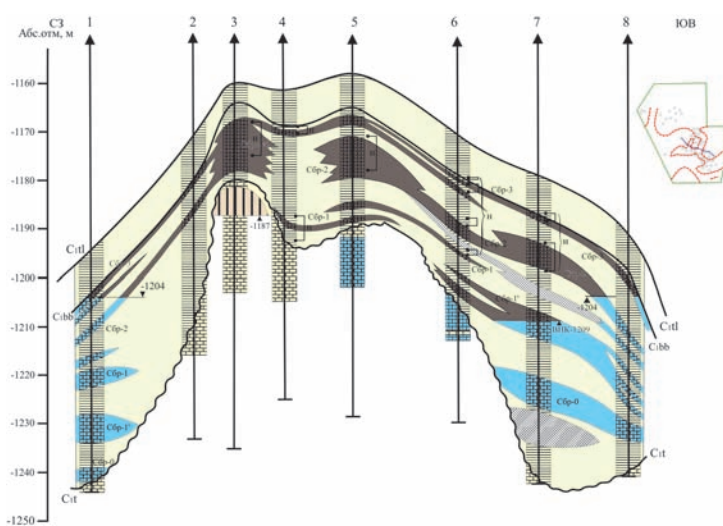


Рис. 1. Геологический профиль нижнекаменноугольных отложений Аделяковского месторождения (по линии скв. 1-8).

За счет «окон» слияния пластов Сбр-3+2 и Сбр-2+1 вся система пород-коллекторов гидродинамически связана как одно целое, образуя сложно построенный нефтесодержащий резервуар с единым ВНК и включающий прослойки аргиллитов и углей, залегающих на разных гипсометрических уровнях и выклинивающихся или замещающихся песчаниками на коротких расстояниях.

Проблемой корреляции бобриковско-радаевской толщи занимались многие исследователи. Обобщение взглядов приведено в статье Ларочкиной И.А. (Ларочкина, 2005). В пределах Аделяковского месторождения в скважинах с «аномальным» типом разреза нами выделено 6 пластов, индексируемых сверху-вниз как Сбр-3, 2, 1, 1', 0 и 0' (Рис. 1, 2). Такое дробное выделение обусловлено их различной насыщенностью и разным высотным положением водо-нефтяного контакта (ВНК) приуроченных к ним залежей. На врезовых участках Аделяковского месторождения, где турнейские отложения размыты на значительную глубину (до 20 и более м), появляются линзовидные тела песчаников, залегающие глубже пласта Сбр-1 и проиндексированные как Сбр-1'. Пласт имеет прерывистый характер распространения и выклинивается в сторону бортовых склонов вреза. Пласт залегает на глубине 27-33 м от кровли тульских отложений. Участки развития пласта приурочены к северо-восточному и юго-западному крыльям южного купола, где прослеживаются наиболее глубокие по амплитуде размыва турнейских отложений врезы. Толщина его – от 0,8 до 6,4 м; толщина пачки аргиллитов, разделяющих пласты Сбр-1' и Сбр-1, колеблется от 1,5 до 6,5 м. Об изолированности пластов Сбр-1 и Сбр-1' свидетельствует, в частности, тот факт, что в одной из скважин при наличии ВНК по ГИС в пласте Сбр-1 залегающий гипсометрически ниже на 2,0 м пласт Сбр-1' (правильнее: линза) является нефтенасыщенным на всю свою толщину.

Линзы песчаников отмечаются также ниже пласта Сбр-1' в разрезе скважин, вскрывших наиболее глубокие участки «врезов», выполненные нерасчленяемой терригенной толщей бобриковско-радаевского возраста. Эти линзы, проиндексированные как Сбр-0 и Сбр-0', имеют небольшие площади развития. Нефтесодержащими являются линзы песчаников Сбр-0, вскрытые двумя скважинами, залегающие на глубине соответственно 35 и 38 м от тульской по-

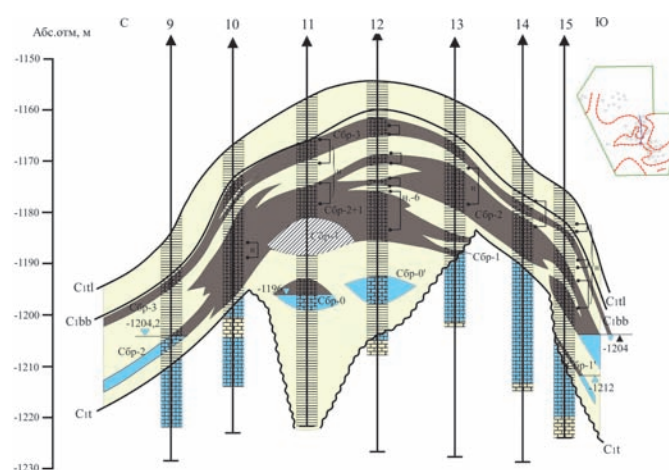


Рис. 2. Геологический профиль нижнекаменноугольных отложений Аделяковского месторождения (по линии скв. 9-15).

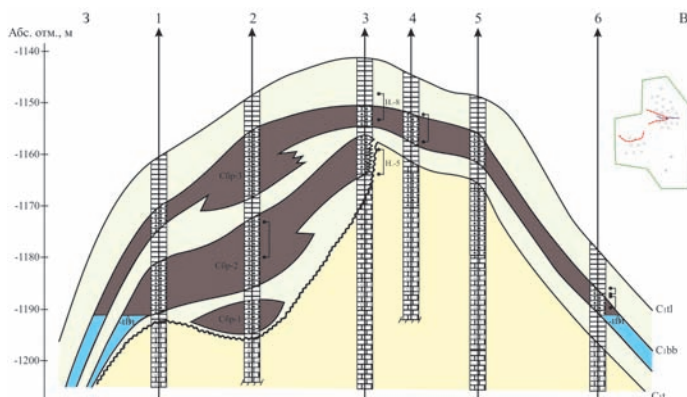


Рис. 3. Геологический профиль нижнекаменноугольных отложений Осеннего месторождения.

верхности и приуроченные к разным участкам вреза. Линзы сложены песчаниками с высокими по ГИС коллекторскими свойствами и заключены в толще бобриковско-радаевских аргиллитов, изолирующих их от выше- и нижезалегающих песчаных линз. Толщина линз составляет 3,4-6,3 м. Пласт Сбр-0' выделен в трех скважинах и является водонасыщенным. Общая толщина пласта Сбр-0' по геофизическим данным изменяется от 6,2 до 11,9 м, количество эффективных водонасыщенных прослоев колеблется от 1 до 3.

В пределах Осеннего месторождения в скважинах с нормальным типом разреза был выделен только пласт Сбр-3, имеющий площадное распространение. Пласт Сбр-3 залегает на глубине от 7 до 10 м от кровли тульских отложений. Толщина его – 4-13 м, причем максимальная толщина наблюдается в скважине в осевой части вреза. В скважинах с «врезовым» типом разреза выделено еще 2 пласта – Сбр-2 и Сбр-1. Пласт Сбр-2 залегает на глубине 16-24 м от кровли тульских отложений. Толщина его колеблется от 8 до 14,7 м, причем максимальное значение также наблюдается в скважине в осевой части вреза. Ниже Сбр-2 залегает пласт Сбр-1, выделенный только в одной скважине в наиболее глубокой части вреза (турнейские отложения в этой скважине размыты на 25-30 м). Между пластами Сбр-2 и Сбр-1 имеется перемычка, сложенная аргиллитами. Пласт Сбр-1 представлен нефтенасыщенной линзой песчаников толщиной 6 м, выклинивающейся в сторону бортового вреза (Рис. 3).

Линзовидное строение пласта Сбр-1 подтверждается

другим, чем для Сбр-2, положением ВНК: подошва нефтенасыщенного пласта Сбр-1 находится на отметке -1194,4 м, в то время как ВНК для вышележающего пласта Сбр-2 – на абсолютной отметке -1191 м, т.е. на 3,4 м выше.

Рассмотрев положение пластов в пространстве и в разрезе, проанализируем их фильтрационно-емкостные свойства (Табл.). Сопоставление коэффициентов пористости и нефтенасыщенности показывает следующее.

1. Пласт Сбр-3 характеризуется близкими показателями параметров в пределах поднятия, отдельные колебания замечены близ ВНК пласта.

2. Пласт Сбр-2, находящийся во «врезе», отличается изменениями параметров ФЕС в зависимости от положения скважины относительно бортов вреза: так в скв. 2, находящейся в осевой части вреза, коллекторские показатели намного выше, чем в скважинах, находящихся на бортах вреза.

3. Линза Сбр-1 отличается по параметрам пористости и нефтенасыщенности от вышележащих пластов, что также позволяет выделить её как отдельный объект.

Анализ вышеназванных критериев выделения отдельных подсчетных объектов позволяет сделать следующие выводы.

1. Продуктивные отложения бобриковского горизонта в нормальном типе разреза обычно представлены пластами Сбр-3 и Сбр-2, в «аномальном» - выделяется до 6 пластов, индексируемых в данной работе от Сбр-3 до Сбр-0'.

2. Положение отдельных пластов в пространстве и в разрезе (Сбр-1, Сбр-1' и др.) позволяет говорить об их изолированности друг от друга и линзовидном характере залегания.

3. Различие ФЕС пластов объясняется различием условий их отложения.

4. Коллекторские свойства продуктивных пластов, выполняющих врез, улучшаются в направлении к осевой части вреза.

5. Каждый пласт следует выделить в отдельный подсчетный объект, имеющий свою площадь распространения, отличные от выше- и нижележащих пластов ФЕС, и нефтенасыщенную толщину.

Литература

Арефьев Ю.М., Баранова А.Г. Пересчет запасов Аделяковского нефтяного месторождения РТ по состоянию на 01.06.2009 г. Казань. 2010.

Ларочкина И.А. Принципы расчленения, идентификации и корреляции терригенных нижнекаменноугольных отложений. *Георесурсы*. 2005. №2 (17). С.15-18.

Сведения об авторах

Светлана Евгеньевна Валеева – научный сотрудник
Анна Геннадьевна Баранова – научный сотрудник
Институт проблем экологии и недропользования Академии наук Республики Татарстан.
г. Казань, ул. Даурская, 28.
Тел: +7(843) 298-31-65.

Борис Вадимович Успенский – доктор геол.-мин. наук, профессор кафедры геологии нефти и газа им. А.А. Трофимука Института геологии и нефтегазовых технологий, Казанский (Приволжский) федеральный университет.
420008, Россия, Казань, ул. Кремлевская, д.4/5.

Structure and Changes in Reservoir Properties of Bobrikovskian in Visean Incisions (on the Examples of Melekes Depression Deposits)

S.E. Valeeva¹, A.G. Baranova¹, B.V. Uspenskiy²

¹*Institute of ecology and use of subsurface resources problems Academy of Sciences of Tatarstan Republic, Kazan, Russia*

²*Kazan Federal University, Kazan, Russia, e-mail:*

E-mail: Ssalum@mail.ru, Anna.Baranova@tatar.ru, borvadus@rambler.ru

Abstract. For a long time Tula-Bobrikovskian terrigenous reservoirs were considered as a single oil-containing reservoir. When calculation reserves of Bobrikovskian all reserves were considered as hydrodynamically connected, with a single oil-water surface, therefore calculations were carried out for the whole horizon. The authors have studied deposits of the eastern side of Melekes depression, which resulted in allocation, tracing and indexing of individual reservoirs with their own lithological and petrophysical properties, in some cases with their own oil-water surface. Each of the reservoir may be an independent object not only for oil reserves calculation, but also for the development. Further development in this direction will lead to more reliable methodological calculation of oil reserves in Bobrikovskian reservoirs, especially in structures complicated by Visean incisions, as reservoirs in incisions may be saturated with oil.

Keywords: correlation, oil reserves estimation, deposit, reservoir properties.

References

Arefev Yu.M., Baranova A.G. Pereschet zapasov Adelyakovskogo neftyanogo mestorozhdeniya RT po sostoyaniyu na 01.06.2009 g. [Recalculation of Adelyakovskoe oilfield (Tatarstan Republic), 01.06.2009]. Kazan. 2010.

Larochkina I.A. Printsipy raschleneniya, identifikatsii i korrelyatsii terrigennykh nizhnekamennougol'nykh otlozheniy [Principles of dissection, identification and correlation of Lower clastic sediments]. *Georesursy* [Georesources]. 2005. № 2 (17). Pp. 15-18.

Information about authors

Svetlana Valeeva – Scientific Researcher
Anna Baranova – Scientific Researcher
Institute of ecology and use of subsurface resources problems Academy of Sciences of Tatarstan Republic
Russia, Kazan, Daurskaya Str. 28. Tel: +7(843) 298-31-65.

Boris Uspenskiy – Dr. Sci. (Geol.-Min.), Professor of the Department of Oil and Gas Geology of the Institute of Geology and Petroleum Technologies, Kazan Federal University
420008, Kazan, Russia, Kremlevskaya St., 4/5

Проблемы утилизации отработанных геотермальных растворов

За последние десятилетия в мире накоплен опыт использования геотермальных ресурсов для получения тепловой и электрической энергии, минерального сырья, целей бальнеологии и др. Эксплуатация геотермальных месторождений сопровождается тепловым и химическим загрязнением атмосферы и гидросферы. Утилизация отработанных геотермальных растворов, содержащих широкий спектр химических соединений, является одной из актуальных проблем недропользования. В статье рассмотрены способы утилизации отработанного теплоносителя, применяемые на геотермальных месторождениях Камчатки. На основе геохимической оценки состава сбрасываемых в поверхностные водотоки отработанных геотермальных вод, по отдельным компонентам показана кратность превышения предельно допустимых концентраций, установленных для водоемов рыбохозяйственного значения. Повышение эффективности использования природных ресурсов – одна из основных задач природопользования. Извлечение минералов из геотермальных растворов – перспективное направление развития геотермальных технологий. В статье рассмотрены процессы и методы извлечения ценных химических соединений из гидротермального раствора, установлены преимущества по сравнению с традиционными химико-технологическими схемами. Рентабельность технологии очистки зависит не только от стоимости извлекаемого компонента и его концентрации в растворе, но и от уменьшения экологических платежей за сброс.

Ключевые слова: геотермальный раствор, химические соединения, воздействие на окружающую среду, очистка.

Введение

В последние десятилетия во многих странах, не обеспеченных на десятки лет собственными углеводородными полезными ископаемыми, наблюдается рост доли тепловой и электрической энергии, полученной из нетрадиционных и возобновляемых источников, в том числе с использованием геотермальных систем за счет применения традиционных, бинарных и циркуляционных схем. На Камчатке интенсивно осваиваются геотермальные ресурсы. Геотермальную энергию получают на Мутновской, Верхне-Мутновской и Паужетской геотермальных станциях (ГеоЭС). В целях теплоснабжения с. Паратунка и п. Термальский Елизовского района используют ресурсы Паратунского месторождения, с. Эссо и п. Анавгай Быстринского района также обеспечены теплом за счет геотермальных ресурсов.

В 1950–1980-х гг. проведена масштабная геологическая разведка геотермальных ресурсов, в результате пробурены сотни километров скважин, изучены структуры месторождений, оценены теплоэнергетические запасы, в рамках возможностей тех лет получены данные о химическом составе геотермальных источников. Разведка геотермальных ресурсов сопровождалась минимизированными рекультивационными работами, в результате чего в настоящее время на геотермальных полях Камчатки можно наблюдать самоизливающиеся скважины с разрушенными временем и агрессивными средами оголовками. К негативному влиянию на окружающую среду при эксплуатации геотермальных месторождений можно отнести нарушение поверхности, воздействие на естественные геотермальные проявления, шумовую нагрузку, тепловое и химическое загрязнение атмосферы и гидросферы, а также биологические последствия (Белоусов, Белоусова, 2002). В настоящее время одной из актуальных проблем эксплуатации геотермальных месторождений является утилизация отработанных геотер-

мальных растворов. Наиболее эффективным методом утилизации принято считать обратную закачку (реинжекцию) отработанных растворов в породы геотермального резервуара, а очистка стоков экономически целесообразна только при комплексном использовании ресурса, получении дополнительной энергии или при извлечении из раствора ценного минерального сырья.

Утилизация отработанных растворов на геотермальных месторождениях Камчатки

На Камчатке выполнена разведка и оценка 13 геотермальных месторождений. Балансовые запасы термальной воды – 80,63 тыс. м³/сут. и пароводяной смеси – 93,67 тыс. т/сут. В эксплуатации с целью добычи термальных вод находится ряд месторождений: Мутновское, Паужетское, Паратунское, Верхне-Паратунское, Анавгайское, Эссовское и др. Суммарный годовой водоотбор составляет 25,2 млн. м³ (Яроцкий и др., 2007). Обзорная схема геотермальных месторождений Камчатки представлена на рисунке 1.

На Мутновском месторождении парогидротерм в настоящее время осуществляется промышленная эксплуатация Мутновской и Верхне-Мутновской геотермальных станций (установленная мощность 50 и 12 МВт соответственно). Проблема утилизации отработанного теплоносителя ГеоЭС решается обратной закачкой в породы геотермального резервуара. Эта схема применяется на многих месторождениях, так как позволяет стабилизировать работу геотермальной системы, минимизировать проблемы, возникающие вследствие превышения извлечения гидротермального раствора над естественным притоком воды. Обратная закачка позволяет поддержать давление в пласте, снизить риск опускания поверхности, возникновения оползней, ухудшения сейсмичности района, исчезновения естественных поверхностных проявлений (источни-

ков). Обратная закачка является решением экологических проблем при освоении геотермальных месторождений, однако применение данного способа ограничивается влиянием на эксплуатационные параметры геотермальной системы (Пашкевич и др., 2009; Pashkevich, 1996).

На Мутновской ГеоЭС ведутся работы по снижению негативного воздействия на окружающую среду, в том числе производственный экологический контроль, рыбохозяйственный мониторинг бассейна реки Фальшивая, работы по повышению эффективности очистных сооружений.

Другая схема реализована на Паужетской геотермальной станции (установленная мощность 11 МВт). Здесь на эксплуатационных скважинах установлены скважинные сепараторы, на станцию поступает пар, а водная фаза (сепарат) сбрасывается на грунт и в руч. Быстрый, приток р. Паужетка. Реинжекция осуществляется частично. При эксплуатации месторождения образуется значительный поверхностный поток термальной воды расходом более 15,2 тыс. м³/сут, с температурой от 70°С до 120°С. В данном случае отсепарированная вода является сопутствующим продуктом и составляет технологические потери, сопровождающие добычу пара.

Отсутствие достаточного количества потребителей в п. Паужетка и значительная удалённость месторождения от п. Озерновский приводят к тому, что основной объём высокопотенциальных теплоэнергетических вод сбрасывается в поверхностные водотоки. Доля выработки электроэнергии составляет всего 4 % от потенциала добытого теплоносителя (Шулюпин, Чернев, 2012).

В настоящее время с целью повышения эффективности станции, а также уменьшения воздействия на окружающую среду реализуется проект создания би-нарного энергоблока мощностью 2,5 МВт. Таким образом, уменьшается негативная тепловая нагрузка на водные объекты, но сохраняется химическое воздействие, выражающееся в высоком содержании в сбросных водах В, Li, As. Некото-

рые химические соединения могут накапливаться в грунте, осадках и организмах. Учитывая рыбохозяйственное значение р. Паужетка, этот факт свидетельствует о дополнительных экологических рисках. В данном случае альтернативой реинжекции отработанного теплоносителя при достаточном технико-экономическом обосновании могла бы стать очистка геотермальных стоков от токсичных соединений, с утилизацией извлеченного материала.

Извлечение ценных химических соединений из геотермальных растворов является одним из перспективных направлений развития геотермальных технологий (Горбач, 2013). Совмещением энергетического и минерального производства повышается экономическая эффективность использования геотермальных ресурсов (Потапов и др.,

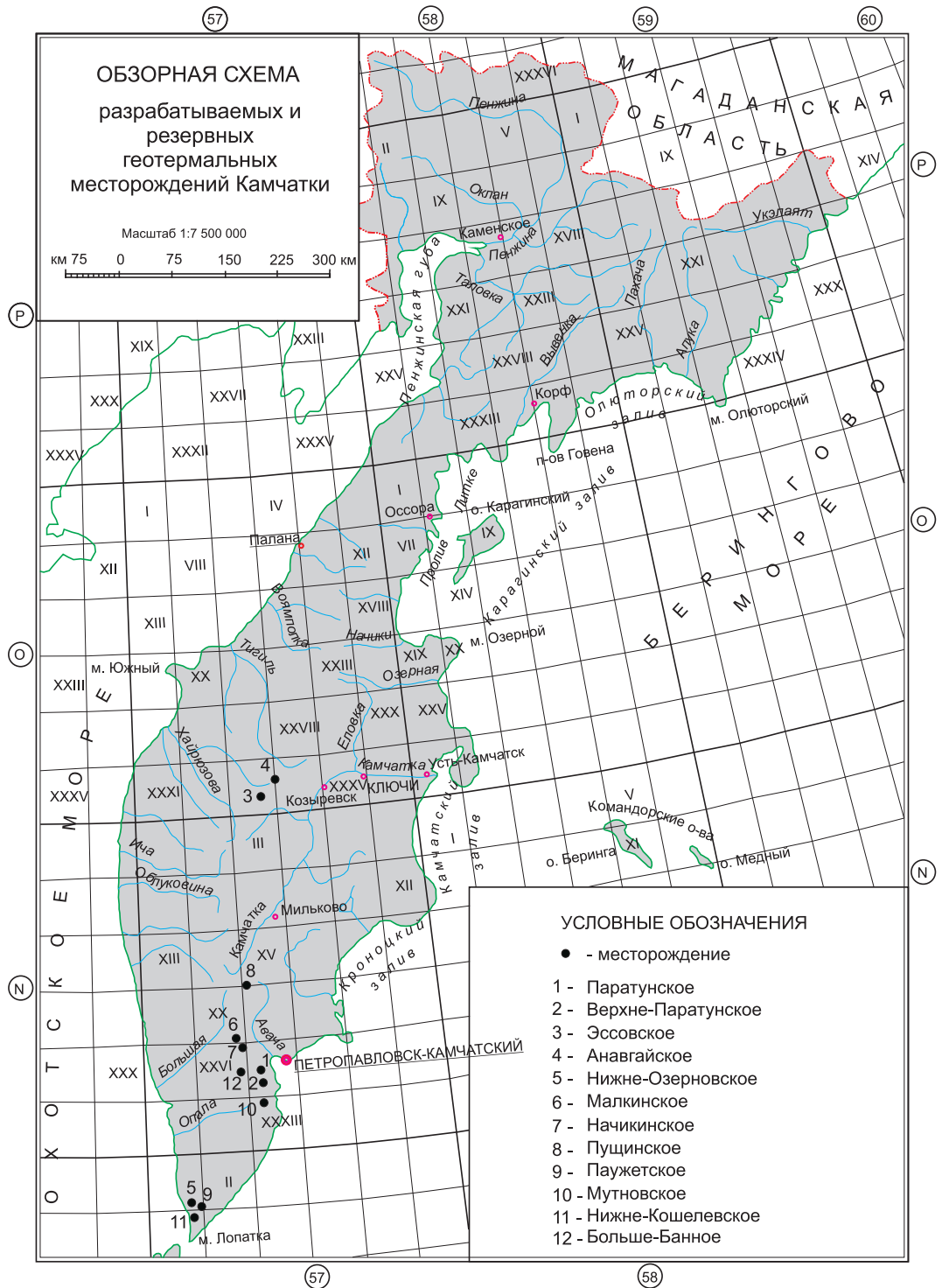


Рис. 1.

2010). В настоящее время рентабельность технологии очистки зависит не только от стоимости извлекаемого компонента и его концентрации в растворе, но и от уменьшения экологических платежей за сброс, при извлечении токсичных компонентов из раствора.

Паратунское месторождение в настоящее время используется для теплоснабжения с. Паратунка, п. Термальный, нужд Паратунской курортной зоны (более 30 групп потребителей). Объем использования термальных вод месторождения составляет более 6 млн. м³ в год, со средней температурой воды 77°C. Отработанный теплоноситель после смешения с хозяйственно-бытовыми сточными водами сбрасывается в р. Паратунка – нерестилище лососёвых пород рыб, выше по течению от места сброса на Паратунском рыбозаводном заводе выращивают мальков кеты. Ниже по течению реки присутствует тепловое и химическое загрязнение соединениями В, As. В настоящее время выполняются работы по проектированию комплекса очистных сооружений. Проект теплоснабжения Елизовского района Камчатского края за счет ресурсов Паратунского и Верхне-Паратунского месторождений является одним из первоочередных геотермальных проектов (Свалова, 2009).

Села Быстринского района Эссо и Анавгай обеспечены тепловыми ресурсами Эссовского месторождения с суточным водоотбором –15,3 тыс. м³, со средней температурой 75°C и Анавгайского месторождения термальных вод при суточном водоотборе – 2,3 тыс. м³, с температурой 72°C (Яроцкий и др., 2007). Отработанный теплоноситель из системы теплоснабжения с. Эссо сбрасывается в р. Уксичан и р. Быстрая, с системы теплоснабжения с. Анавгай сток сбрасывается в р. Быстрая. В сточных водах присутствуют высокие содержания В, Li, As.

Выполненная геохимическая оценка состава сбрасываемых в поверхностные водотоки геотермальных вод различных геотермальных месторождений Камчатки показывает превышения предельно допустимых концентраций, установленных для водоемов рыбохозяйственного значения (ПДКрх). Показатели кратности превышения ПДКрх по некоторым компонентам и соединениям представлены в таблице 1.

Водный кодекс Российской Федерации от 03.06.2006 г. № 74-ФЗ в последней редакции, вступивший в силу 01.01.2014 г., ужесточает требования природоохранного законодательства, исходя из недопустимости превышения нормативов допустимого воздействия на водные объекты

Месторождение	токс.			санитар.			санитар.-токс.		
	Li	Al	As	H ₃ BO ₃	Na	K	F	Cl	SO ₄
Анавгайское	36	2	12	3	2,3	-	2,5	-	-
Быстринское	45	-	5	12,5	3,5	-	2,5	2	-
Эссовское	15	-	2	5	1,7	-	3	-	5,5
Пушинское	3,0	-	-	10,5	12	4,8	-	4,5	4
Нальчевское	4,3	-	200	28	8,5	12	-	5,5	4,5
Паратунское	2	-	3	3	-	-	-	-	5,5
Верхне-Паратунское	8	200	120	25	-	23	-	-	5
Апачинские	13,5	-	-	11	-	-	2,5	-	-
Больше-Банное	-	-	10	-	2	1,6	10	-	4,5
Паужетское	37,5	-	-	54	8	7	-	5	-

Табл. 1. Кратность превышения ПДКрх по некоторым компонентам и соединениям в составе вод геотермальных месторождений Камчатки, сбрасываемых в реки.

и нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водных объектах. Ранее приказом Министерства природных ресурсов РФ № 333 от 17.12.2007 г. утверждена «Методика разработки нормативов допустимых сбросов веществ и микроорганизмов в водные объекты для водопользователей». В геотермальных растворах присутствуют химические соединения, которые при высоких температурах и давлении выщелачиваются из пород геотермальных месторождений и выносятся на поверхность в составе пароводяной смеси. В раствор входят соединения таких элементов, как Ca, Mg, Na, K, Al, Fe, S, O, Cl, F, C, Si, H, N, B, Li, As в концентрациях, значительно превышающих ПДКрх (Приказ Федерального агентства..., 2010). В связи с этим возрастает необходимость в комплексном освоении геотермальных ресурсов, вносятся коррективы в развитие геотермальной теплоэнергетики. Пользователям недр с целью соблюдения природоохранного законодательства в скором времени придется задуматься о дополнении существующих технологических схем сооружениями очистки отработанных теплоносителей, возможно в ущерб себестоимости конечного продукта (электроэнергии) или даже рентабельности предприятия (Белов, 2012).

На геотермальных станциях всегда велась работа по снижению выбросов в атмосферу геотермальных газов; в настоящее время в связи с повышением требований актуализируется проблема утилизации геотермальных стоков. Разработка нормативов должна осуществляться с учетом суммарного дебита источников естественной разгрузки гидротермальных систем. Например, естественная разгрузка Паужетского гидротермального месторождения составляет около 100 л/с. Для того, чтобы исключить нарушение экологического равновесия, необходимо сохранить сброс токсичных соединений в бассейн р. Озерной строго в пределах естественной разгрузки месторождения. Разница между расходом сбрасываемого отработанного геотермального теплоносителя в условиях эксплуатации и естественной разгрузкой является для Паужетского и других гидротермальных месторождений тем количеством термальных вод, которое в целях сохранения экологического равновесия необходимо либо закачивать обратно, либо очищать перед сбросом.

Комплексное использование отработанных геотермальных растворов

Одной из актуальных проблем природопользования является повышение эффективности использования природных сырьевых ресурсов, в том числе термоминеральных вод. Работы ряда научных учреждений в России позволяют создать химико-технологические схемы переработки гидроминерального сырья и расширить сферы применения полученных материалов. Накоплен опыт лабораторных и натурных исследований по извлечению ценных компонентов из термальных вод. Большинство технологических схем извлечения основываются на тепловых, гидромеханических, химических, массообменных процессах. Применяются следующие методы: отстаивание, коагуляция, флотация, мембранное фильтрование, ионно-обменная сорбция, хемосорбция, десорбция, кристаллизация, обработка кислотами, щелочами, сублимация, конденсация, выпаривание.

В мировой практике существуют примеры комплексного использования термальных вод, в минерально-сырьевом направлении экономически более эффективные, чем в теплоэнергетическом, однако для отнесения отработанных геотермальных теплоносителей к промышленным подземным водам необходимо, чтобы минимальные концентрации компонентов составляли, например, для калия (К) – 350 мг/л, бора (В) – 200 мг/л, лития (Li) – 10 мг/л, йода (I) – 18 мг/л и т.д. (Бондаренко, Куликов, 1984). Из эксплуатируемых месторождений Камчатки перспективен отработанный теплоноситель Паужетской ГеоЭС, в котором присутствует В с концентрацией, достигающей минимальное промышленное значение. Прогнозные ресурсы соединений В, Li, Rb, Cs Паужетского геотермального месторождения составляют (тонн в год): H_3BO_3 – 2785, Li_2CO_3 – 221; Rb_2CO_3 – 9,2; Cs_2CO_3 – 5,9 (Арсанова, 1974). Попутное извлечение этих компонентов при комплексном использовании геотермальных ресурсов Паужетского месторождения может оказаться рентабельным.

Существуют подходы к непосредственному использованию теплоносителя для концентрирования растворов в процессе выпаривания до значений, приемлемых для дальнейшего применения сорбционных или мембранных технологий (Шулюпин, Чернев, 2012). Перспективным направлением является развитие мембранных технологий извлечения: ультрафильтрации, нанофильтрации и обратного осмоса (Потапов и др., 2008). Для извлечения компонентов из раствора возможно применение сорбционных процессов. В основе лежит принцип избирательной сорбции ионов конкретных элементов или их комплексов (Belova, 2010). Применение сорбционных технологий существенно осложняется присутствием в растворе коллоидного SiO_2 , так как частицы SiO_2 загрязняют поверхность ионообменных материалов и препятствуют извлечению других химических соединений. С предварительного удаления коллоидного SiO_2 начинается технологическая схема извлечения химических соединений из гидротермального раствора на многих высокотемпературных месторождениях в Новой Зеландии, США, Мексике, Исландии. В НИГТЦ ДВО РАН (Петропавловск-Камчатский) разработаны способы извлечения SiO_2 из сепарата Мутновской ГеоЭС, в том числе с применением мембранных технологий (Потапов и др., 2005). Получены золи и порошки SiO_2 , являющиеся конкурентоспособными продуктами (Потапов и др., 2010).

Наибольший промышленный интерес извлечения представляют редкие и рассеянные элементы: В, Li, Rb, Cs и др., а также газообразные вещества: углекислый газ, радон и др.

Выводы

В геотермальных растворах присутствуют химические соединения, которые при высоких температурах и давлении выщелачиваются из пород геотермальных месторождений и выносятся на поверхность в составе пароводяной смеси. В гидротермальный раствор входят соединения таких элементов, как Са, Mg, Na, К, Al, Fe, S, O, Cl, F, С, Si, Н, N, В, Li, As в концентрациях, значительно превышающих ПДК вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения (ПДКрх). В то же время в геотермальных районах присутствует естественный геохимический

фон, также превышающий ПДКрх.

Геотермальные электростанции по условиям работы теснейшим образом связаны с гидрологическими и инженерно-геологическими условиями. Химический состав теплоносителя и концентрации элементов и соединений определяется геохимией пород месторождения, температурой и давлением, при которых происходит взаимодействие воды и породы. Последние особенно важны, поскольку очень часто именно они и определяют концентрации компонентов. Так как конкретные гидрологические и инженерно-геологические условия в комплексе в природе почти не повторяются, то геотермальным электростанциям свойственна индивидуальность. Однако и в геотермальной энергетике имеются общие черты, что позволяет создавать для нее некоторые типовые конструкции и предъявлять к ним общие обязательные требования. В настоящее время универсальных технологических схем очистки сточных вод ГеоЭС и утилизации извлеченного материала не существует, но актуальность работ по их разработке и внедрению очевидна.

Дальнейшие исследования могли бы сделать извлечение минеральных компонентов из отработанных геотермальных растворов жизнеспособной технологией. Преимущества извлечения минералов из геотермальных растворов по сравнению с традиционными химико-технологическими схемами: 1) повышение эффективности работы ГеоЭС, снижение температуры реинжекции и повышение возможности применения бинарных схем; 2) исходный геотермальный раствор является отходом энергопроизводства, извлечение минералов частично решает проблему его утилизации; 3) повышение комплексности использования геотермального теплоносителя, увеличение прибыли за счет совмещения энергетического и минерального производства, уменьшение платежей за сверхнормативный сброс.

Литература

- Belova T.P. The Analysis of Sorption Extraction of Boron and Lithium from the Geothermal Heat-Carriers. *Proc. World Geothermal Congress. Indonesia*. 2010.
- Pashkevich R.I. On environmental aspects of geothermal development. *Geothermal Resources Council. Portland, Oregon, GRC Transactions*. Vol. 20. 1996. Pp. 241-243.
- Арсанова Г.И. Редкие щелочи в термальных водах вулканических областей. Новосибирск: «Наука». 1974. 110 с.
- Белов Е.П. Проблемы геотермики Камчатки. *Горный вестник Камчатки*. 2012. № 1(19) С. 12-18.
- Белоусов В.И., Белоусова С.П. Природные катастрофы и экологические риски (на примере развития геотермальной энергетики). Петропавловск-Камчатский: Изд-во КГПУ. 2002. 160 с.
- Бондаренко С.С., Куликов Г.В. Подземные промышленные воды. М.: Недра. 1984. 358 с.
- Горбач В.А. Анализ мирового опыта и научно-технических разработок в области извлечения химических соединений из гидротермальных растворов. *Горный информационно-аналитический бюллетень*. 2013. № 9. С. 270-275
- Пашкевич Р.И., Чернев И.И., Шадрин А.В. Термогидродинамическое моделирование Мутновского месторождения парогидротерм. *Разведка и охрана недр*. 2009. № 7. С. 37-43.
- Потапов В.В., Горбач В.А., Кашпура В.Н., Мин Г.М., Кашутина И.А. Очистка теплоносителя геотермальных электрических станций мембранным методом. *Теплоэнергетика*. 2008. № 7. С. 59-64.
- Потапов В.В., Горбач В.А., Сердан А.А. Способ извлечения коллоидного кремнезема из гидротермального теплоносителя с пониженной концентрацией примесей. Патент РФ. № 2296103. 2005.

Потапов В.В., Зеленков В.Н., Кашпура В.Н., Горбач В.А., Мурадов С.В. Получение материалов на основе нанодисперсного кремнезема гидротермальных растворов. М.: РАЕН. 2010. 296 с.

Приказ Федерального агентства по рыболовству от 18.01.2010 г. № 20 «Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения».

Свалова В.Б. Комплексное использование геотермальных ресурсов. *Георесурсы*. 2009. №1 (29). С. 17-23.

Шулюпин А.Н., Чернев И.И. Проблемы и перспективы освоения геотермальных ресурсов Камчатки. *Георесурсы*. 2012. № 1(43). С. 19-21

Яроцкий Г.П., Алискеров А.А., Бурмаков Ю.А., Орлов А.А.

Минерально-сырьевой потенциал Камчатской области. Петропавловск-Камчатский: Изд-во Камчатского гос. унив. им. Витуса Беринга. 2007. 115 с.

Сведения об авторе

Владимир Александрович Горбач – кандидат технических наук, заместитель директора по научной работе.

Научно-исследовательский геотехнологический центр Дальневосточного отделения Российской академии наук 683002, г. Петропавловск-Камчатский, Северо-Восточное шоссе, 30. Тел. +7(415) 249-54-35.

Disposal of Exhausted Geothermal Solutions

V.A. Gorbach

Scientific Research Geotechnological Centre, Far Eastern Branch of Russian Academy of Sciences, Petropavlovsk-Kamchatsky, Russia
E-mail: vgorbach@kscnet.ru

Abstract. Over the past decades, geothermal resources were used for thermal and electrical energy, mineral resources, balneology, etc. Operation of geothermal fields is accompanied by thermal and chemical pollution of the atmosphere and hydrosphere. One of the urgent problems is disposal of exhausted geothermal solutions containing a wide range of chemicals. The article describes the disposal of exhausted coolant used in geothermal fields in Kamchatka. Geochemical analysis of geothermal waters drained into the surface waters showed an excess of maximum permissible concentration by individual components established for fishery ponds. One of the main objectives of subsoil use is more efficient use of natural resources. Development of geothermal technologies is oriented on minerals extraction from geothermal solutions. The article deals with methods of recovering valuable chemicals from hydrothermal solution. Advantages over traditional chemical and technological schemes are established. Profitability of treatment technology depends not only on the value of extracted component and concentration in the solution, but also on the reduction of environmental charges for discharge.

Keywords: geothermal solution, chemicals, environmental impact, cleaning.

References

Belova T.P. The Analysis of Sorption Extraction of Boron and Lithium from the Geothermal Heat-Carriers. *Proc. World Geothermal Congress*. Indonesia. 2010.

Pashkevich R.I. On environmental aspects of geothermal development. *Geothermal Resources Council*. Portland, Oregon, GRC Transactions. Vol. 20. 1996. Pp. 241-243.

Arsanova G.I. Redkie schelochi v termal'nykh vodakh vulkanicheskikh oblastey [Rare alkalis in the thermal waters of volcanic areas]. Novosibirsk: «Nauka» Publ. 1974. 110 p.

Belov E.P. Problemy geotermiki Kamchatki [Problems of Kamchatka geothermy]. *Gornyy vestnik Kamchatki* [Mining Bulletin of Kamchatka]. 2012. № 1(19). Pp. 12-18.

Belousov V.I., Belousova S.P. Prirodnye katastrofy i ekologicheskie riski (na primere razvitiya geotermal'noy energetiki) [Natural hazards and environmental risks (on example of the geothermal energy development)]. Petropavlovsk-Kamchatskiy: «KGPU» Publ. 2002. 160 p.

Bondarenko S.S., Kulikov G.V. Podzemnye promyshlennye vody [Underground industrial water]. Moscow: «Nedra» Publ. 1984. 358 p.

Gorbach V.A. Analiz mirovogo opyta i nauchno-tehnicheskikh razrabotok v oblasti izvlecheniya khimicheskikh soedineniy iz gidrotermal'nykh rastvorov [Analysis of international experience and

scientific and technical developments in the field of extraction of chemical compounds from hydrothermal solutions]. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy bulletin* [Mining Information-Analytical Bulletin]. 2013. № 9. Pp. 270-275.

Pashkevich R.I., Chernev I.I., Shadrin A.V. Termogidrodinamicheskoe modelirovanie Mutnovskogo mestorozhdeniya parogidroterm [Thermohydrodynamic modeling of the Mutnovsky stream and hydrotherm field]. *Razvedka i okhrana nedr* [Exploration and Protection of Mineral Resources]. 2009. № 7. Pp. 37-43.

Potapov V.V., Gorbach V.A., Kashpura V.N., Min G.M., Kashutina I.A. Ochistka teplonositel'nykh elektricheskikh stantsiy membrannym metodom [Cleaning of the geothermal power plant coolant by using membrane method]. *Teploenergetika* [Thermal Engineering]. 2008. № 7. Pp. 59-64.

Potapov V.V., Gorbach V.A., Serdan A.A. Sposob izvlecheniya kolloidnogo kremnezema iz gidrotermal'nogo teplonositel'ya s ponizhennoy kontsentratsiyey primesey [A method for recovering a colloidal silica from hydrothermal coolant having a reduced concentration of impurities]. RF Patent. № 2296103. 2005.

Potapov V.V., Zelenkov V.N., Kashpura V.N., Gorbach V.A., Muradov S.V. Poluchenie materialov na osnove nanodispersnogo kremnezema gidrotermal'nykh rastvorov [Preparation of materials based on nanosized silica of hydrothermal solutions]. Moscow: «RAEN». 2010. 296 p.

Приказ Федераль'ного агентства по рыболовству от 18.01.2010 г. № 20 «Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения» [Order of the Federal Fisheries Agency of 18.01.2010, № 20 «On approval of water quality standards fishery water bodies, including the standards of maximum permissible concentrations of harmful substances in the waters of fishery water bodies»]

Svalova V.B. Complex use of geothermal resources. *Georesursy* [Georesources]. 2009. № 1(29). Pp. 17-23. (In Russian).

Shulyupin A.N., Chernev I.I. The problems and prospects of Kamchatka geothermal resource development. *Georesursy* [Georesources]. 2012. № 1(43). Pp. 19-21. (In Russian).

Yarotskiy G.P., Aliskеров A.A., Burmakov Yu.A., Orlov A.A. Mineral'no-syr'evoy potentsial Kamchatskoy oblasti [Mineral resource potential of the Kamchatka Region]. Petropavlovsk-Kamchatskiy: «Izd-vo Kamchatskogo gos. univ.» Publ. 2007. 115 p.

Information about authors

Vladimir Gorbach – Cand. Sci. (Tech.), Deputy Director for Science, Scientific Research Geotechnological Centre, Far Eastern Branch of Russian Academy of Sciences.

Severo-Vostochnoe шоссе, 30, Petropavlovsk-Kamchatskiy, Russia, 683002. Tel. +7(415) 249-54-35.

Особенности инженерно-геологических условий при разработке месторождений твердых полезных ископаемых Центрально-Кызылкумского горнопромышленного района

В статье выявляются особенности инженерно-геологических условий при разработке глубоких горизонтов месторождений твердых полезных ископаемых Центрально-Кызылкумского горнопромышленного района. Приведены общие сведения о Центрально-Кызылкумском горнопромышленном районе. Выявлены особенности геологического строения (переслаивания, блочности) района, дана гидрогеологическая и инженерно-геологическая характеристика условий района. Распространение разрывных нарушений связано с деформациями сбросо-сдвигового типа, представленными серией сближенных трещин и зон дробления. В пределах месторождений Центральных Кызылкумов обобщены развитые тектонические трещины. Проанализированы физико-механические свойства горных пород некоторых месторождений и их изменение с глубиной. Проведена оценка изменения геологической среды при открытой и подземной разработке месторождений полезных ископаемых Центрально-Кызылкумского горнопромышленного района. Проанализировано развитие инженерно-геологических и экзогенно-геологических процессов в естественных условиях Центрально-Кызылкумского горнопромышленного района.

Ключевые слова: глубокий горизонт, обрушения, вывалы, обвалы, оползни, дефляция, выветривание, карст, дезинтеграция пород, зоны дробления, разрывные нарушения, тектонические трещины.

Введение

Промышленное освоение пустыни Кызылкумы началось, в основном, с 1958 года, после организации Навоийского горно-металлургического комбината, занимающегося первоначально добычей и переработкой урановых руд, а с 1969 года добычей и переработкой золото-содержащих руд. С 1960 года формируется Навои-Кызылкумский промышленный район с городами: Навои, Зарафшан, Учкудук, Тамдыбулак, Газли, которые развиваются на базе добычи и использовании полезных ископаемых и газа.

В центральной наиболее изученной с геологической точки зрения части Кызылкумы представляют каменистую равнину с общим уклоном на Северо-Запад, в значительной степени покрытую золотыми песками. Абсолютные отметки на равнине колеблются от 100 до 200-300 м. Разобщенные останцовые горные возвышенности не превышают абсолютные высоты в 1000 м. Главными из них в Центральных Кызылкумах являются Букантау, (764 м), Джетымтау (571), Тамдытау (922 м), Ауминзатау (639 м), Кульджуктау (785 м) и др. Эти горы большей частью с выровненными скалистыми, сильно расчлененными склонами, которые сложены домезо-кайнозойскими отложениями. Возвышенности разделены обширными межгорными пространствами с характерными для них бессточными дефляционными котловинами и отложениями золотых песков. Самой значительной впадиной является Минбулакская с минимальной абсолютной отметкой – 16 м (Арипова и др., 2006).

Поверхностный сток формируется во время ливней в течение нескольких дней. Горные сооружения, в пределах золоторудных районов, сложены мощной толщей сильно дислоцированных осадков и представляют со-

бой неравномерно метаморфизованную ассоциацию углеродисто-терригенных, кремнисто-доломитизированных, эффузивных и собственно карбонатных палеозойских пород.

В Центрально-Кызылкумском горнорудном районе, ввиду разобщенности и неглубокого залегания залежей руды, отработка их производится отдельными карьерами глубиной 60-100 м и 300-500 м и иногда комбинируется с подземной разработкой.

Температурный режим района, а также режим ветров сказывается на интенсификации процессов выветривания в обнаженных породах уступов карьеров.

В геологическом строении данного региона принимают участие породы почти структурных этажей (от допалеозойского до альпийского). Здесь толщи представлены переслаиванием известняков с кремнистыми сланцами, рассланцованными песчаниками, алевролитами и глинистыми сланцами и др.

Чёткой ритмичности перечисленных разностей пород не отмечается. Главная черта рудовмещающей толщи – частота переслаивания пород; неравномерно проявленные вторичные изменения в них, различающиеся физико-механическими свойствами и составом, усложняют инженерно-геологические условия месторождения.

Вскрышные толщи в большинстве своем крепкие, прочные, но наличие прослоев слабых пород глинистых разностей сланцев, мощность которых изменяется от нескольких миллиметров до 10-15 см, в сочетании с тектоническими нарушениями снижают прочность массива, поскольку по ним наблюдается уменьшение жестких связей.

Большинство разрывных нарушений относятся также к деформациям сбросо-сдвигового типа, представленным серией сближенных трещин и зон дробления. В пределах

месторождений Центральных Кызылкумов в толще широко развиты (относительно) непротяженные тектонические трещины, среди которых выделяются трещины отслоения, отрыва и скола. Первые локализованы преимущественно в пачках с тонким переслаиванием песчаников, алевролитов и сланцев, к ним приурочены многочисленные прожилки кварца. На месторождении кварцевые образования отличаются весьма сложной морфологией, обусловленной сочетанием как секущих, так и согласных элементов структуры. Сульфидная минерализация приурочена к более правильным, обычно маломощным секущим прожилкам. В целом, особенности рудных полей данного региона в тектоническом отношении заключаются в приуроченности их к крупной антиклинальной и синклиналиной структурам, сочетающимся с дизъюнктивными нарушениями.

В основном разрывные нарушения в данном регионе представлены тремя основными системами:

а) запад-северо-западное субширотное направление, которое выражено в виде крупных зон дробления, имеющих преимущественно северное простирание под углом 65-75°;

б) северо-восточное направление, являющееся основной системой диагональных (поперечных) нарушений в отношении бортов карьера, которые представлены менее мощными и более протяженными по сравнению с первой системой зонами дроблений;

в) север, северо-западное субмеридиональное простирание по сравнению с другими, распространенными значительно реже, развитыми в центральной части рудного поля, с мощностью зон дробления не более 0,5-0,7 м.

Инженерно-геологические и гидрогеологические условия разработки глубоких горизонтов месторождений полезных ископаемых в значительной степени предопределены палеогеографическими условиями накопления осадков, историей тектонического развития района, особенностью морфологий склонов и земной поверхности, глубиной залегания полезного ископаемого (Мирасланов, Ахунжанов, 1985).

Инженерно-геологические условия. По инженерно-геологическим условиям разработки месторождения данного региона относятся к сложному типу, где породы залегают с крутым падением и частым чередованием различных литологических разностей, не выдержанных по мощности и простиранию, широким развитием зон расланцевания и перемятия пород, наличием разрывных нарушений с зонами дробления.

Выявление инженерно-геологических процессов при открытой разработке. В ряде месторождений Центральных Кызылкумов, представленных частым переслаиванием сланцев различного состава и песчано-сланцевыми толщами, обрушения пород часто связаны с наличием прослоев слабых пород, мелких складок на синклиналиных структурах и с превышением в отдельных случаях устойчивых параметров выработок. Часто обрушения приурочены к узлам пересечения двух или нескольких разломов, а в местах, где серией трещин образуется мощная зона дробления, при её водонасыщении объемы наибольшие. Также обрушения могут быть приурочены к местам развития мелких дизъюнктивных складчатых структур при подсечении их горными выработками,

где трещины, в основном, крутопадающие (60-70°). Объемы обрушившихся масс небольшие – 3,5-6,0 м³. Кроме обрушений широко развиты вывалы горных пород. Их образование также связано с разрывными нарушениями и крупными трещинами, часто ориентированными параллельно выработкам. Встречаются они во всех горных выработках, объемы их незначительные – от 1-2 м³ до 10-15 м³. Возникают они и на контактах рудоносных и вмещающих пород. Незначительные по объемам вывалы пород (0,7-1,0 м³) по слоистости часто наблюдаются в песчано-сланцевых толщах. Также в песчано-сланцевых толщах на шахтных горизонтах наблюдаются вывалы пород по трещинам, заполненным глиной трения, или по тонким прослоям слабых пород (Фозиллов, 2013а). Объем вывалов небольшой – 3-5 м³.

Таким образом, большинство обрушений на месторождениях приурочено к разрывным нарушениям с мощными зонами дробления местами пересечения крупных трещин с маломощной глиной трения, к контактам рудоносных и вмещающих местами водообильных пород. Объем их изменяется от 1-2 м³ до 80 м³ и более.

Вывалы пород имеют меньшие объемы – от 2-3 до 15 м³, но широко распространены. Чаще они приурочены к крутым тектоническим трещинам, зонам расланцевания, контактам пород в местах повышенного увлажнения. Все виды деформации приводят к перебоям горно-эксплуатационных работ, а также к дополнительным затратам по обеспечению безопасности в подземных и открытых выработках.

Инженерно-геологические условия месторождений полезных ископаемых в пустынных зонах характеризуются своими специфическими особенностями, связанными с природными условиями, историей развития района и литолого-тектоническими условиями. Деформации бортов карьеров и подземных выработок, препятствующие нормальной разработке полезных ископаемых, в значительной степени зависят от литолого-тектонических условий месторождения.

В геологическом строении района принимают участие девонские и силурийские отложения, представленные литологически неоднородными метаморфизованными осадочными породами Тасказганской и Бесаянкой свит, сложенных алевролитами, углисто-сланцевыми сланцами, углеродисто-кремнистыми и филлитовидными сланцами, песчаниками кварцевого состава и другими породами, залегающими более круто, невыдержанными по мощности и простиранию с широким развитием зон расланцевания и перемятия пород, с наличием разрывных нарушений, зон дробления. На месторождениях большинство тектонических нарушений типа надвигов, сбросов, сдвигов имеют преимущественно северо-восточное и северо-западное простирание, крутое падение и относительно небольшие амплитуды смещений. Зоны дробления, мощность которых иногда достигает 10 и более метров, с глинистым материалом, составляющим 24-53 %, независимо от расположения по отношению к бортам карьеров или горных выработок, являются потенциально неустойчивыми участками, при вскрытии которых на бортах могут развиваться осыпно-обвальные явления.

На участках, где разрывные нарушения имеют зоны дробления менее одного метра, основную роль будет иг-

рять их расположение по отношению к бортам карьера. Таким образом, степень влияния разрывных нарушений на устойчивость откосов зависит от их ориентировки относительно борта карьера. Во многих случаях некоторые особенности литолого-тектонических условий месторождения являются факторами образования инженерно-геологических процессов (обвалы, осыпи, обрушения и др.), осложняющих отработку месторождений.

Обрушения, наряду с разрывными нарушениями, часто приурочиваются к контакту углисто-слюдистых сланцев, крутопадающих в сторону вырабатываемого пространства. Наиболее крупные обрушения формируются на участках бортов карьера в местах разрывных нарушений сбросо-сдвигового характера, объем которых 500-600 м³. Крупно-глыбовые обрушения развиваются при обнажении в сводовой части разрывных нарушений и на тех участках, где уступы расположены висячем боку разлома. Мелкообломочные обрушения (100-150 м³) наблюдаются в зонах дробления разломов, особенно в углисто-слюдистых сланцах (Мирасланов, Ахунжанов, 1985; Фозилов, 2013а; Мирасланов, Фозилов, 2012).

Интенсивность развития обрушений в сланцевых толщах обусловлена обводненностью массива и скоростью выветривания. Там, где карьерное поле сдренировано шахтными горизонтами, обрушения на бортах наблюдаются реже. При резком колебании суточной температуры сланцевая толща сильно подвергается выветриванию. Преимущественно развито физическое выветривание, определяемое пустынно-засушливым климатом района с жарким (среднемесячная температура +35,8°) летом и холодной зимой, где морозные дни превышают 50 дней в году (ниже -5°С) с колебанием суточной температуры поверхности почвы до 60-70°, воздуха до 40-45°. Восточные ветры, дующие около 300 дней в году со скоростью 3,3-6,5 м/с, преимущественно северо-западного направления, способствуют выдуванию в откосах заполнителей трещин, раскрытию их и образованию обрушений и осыпных явлений на уступах. Интенсивность осыпания зависит от литологического типа пород. Так, сланцевые толщи более подвержены выветриванию, чем алевролиты и песчаники. Во всех разновидностях пород в зонах тектонических нарушений осыпные массы в 1,5-2,0 раза больше, чем на других участках.

Таким образом, исследования деформации горных пород при открытой разработке месторождений полезных ископаемых показывают, что на формирование крупных инженерно-геологических процессов влияют в основном расположение разрывных нарушений относительно вскрытой поверхности бортов карьеров и степень литологической расчлененности массива. Самыми неблагоприятными в отношении устойчивости являются углы наклона разрывных нарушений и падения пластов, близкие к углам заложения бортов. Когда такие нарушения расположены перпендикулярно к бортам разреза, на общую устойчивость массива существенного влияния они не оказывают. Только при обнажениях на бортах могут образоваться небольшие местные осыпные явления.

Подземные горные выработки отрабатываются камерной системой, представляющей собой штольни, штреки и расщели.

В пределах месторождения Ауминза-Бельтауского гор-

ного массива большинство обрушений приурочено к контактной зоне углеродисто-кремнистых сланцев с филлитовидными, к зонам крупно-глыбового дробления надвиговых разрывных нарушений в глинистых метасоматических, филлитовидных сланцах и метабазах с тектонической глиной трения.

На месторождение Тамдытау, расположенном в южной субширотной гряде Центрального Кызылкума, выявленные обрушения и вывалы горных пород в подземных выработках связаны, прежде всего, с тектонической нарушением массива, степенью его обводненности, пространственным расположением горных выработок относительно разломов, а также с системами отработки и взрывными работами.

Анализ деформаций подземных горных выработок показывает, что угол отрыва вывалившихся пород изменяется в пределах 28-60°, протяженность их по выработке – 1,5-3,3 м, объем – 2,3-6,3 м³. Крупные вывалы отмечаются у кровли выработок в глиноподобных породах, которые контактируют с углеродисто-кремнистыми сланцами. Протяженность деформаций по выработке – 6 м, глубина захвата – 3,5 м, угол отрыва – 55-60°, объем – 63 м³.

Обрушения с небольшими объемами наблюдаются в углеродисто-кремнистых сланцах на контактах с другими разновидностями пород, выполненных глиной трения. Протяженность деформаций по выработке – 2-2,3 м, глубина захвата 1,3, объем 2-3 м³.

Таким образом, крупные деформации наблюдаются в глиноподобных породах, приуроченных к контакту углеродисто-кремнистых сланцев с филлитовидными сланцами и к разрывным нарушениям, заполненным глиной трения. Объемы обрушившихся и вывалившихся пород зависят от мощности однородных деформирующихся масс, ограниченных тектоническими нарушениями, переслаивающихся с другими разновидностями пород.

Исследования показали, что если горные выработки проходят в антиклинально или синклиналино залегающих углисто-слюдистых сланцах или в местах пересечения с наклонно залегающими алевролитами, то примерно на расстоянии 3-4 м от кровли выработки происходят обрушения, и если контакт увлажненный, то процесс происходит мгновенно. Таким образом, инженерно-геологические исследования в разведочных горных выработках месторождений позволили сделать вывод, что на всех месторождениях формируются аналогичные типы деформаций. Места формирования их приурочены к разрывным нарушениям и к контактам литологических разностей пород, заполненных глиной трения. Объемы и интенсивность развития процессов на месторождениях зависят от пространственного положения переслаивавшихся толщ, разрывных нарушений и контактов горных пород относительно горных выработок, степени их обводненности, технологии ведения горных работ и др.

На месторождениях, расположенных в пределах Мурнтауского горного массива, физические показатели пород изменяются в следующих пределах: у алевролитов различного состава объемный вес – 2,56-2,71 г/см³, составляя в среднем 2,67 г/см³, удельный вес варьирует в пределах от 2,58 до 2,73 г/см³. Влажность и пористость имеют незначительные величины, соответственно, до 0,5 и 0,61 %; у сланцев углисто-кварцевого, углисто-слюдистого и др. состава

объемный вес изменяется от 2,58 до 2,73 г/см³, среднее значение – 2,69 г/см³ (Фозиллов, Холияров, 2012).

Влажность, пористость и водопоглощение сланцев различного состава изменяются соответственно в пределах от 0,28 % до 0,85 %, от 0,23 % до 88 % и от 0,11 % до 36 %.

На бортах карьеров и стенках горных выработок прочностные и деформационные показатели на 20 % ниже, чем за пределами карьерного поля или до образования выемок. За счет разгрузки и динамических воздействий взрыва на бортах карьера и стенках горных выработок формируются искусственные трещины. При этом плотность трещины увеличивается почти в два раза, вследствие этого механические характеристики пород падают до 40 %. Обычно глубина распространения искусственных трещин достигает 3 м.

В горных выработках (шахты и карьеры) могут проявиться осложнения, выражающиеся в виде оползания бортов карьеров, осыпания пород, обрушения кровли подземных выработок, выдавливания пород в выработанное пространство и т.д.

На карьерах Центральных Кызылкумов сильно развиты осыпные явления, реже обрушения и обвалы, единичные оползни. Осыпи образуются и усиливаются под влиянием дезинтеграции пород, обусловленной физическим выветриванием, и зависят от литологической принадлежности пород. Например, сланцевые толщи более подвержены выветриванию и осыпанию (более чем в 2 раза), чем алевролиты и песчаники. Во всех разновидностях пород в зонах тектонических нарушений осыпные массы в 1,5-2 раза больше по объему, чем на других участках.

На бортах карьера Мурунтау осыпной материал накапливается в нижней (подножья) части откосов. Высота рыхлых накоплений достигает 1/2 -2/3 общей высоты откосов, образуя угол естественного откоса 38-45°. Осыпные явления часто препятствуют движению транспорта.

Обрушения и обвалы в большинстве случаев приурочены к рабочим уступам карьеров. В формировании этих процессов наряду с тектоническими нарушениями основную роль играет частое переслаивание сланцевых толщ с песчаниками и другими разновидностями пород. Наиболее крупные обрушения формируются на участках бортов карьеров, где имеются разрывные нарушения сбросово-сдвигового характера. Объем обрушившихся масс достигает на таких участках до 300-400 м³. Крупно-глыбовые обрушения развиваются, в основном, висячем борту, мелкообломочные – в приразломных зонах. Объем обрушившихся масс в зависимости от геолого-тектонических условий и горнотехнических параметров карьеров изменяется от 100-150 до 300-400 м³. Обрушения, в основном, протекают мгновенно, представляя наибольшую опасность на нижележащих уступах.

Оползневые явления на карьере Мурунтау формируются довольно часто. Это связано с тем, что карьер глубокий и умеренно обводненный. Единичные оползни приурочены к лежащим бортам, где разрывные нарушения падают согласно углам падения пород и откосов. Объемы оползневых масс составляют до 94,5 тыс. м³ (Фозиллов, 2013б).

Результаты физико-механических свойств горных пород. Физические свойства пород у всех литологических разновидностей в монолитном (слабо-трещиноватом) состоя-

нии с глубиной изменяются незначительно (0,2-0,3 % и редко до 0,55 %), а в сильнотрещиноватых и в зонах дробления физические характеристики существенно отличаются от монолитной части массива: объемный вес – от 2,44 до 2,69 г/см³, влажность – от 0,46 до 0,96 %, пористость – от 0,33 до 0,9 % и водопоглощение – от 0,21 до 0,69 %.

Породы всех литологических разновидностей в образце прочные, характеризуются высокими значениями сопротивления одноосному сжатию, растяжению и коэффициента крепости: наиболее прочными (вне зон дроблений) в разрезе являются алевролиты (алевролитовые песчаники) различного состава, временное сопротивление сжатию достигает 180 МПа, а наиболее слабыми являются углисто-слюдистые сланцы, временное сопротивление сжатию не превышает 60-70 МПа, степень окварцования сильно влияет на прочность пород в массиве, где временное сопротивление сжатию в среднем повышается на 25-30 %, наиболее ослабленные места разреза приурочены к породам сильнотрещиноватых и раздробленных зон, где угол внутреннего трения в сильнотрещиноватых породах изменяется от 28 до 43°, в раздробленных породах варьирует в пределах от 18 до 35°, сцепление соответственно изменяется от 2,0 до 4,1 и от 0,8 до 2,5 МПа.

Для месторождения Дальнее физические свойства изученных отложений не имеют существенных расхождений, т.е. около 75 % породы имеют объемный вес 2,60-2,65 г/см³, 1-2 % имеют вес более 2,65 г/см³ и 23-24 % – менее 2,60 г/см³. Аналогичное изменение наблюдается в удельных весах этих разновидностей, т.е. около 80 % имеет 2,65-2,70 г/см³, 5 % менее 2,65 г/см³ и 15 % более 2,7 г/см³. Эти свойства горных пород всех литологических разновидностей с глубиной заметно не изменяются, но отмечается склонность к увеличению. Коэффициент размягчения у сильнотрещиноватых пород составляет 0,85-0,87, а слабо-трещиноватых более 0,9.

На месторождении Дальнее наиболее прочными породами (вне зон интенсивно трещиноватых пород и зон дробления) являются сиенито-диориты, гранодиорит порфиры, граниты, кварцевые порфиры, временное сопротивление сжатию которых изменяется от 75 до 240 МПа.

Прогноз инженерно-геологических процессов. На рисунке 1 представлен прогноз возможных зон формирования инженерно-геологических процессов, которые могут произойти при разработке месторождений. Прогноз выполнен для своевременного предупреждения и обоснования соответствующих мероприятий по их предотвращению или снижению негативных последствий, а также для обеспечения безопасности работы людей и механизмов.

При открытом способе разработки формируются такие типы инженерно-геологических процессов, как оползни, обрушения, обвалы, осыпи, выветривание, разуплотнение, размыв (плоскостная эрозия) и развеивание горных пород (в рыхлых отложениях) на откосах уступов бортов карьеров (Мирасланов, Фозиллов, 2012; Фозиллов, 2013б).

Рудные и рудовмещающие породы и их прочностные показатели углеродисто-кремнистых и филлитовидных сланцев изменяются в следующих пределах:

- Сопротивление сжатию – от 2 до 250, в некоторых образцах достигает 300 МПа. Самыми слабыми являются глиноподобные породы, сопротивление сжатию при естественном состоянии которых изменяется от 17,5 до

32,3 МПа. При водонасыщении их прочность падает в 2 и более раза (от 2 до 14,6 МПа).

- Динамический модуль упругости, также как и другие механические показатели пород, изменяется в зависимо-

сти от литологической изменчивости, трещиноватости и сложности: у углеродисто-кремнистых сланцев варьирует от 13436,1 до 29246,2 МПа; у филлитовидных сланцев и глинистых метасоматитов – от 12443,6 до 30450,4 МПа; у алевролитов и метабазитов варьирует от 13831,3 до 29861,7 МПа.

- Граниты, филлитовидные и углеродисто-кремнистые сланцы имеют различную прочность, у них в большем или меньшем (количестве) объеме встречаются все выделенные 5 категорий прочности.

Глиноподобные породы имеют слабую прочность и относятся к «слабой» и «низкопрочной» категориям, а у песчаников наоборот. Они, в основном, относятся к «весьма прочной» и «высокопрочной» категориям.

При разработке месторождений твердых полезных ископаемых нередко наблюдаются инженерно-геологические процессы и явления, обусловленные пластической деформацией горных пород на контурах выработок шахт и карьеров.

Проведенные исследования реологических свойств показали, что при глубинах разработки полезных ископаемых в Центральных Кызылкумах ниже 300 м возможно аналогичное выдавливание вмещающих пород в горные выработки, что отрицательно скажется на ведении горных работ. Наиболее высокой ползучестью, а следовательно, и способностью к выдавливанию в горные выработки обладают следующие породы: метаморфизованные кварцево-сланцевые аргиллиты, кварцево-углистые сланцы, филлитовидные сланцы и глиноподобная порода. В этих породах при замачивании в шахтной воде степень ползучести возрастает не во всех случаях (Фозилов, 2013а).

При длительном воздействии горного давления даже в условиях увлажнения шахтной водой неиспытанные породы могут подвергаться лишь относительно малым деформациям ползучести, зна-

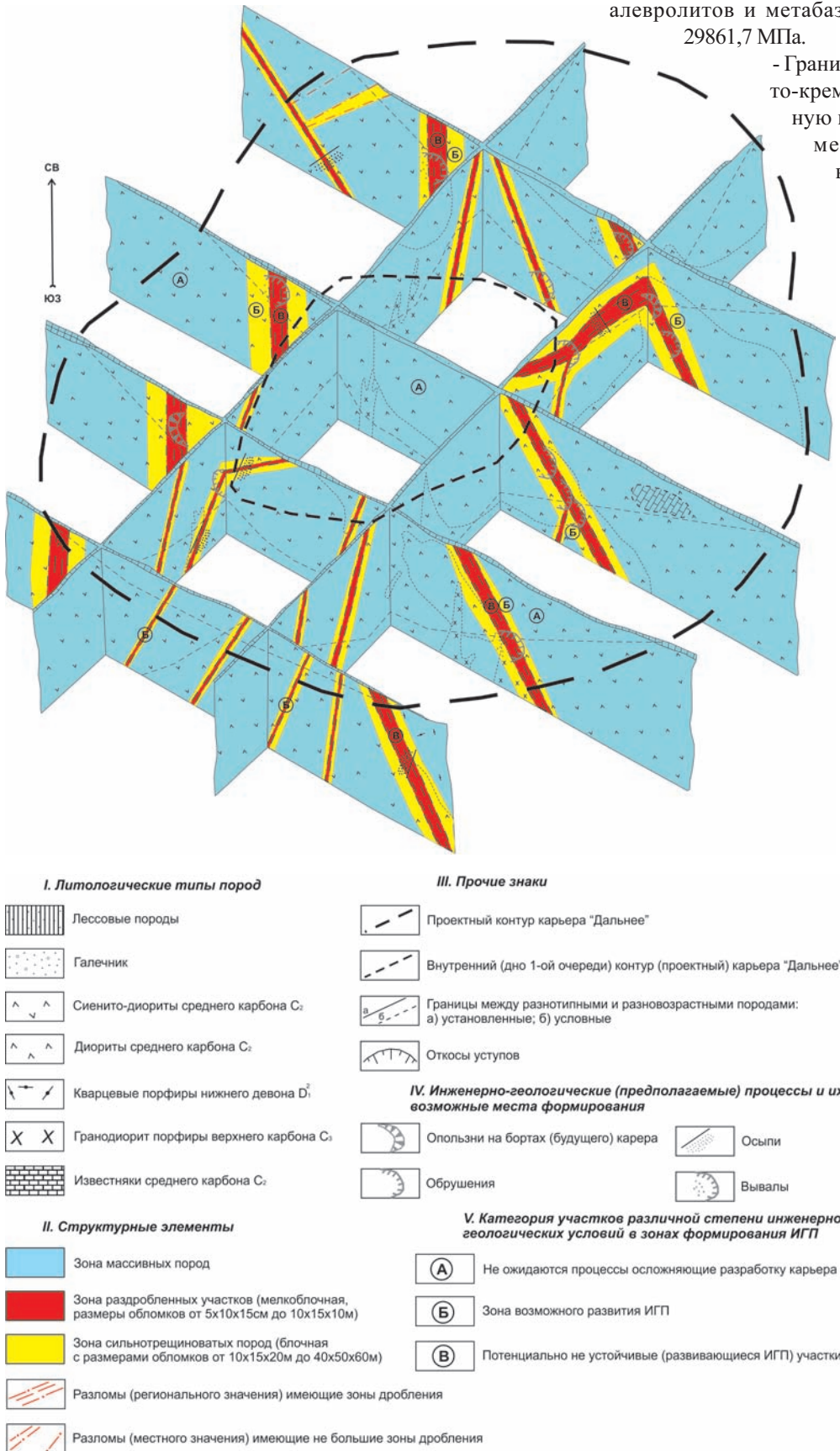


Рис. 1. Блок-диаграмма геолого-структурного строения месторождения Дальнее для прогнозирования зоны формирования инженерно-геологических процессов при открытом способе разработки.

чительно меньшим по сравнению с мгновенными упругими деформациями.

К открытым работам в горном деле относятся все виды добычи полезных ископаемых в карьерах и траншеях, создаваемых на поверхности земли. Степень нарушения земель и с ними связанные изменения геологической среды при открытых работах, главным образом, зависят от объема вскрышных пород, глубины и площади карьера.

Ввиду разобщенности рудных залежей и неглубоких залеганий, разработка ведется отдельными карьерами. В частности, Кокпатаское (рудное поле) месторождение разрабатывается 12 карьерами. Максимальная глубина карьеров – 200-250 м, а площадь карьерного поля – от 0,5 до 1,5 км². Мурунтауское месторождение разрабатывается двумя карьерами (Мурунтау и Мютенбай) (Фозиллов, 2013б).

Инженерно-геологические процессы при подземном способе разработки. В настоящее время на территории Центральных Кызылкумов действует несколько рудников, разрабатываемых подземным способом. В перспективе (в ближайшие 10-15 лет) к добыче будут привлекаться более глубокие горизонты. Анализ материалов шахты «М» (Мурунтау) и действующих рудников, расположенных в Нуратинских горах, показывает, что площадь занятая шахтными отвалами зависит от мощности рудника и от продолжительности эксплуатации и на сегодняшний день составляет от 0,02 до 0,5 км² (шахта «М» – около 0,6 км²), высота отвалов – от 5 до 30 м. Территории, занятые объектами, входящими в состав комплекса подземной добычи полезных ископаемых, составляют до 0,4-0,6 км², т.е. вдвое больше, чем площади под шахтными отвалами.

При подземной разработке глубоких горизонтов развиваются следующие инженерно-геологические процессы (Рис. 2):

- обрушения кровли горных выработок, в основном они приурочены к узловой части пересечения двух разломов, объемы которых достигают 5-10 м³;

- вывалы, наблюдаются очень часто; приурочены к местам пересечения двух и более крупных трещин или оперяющих разломов, объемы небольшие – 3-4 м³, иногда 5-6 м³.

Изменение геологической среды (изменения геоморфометрических характеристик местности). Формируются, современные (антропогенные), раздробленные, перемещенные отложения, совершенно отличающиеся по всем геологическим элементам от коренного залегания. Это отвальные грунты, создающие плюсовой рельеф, высотой достигающей до 60 м, площадью до 3 км². Карьеры, создающие минусовой рельеф, глубиной более 500 м, площадью до 2,3 км². Здесь все геологические элементы сохраняются, изменяются гидрогеологические и инженерно-геологические условия.

При открытой разработке месторождений основную часть изменений геологической среды составляют отвалы пустых пород и некондиционных руд. Площадь, занимаемая отвалами, превышает в 3-4 раза площадь карьерного поля.

Отвалы пустых пород занимают большую площадь, так как она составляет 60-65 % от земельного отвода. Кроме отвального хозяйства и самого карьерного поля ведение

открытых работ подвергается изменению геологической среды на площади земельного отвода размещением специальных и вспомогательных сооружений и оборудования (транспортные подъездные пути, железнодорожные ветви, ЛЭП, промышленные площадки, гаражи, складские помещения, жилищно и культурно-бытовые здания и др.), которые входят в комплекс добычи полезных ископаемых открытым способом, общая площадь которых составляет 2-3 км² или до 25 % от земельного отвода.

Главным местом изменения геологической среды являются территории, занятые шахтными отвалами и площади, где располагаются технические средства, объекты хозяйственного, бытового обслуживания и конторы, жилые помещения и др.

Выводы

На основе проведенных исследований на Центральном-Кызылкумском горнопромышленном районе и выявленных особенностей инженерно-геологических условий при разработке глубоких горизонтов месторождений твердых полезных ископаемых можно сделать следующие выводы.

- Геологическое строение данного региона представлено переслаиванием известняков с кремнистыми сланцами, рассланцованными песчаниками, алевролитами и глинистыми сланцами и др. Частота переслаивания пород, неравномерно проявленные вторичные изменения в них, различающиеся физико-механическими свойствами и составом, усложняют инженерно-геологические условия месторождения.

- Разрывные нарушения относятся к деформациям сбросо-сдвигового типа, представленным серией сближенных трещин и зон дробления. На месторождениях Центральных Кызылкумов развиты непротяженные тектонические трещины, среди которых выделяются трещины отслоения, отрыва и скола. В основном, разрывные нарушения в данном регионе представлены тремя основными системами:

- а) запад-северо-западное субширотное направление, которое выражено в виде крупных зон дробления, имеющих преимущественно северное простирание под углом 65-75°;

- б) северо-восточное направление, являющееся основной системой диагональных (поперечных) нарушений в отношении бортов карьера, которые представлены менее мощными и более протяженными по сравнению с первой системой зонами дроблений ;

- в) север, северо-западное субмеридиональное простирание по сравнению с другими, распространенными значительно реже, развитыми в центральной части рудного поля, с мощностью зон дробления не более 0,5-0,7 м.

- Формирование инженерно-геологических процессов в большинстве случаев приурочено к рабочим уступам карьеров, которые формируются наряду с тектоническими нарушениями, основную роль играет частое переслаивание сланцевых толщ с песчаниками и другими разновидностями пород. Наиболее крупные обрушения формируются на участках бортов карьеров, где имеются разрывные нарушения сбросо-сдвигового характера.

- Изменение гидрогеологических условий региона будет связано, в основном, с рудничным водоотливом. Во-

доотлив вызывает гидродинамическое и гидрохимическое воздействие. В итоге происходит изменение естественного режима подземных вод, формирование депрессионной воронки, изменение химического состава подземных вод. Формирование депрессионной воронки приведет к осушению части водоносного комплекса на глубину отработки до 350 м с радиусом депрессии до 3 км. Нарушается

естественная гидрохимическая обстановка. Химический состав шахтных и карьерных вод отличается от вод, окружающих горные выработки, т.к. формирование их связано с процессами смешения вод рудных горизонтов, взаимодействия подземных вод с шахтной атмосферой и породами, вскрытыми горными выработками. Активируются процессы окисления и выщелачивания, повышается

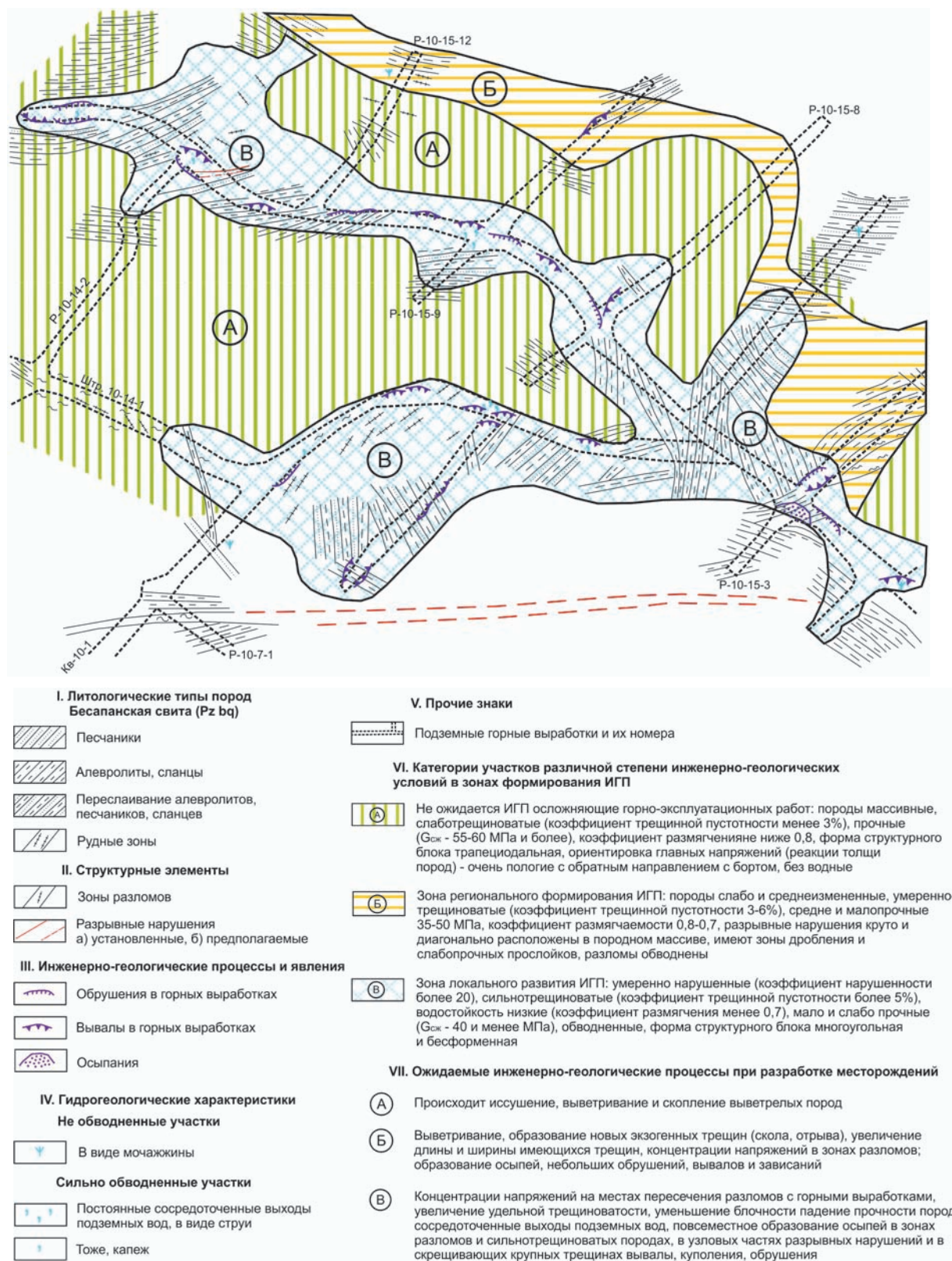


Рис. 2. Макет специальной инженерно-геологической карты зоны формирования инженерно-геологических процессов на месторождениях, разрабатываемых подземным способом (фрагмент для горизонта +140м месторождения Амантайтау).

минерализация, жесткость, содержание сульфатов, оживляется активность водообмена. Из-за повышенной кислотности воды становятся агрессивными к металлическому оборудованию. Происходит загрязнение подземных вод нефтепродуктами, маслами, взвешенными частицами.

Литература

- Арипова Ф.М. и др. Физико-механические свойства горных пород рудных месторождений Узбекистана. Т. 2006. С. 128-129.
- Мирасланов М.М., Ахунжанов А.М. Инженерно-геологические условия месторождений Центральных Кызылкумов. Сб. «Вопросы Региональной гидрогеологии и инженерной геологии Средней Азии». Тр. Института ГИДРОИНГЕО. 1985. С. 69-71.
- Мирасланов М.М., Фозиллов Э.М. Инженерно-геологические процессы на открытых горных выработках и их оценочные параметры. Научно-техн. конф. «Проблемные вопросы гидрогеологии, инженерной геологии, геоэкологии и пути их решения». Ташкент. 2012. С. 103-105.
- Фозиллов Э.М. Оценка инженерно-геологических условий эксплуатации месторождений твердых полезных ископаемых Узбеки-

стана. Вестник НУУЗ. Спец. вып. Ташкент. 2013. С. 135-138.

Фозиллов Э.М. Оценка формирования инженерно-геологических процессов на карьере Мурунтау. 5-я Межд. науч. конф. «Фундаментальная и прикладная геологическая наука: достижения, перспективы, проблемы и пути их решения». Баку. 2013. С. 339-342.

Фозиллов Э.М., Холияров У.А. Исследование инженерно-геологических процессов образовавшихся при подземном способе разработки месторождений твердых полезных ископаемых. Вестник ТашГТУ. Вып. 3-4. Ташкент. 2012. С. 155-159.

Сведения об авторе

Эльёр Махмудович Фозиллов – старший научный сотрудник Государственного предприятия «Институт гидрогеологии и инженерной геологии» Государственного комитета по геологии и минеральным ресурсам Республики Узбекистан

100041, г. Ташкент, ул. Олимлар, 64.

Тел: +(998 90) 904-02-42

Features of Engineering-Geological Conditions By Exploitation of Mineral Deposits of Central-Kyzylkum Mining Area

E.M. Fozilov

State Enterprise «Institute of hydrogeology and engineering geology», Tashkent, Uzbekistan
E-mail: elyor_f@mail.ru

Abstract. In article educe features of engineering-geological conditions by exploitation of mineral deposits the deep horizons of Central-Kyzyl-Kum mining area. The general data about Central-Kyzyl-Kum are resulted is mountain-industrial region. Features of a geological structure are revealed (interbedding, modularism) area, also is given the hydrogeological and engineering geological characteristic of conditions area. Dissemination of dislocation with a break of continuity is connected with deformations of the border fault type, the presented a series contiguous cracks and crushing zones. Within deposits Central-Kyzyl-Kum are generalized developed tectonic cracks. The analyzed physics mechanical properties of rocks some deposits and their change with depth. The estimation of change of the geological environment by open cut mining and underground mining of mineral deposits of Central-Kyzyl-Kum mining area. The analyzed developments of engineering-geological processes, and also development of exogenetic process in natural conditions of Central-Kyzyl-Kum mining area.

Keywords: deep horizon, rock fall, inrush, collapse, landslide, deflation, eolation, karst, disintegration of rock, crush belt, faulting, tectonic fractures.

References

- Aripova F.M. et al. Fiziko-mekhanicheskie svoystva gornyykh porod rudnykh mestorozhdeniy Uzbekistana [Physico-mechanical properties of rocks of the ore deposits of Uzbekistan]. Vol. 2006. Pp. 128-129.
- Miraslanov M.M., Akhunzhanov A.M. Inzhenerno-geologicheskie usloviya mestorozhdeniy Tsentral'nykh Kyzylkumov [Geotechnical conditions of the Central Kyzyl Kum fields]. *Sbornik Trudov. «Voprosy Regional'noy gidrogeologii i inzhenernoy geologii Sredney Azii»* [Proc. of the «Issues of Regional Hydrogeology and Engineering Geology of Central Asia». GIDROINGEO. 1985. Pp. 69-71.

Miraslanov M.M., Fozilov E.M. Inzhenerno-geologicheskie protsessy na otkrytykh gornyykh vyrabotkakh i ikh otsenochnye parametry [Geotechnical processes in open mines and their performance parameters]. *Respublikanskaya nauchno-tehnicheskaya konferentsiya. «Problemnye voprosy gidrogeologii, inzhenernoy geologii, geoekologii i puti ikh resheniya»* [Proc. Republican Sci. Conf. «Problems of Hydrogeology, Engineering Geology, Environmental Geoscience and ways of solution»]. Tashkent. 2012. Pp. 103-105.

Fozilov E.M. Otsenka inzhenerno-geologicheskikh usloviy ekspluatatsii mestorozhdeniy tverdykh poleznykh iskopaemykh Uzbekistana [Evaluation of engineering geological conditions of solid mineral deposits development in Uzbekistan]. *Vestnik NUUZ* [Bulletin NUUZ. Special Edition]. Tashkent. 2013. Pp. 135-138.

Fozilov E.M. Otsenka formirovaniya inzhenerno-geologicheskikh protsessov na kar'ere Muruntau [Evaluation of engineering geological formation processes of Muruntau career]. *V Mezhd. nauchnaya konf. «Fundamental'naya i prikladnaya geologicheskaya nauka: dostizheniya, perspektivy, problemy i puti ikh resheniya»* [Proc. V Int. Sci. Conf. «Fundamental and applied geological science: achievements, prospects, problems and ways of solution»]. Baku. 2013. Pp. 339-342.

Fozilov E.M., Kholiyarov U.A. Issledovanie inzhenerno-geologicheskikh protsessov obrazovavshikhsya pri podzemnom sposobe razrabotki mestorozhdeniy tverdykh poleznykh iskopaemykh [Research of engineering-geological processes formed during the process of developing an underground deposits of solid minerals]. *Vestnik TashGTU* [Bulletin of Tashkent State Technical University]. Is. 3-4. Tashkent. 2012. Pp. 155-159.

Information about author

Fozilov Elyor – senior researcher at the State Enterprise «Institute of Hydrogeology and Engineering Geology» («Institute HYDROENGEO») of the State Committee on Geology and Mineral Resources of the Republic of Uzbekistan.

Uzbekistan, 100041, Tashkent, Olimlar str., 64.

Tel: +(998 90) 904-02-42