

## ГИДРОГЕОЛОГИЯ

УДК 556.3:553.98(07)

**Особенности гидросферы нефтегазоносной Бузулукской впадины Оренбуржья****А.Я. Гаев<sup>a,b</sup>, Е.Б. Савилова<sup>b</sup>, О.Н. Маликова<sup>c</sup>**<sup>a</sup>Оренбургский научный центр УрО РАН, 460000, Оренбург, ул. Пионерская, 11. E-mail: ikvs@mail.esoo.ru<sup>b</sup>Институт экологических проблем гидросферы при Оренбургском государственном университете, 460018, пр. Победы, 13

E-mail: geologia@mail.osu.ru

<sup>c</sup>Тюменский индустриальный университет, Институт транспорта, 625039, Тюмень, ул. Мельникайте, 72, каб. 301. E-mail: mar22@tsogu.ru*(Статья поступила в редакцию 29 апреля 2016 г.)*

Ресурсы дефицитных пресных подземных вод в регионе сосредоточены в приречных зонах, где трещиноватость пород благодаря неотектонике обновляется и подземные воды накапливаются в аллювии и в трещинных зонах подстилающих пород. Эта трещиноватость не затухает под речными долинами, проявляясь в глубоких горизонтах земной коры повышенной водопроницаемостью пород и значительными удельными дебитами глубоких скважин. В качестве технической воды нефтепромыслов вместо дефицитных пресных можно использовать соленые воды и рассолы.

Ключевые слова: *гидросфера, неотектоника, трещиноватость, пресные воды, водообмен.*

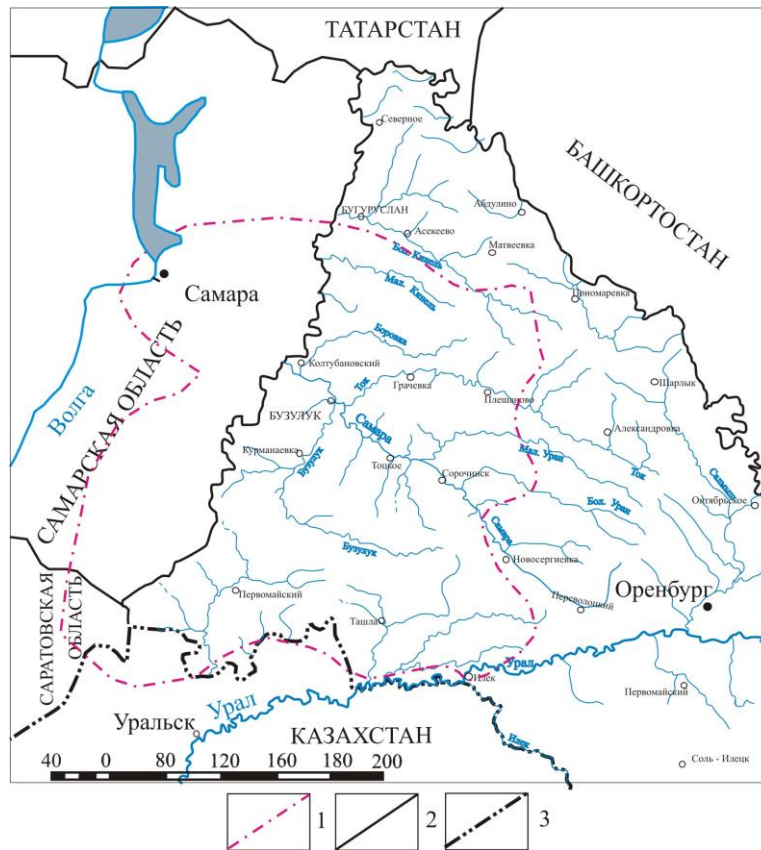
DOI: 10.17072/psu.geol.33.18

**Общие сведения о регионе и его проблемах**

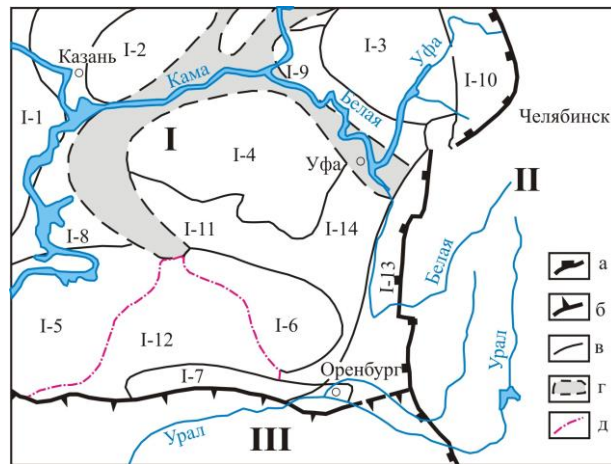
Бузулукская впадина находится на юго-востоке Восточно-Европейской платформы и приурочена к западной части Оренбуржья и частично к соседнему региону (рис. 1) [5].

На схеме гидрогеологического районирования показаны основные гидрогеологические структуры и реки региона (рис. 2). С середины прошлого века здесь ведутся геологические и гидрогеологические съемки масштаба 1:200000, а также проводятся другие исследования. По центральной части Бузулукской впадины с

учетом гидрогеологической стратификации разреза ВСЕГИНГЕО построены гидрогеологические карты и схемы с характеристикой водоносных комплексов зон активного (выше водоупора казанского возраста), замедленного и весьма затрудненного водообмена [6, 8]. Гидрогеологические параметры выбраны нами с учетом ранее выявленных закономерностей формирования подземных вод региона [7, 9]. Регион относится к зоне недостаточного увлажнения с величиной испарения вдвое выше количества осадков. Водный дефицит тормозит его социально-экономическое развитие и создает трудности при нефтедобыче.



**Рис. 1.** Обзорная карта района исследований. Границы: 1 – Бузулукской впадины; 2 – Оренбургской области и регионов России; 3 – России с Казахстаном



**Рис.2.** Схема гидрогеологического районирования Оренбуржья и сопредельных районов [3]. Границы: а – крупнейших надпорядковых гидрогеологических структур Русской платформы с Волго-Камским (I), Прикаспийским артезианскими бассейнами (III) и Уральской гидрогеологической складчатой областью (II); б – Волго-Камского и Прикаспийского артезианских бассейнов; в – артезианских бассейнов, сводов и моноклиналей более высокого порядка; г – Камско-Кинельской системы палеоартезианских бассейнов; д – Бузулукской впадины. Артезианские своды: I-1 – Токмовский, I-2 – Кукморский, I-3 – Башкирский, I-4 – Альметьевско-Белебеевский, I-5 – Жигулевско-Пугачевский, I-6 – Оренбургский, I-7 – Приборттовой Прикаспийский. Артезианские бассейны более высокого порядка: I-8 – Мелекесский, I-9 – Благовещенский, I-10 – Юрюзано-Сылвенский, I-11 – Серноводско-Абдуллинский, I-12 – Бузулукский, I-13 – Бельский, I-14 – Юго-Востоchno-Русская артезианская моноклиналь

Основным источником хозяйственно-питьевого водоснабжения служат воды аллювиального водоносного горизонта. Они используются пока и для поддержания пластового давления на нефтепромыслах. Но дефицит пресных вод выдвигает задачи не только по уточнению ресурсов пресных вод, но и по оценке ресурсов соленых вод и рассолов, которыми необходимо заменить пресные воды при техническом водоснабжении нефтепромыслов. Для решения этих задач нами систематизирована информация о гидрогеологических параметрах: мощности водоносных горизонтов и комплексов по глубинам залегания уровня подземных вод, их напорам и дебитам, химическому составу и коэффициентам фильтрации пород, их водопроницаемости и пьезопроницаемости. Для оценки интенсивности подземного стока нами использованы и генерализованы данные других авторов [5, 6].

Н.А. и А.А. Донецковыми прогнозные ресурсы соленых вод и рассолов в регионе оценены совместно для зон замедленного и весьма затрудненного водообмена. Построены карта прогнозных ресурсов вод масштаба 1:200 000 и схематическая карта водопроницаемости пород. Рассолы зоны весьма затрудненного водообмена охарактеризованы комплексом карт, отражающих параметры их динамики и химизма в масштабе 1:500 000. По нескольким водоносным комплексам указанными авторами построена одна карта прогнозных ресурсов рассолов в масштабе 1:200 000. На картах даны приведенные статические уровни вод, их температура, коэффициенты водопроницаемости и эффективной мощности пород, глубины залегания кровли и подошвы водоносных комплексов и дебиты скважин. На картах прогнозных ресурсов вод зон активного и замедленного водообмена даны модули среднемноголетнего притока подземных вод в реки в летне-осеннюю межень. Путем решения гидродинамической задачи первого рода оценены ресурсы рассолов зоны весьма затрудненного водообмена

по максимальной производительности скважин. Учтены данные и по поисково-разведочным скважинам.

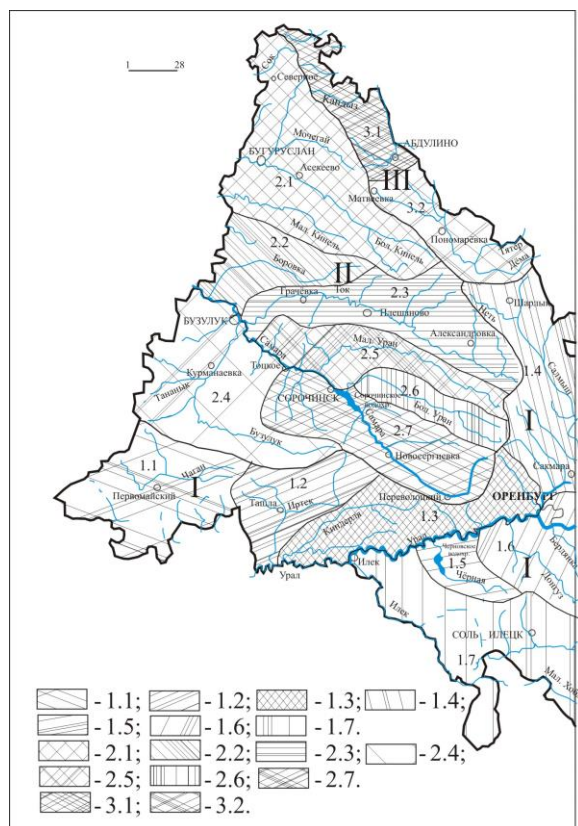
### Анализ ситуации

Построена схема бассейнов водного стока исследуемых районов, на основе имеющихся данных (рис. 3). В зоне активного водообмена выделены бассейны стока [1, 3]. На схеме учтены данные по водозаборным скважинам и результаты наземных и дистанционных методов исследования с применением многоцелевых авиационных, оснащенных аппаратурой в тепловом, оптическом, инфракрасном, рентгеновском и радиоволновых диапазонах. Цветные синтезированные карты масштаба  $1:40000 \div 1:1000000$  позволяют уточнить условия формирования природных вод, состояние лесных сообществ, почв, сельхозугодий, техногенных объектов и систематизировать информацию об источниках загрязнения природных вод и окружающей среды.

Охарактеризованы применяемые технологии, реагенты, очистные сооружения, отходы и сточные воды каждого предприятия. Воды загрязняются хлором, серой, азотом, углеродом, а также натрием, кальцием, магнием и тяжелыми металлами. Нефтепродукты мигрируют в водных потоках на сотни километров от их источников. Техногенные объекты загрязняют природные воды и подтапливают территорию. Так, в селе Пронькино Сорочинского района подтопление и загрязнение водоемов произошли в связи с необоснованным строительством водохранилища выше по течению от села и дамбы через речку в самом селе. Были подтоплены подвалы домов и загрязнены источники водоснабжения населения соединениями азота, тяжелыми металлами и нефтепродуктами.

Дешифрированием аэрокосмоснимков выделены морфоструктуры, соответствующие тектонически ослабленным приречным зонам. При помощи модуля подземного стока пресных вод по данным более

чем 300 водозаборных скважин установлено, что интенсивность их стока в приречных зонах значительно выше, чем на водоразделах и склонах долин (рис.3).



**Рис. 3.** Бассейны водного стока Бузулукской впадины и сопредельных районов. Макробассейны: I – Уральский; II – Волжский; III – Камский. Мезобассейны: 1.1 – Чаганский;

1.2 – Иртекский; 1.3 – Киндерлинский; 1.4 – Сакмарский; 1.5 – Черновской; 1.6 – Урало-Донгузский; 1.7 – Илекский; 2.1 – Бугурусланский; 2.2 – Боровский; 2.3 – Токский; 2.4 – Бузулукский; 2.5 – Мало-Уранский; 2.6 – Большой Уранский; 2.7 – Верхне-Самарский; 3.1 – Кандызский; 3.2 – мезобассейн Дёмы

Именно здесь формируются зоны сосредоточения подземных вод [2] с повышенной интенсивностью стока (табл. 1, рис. 4). Например, в Токском мезобассейне он в 35 раз выше в приречных зонах, чем на водоразделах, в Боровском и Мало-Уранском – в 5 раз и более. А в мезобассейне Демы эта разница составляет всего 1,5 раза, что обусловлено спокойным неотектоническим режимом бассейна. С активизацией поднятий обновляется тектоническая трещиноватость в этих зонах и растет их водоносность.

В нашем регионе водосборы сложены верхнепермскими, фациально-невыдержанными, слабопроницаемыми породами. Миграционная способность растворенного вещества в них обычно меньше подвижности воды-растворителя, поэтому возникают эффект градиента химического потенциала и механизм осмотического течения [4, 10, 11].

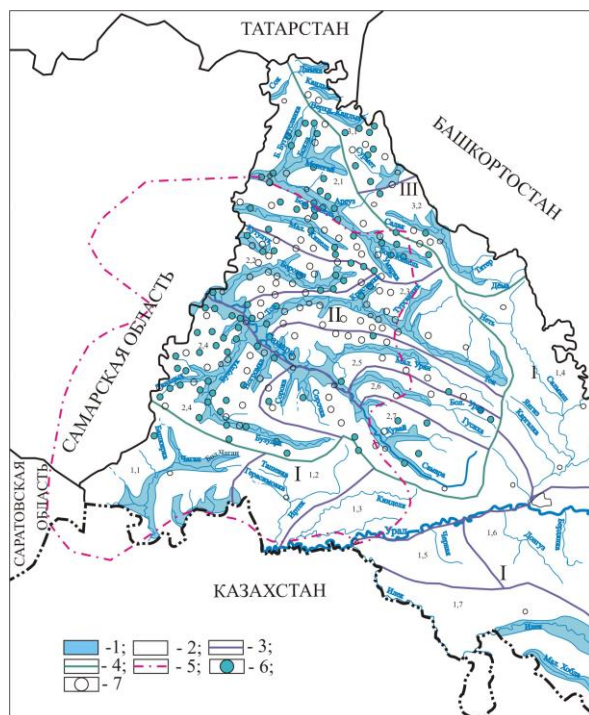
**Таблица 1.** Интенсивность подземного стока в разных бассейнах

Мезобассейны стока	Зоны	Удельный дебит, л/сек·м с км <sup>2</sup>		
		Максимальный	Минимальный	Средний
Кандызский	Приречные	3,1	0,03	1,07
	Водораздельные	1,7	0,045	0,5805
Демы	Приречные	0,67	0,09	0,38
	Водораздельные	0,367	0,07	0,22
Бугурусланский	Приречные	13,33	0,4	1,523
	Водораздельные	3,0	0,01	0,379
Боровской	Приречные	6,67	0,05	1,39
	Водораздельные	4,08	0,05	0,168
Токский	Приречные	25,0	0,05	2,513
	Водораздельные	0,16	0,01	0,07
Бузулукский	Приречные	7,0	0,06	1,14
	Водораздельные	2,7	0,02	0,607
Мало-Уранский	Приречные	2,5	0,01	0,727
	Водораздельные	0,106	0,01	0,147



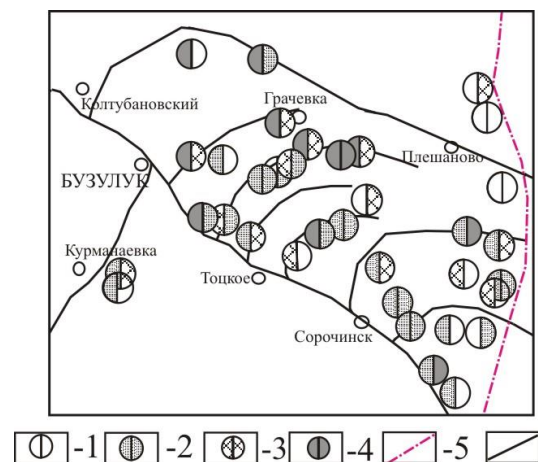
**Таблица 2.** Площади с повышенной водопроницаемостью и дебитом скважин в визейско-нижнемосковском терригенно-карбонатном водоносном комплексе, приуроченные к приречным зонам

Разведочная площадь	Интервал отбора, м (абсолютная отметка)	Эффективная мощность водоносного комплекса	Водопроницаемость, м <sup>2</sup> /сут	Дебит, м <sup>3</sup> /сут
Воронцовская	1705-2683	246	63,98	-
Ероховская	1710-2645	243	65,95	-
Новоселовская	1708-2645	223	112,34	31,21
Покровская	1633-2290	221	82,88	32,3
Никифоровская	1812-2510	161	107,55	23,8
Пронькинская	1664-2338	192	39,17	-
Родинская	1632-2292	193	84,53	50,4
Погромненская	1838-2570	158	-	30,0
Скоковская	1648-2297	190	39,33	-
Никольская	1633-2300	188	50,57	26,2
Солоновская	1657-2286	190	21,28	53,5
Смоляная	1674-2292	162	35,48	-
Казанская	2050-2743	147	41,01	-
Веселовская	1705-2344	162	-	64,3
Боголюбовская	1685-2331	162	35,80	-



**Рис. 4.** Схематическая карта приречного и водораздельно-склонового водного стока с территории Бузулукской впадины и сопредельных районов. Зоны: 1 – приречные (1) и водораздельно-склоновые (2). Границы: 3 – макробассейнов стока; 4 – мезобассейнов; 5 – Бузулукской впадины. Водозаборные скважины с удельным дебитом: 6 – повы-

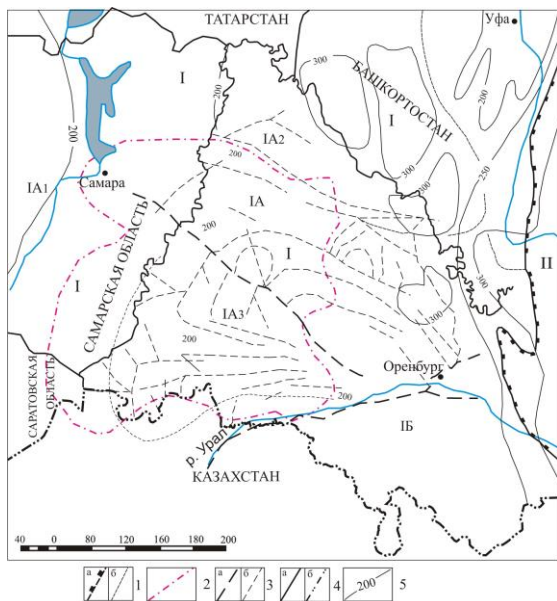
шенным ( $D \geq 0,3$  л/сек·м); 7 – пониженным ( $D < 0,3$  л/сек·м). Обозначения макро- и мезобассейнов стока см. на рис. 3



**Рис. 5.** Фрагмент карты гидродинамических параметров глубоких водоносных горизонтов в восточной части Бузулукской впадины. 1 – параметры: слева – водопроницаемость, м<sup>2</sup>/сут; справа – дебит, м<sup>3</sup>/сут; 2 – значения: водопроницаемости 10÷30 м<sup>2</sup>/сут; дебита – 10-30 м<sup>3</sup>/сут. 3 – значения: водопроницаемости 30÷50 м<sup>2</sup>/сут; дебита – 30-50 м<sup>3</sup>/сут. 4 – значения: водопроницаемости > 50 м<sup>2</sup>/сут; дебита – > 50 м<sup>3</sup>/сут. Границы: 5 – Бузулукской впадины; 6 – тектонических нарушений

**Таблица 3.** Площади с повышенной водопроницаемостью и дебитом скважин в среднефранско-турнейском карбонатном водоносном комплексе, приуроченные к приречным зонам

Разведочная площадь	Интервал отбора, м (абсолютная отметка)	Эффективная мощность водоносного комплекса	Водопроницаемость, м <sup>2</sup> /сут	Дебит, м <sup>3</sup> /сут
Покровская	2290-3098	120	50,16	44,6
Родинская	2292-3163	143	93,67	41,3
Погромненская	2570-3396	121	37,15	-
Шулаевская	2557-3445	121	-	38,0
Скоковская	2970-3190	143	-	39,6
Солоновская	2286-3078	138	-	34,6
Ивановская	1900-2657	120	-	37,8
Ольховская	2342-3105	120	25,32	34,3



**Рис. 6.** Карта-схема новейшей тектоники Южного Предуралья (по А.П. Сигову, с уточнениями авторов). Геоморфологические районы: I. Русская равнина. I-A – приподнятая денудационная равнина: IA<sub>1</sub> – Приволжской возвышенности, IA<sub>2</sub> – Бугульминско-Белебеевской возвышенности, IA<sub>3</sub> – Общего Сырта. IB – континентально-морская аккумулятивная равнина. II – Уральские горные сооружения. Границы: Ia – геоморфологических регионов, Ib – геоморфологических районов; 2 – Бузулукской впадины; 3 – тектонических нарушений: а – соответствующих приречным зонам крупных рек, б – соответствующих приречным зонам их притоков; 4а – Оренбургской области и регионов России, 4б – России с Казахстаном; 5 – изолинии амплитуд новейших поднятий

Это хорошо проявляется на юге Бузулукской впадины, где модули подземного стока на приподнятом правобережье Урала в 3÷5 раз выше, чем на равнинном левобережье из-за различного неотектонического режима. Трещиноватость пород, неотектонически обновленная, не затухает под речными долинами и фиксируется в глубоких скважинах повышенной водопроницаемостью пород и водопритоками (рис. 5, табл. 2 и 3). Выявленные нами закономерности необходимо учитывать на неотектонических картах (рис. 6).

### Выводы

1. Ресурсы пресных подземных вод в регионе сосредоточены в приречных зонах, где трещиноватость пород обновлена и воды накапливаются вниз по потоку с увеличением водосборной площади. Интенсивность подземного стока в приречных зонах значительно выше, чем на водосборах и их склонах.

2. Дефицит пресных вод создает трудности в социально-экономическом развитии региона и требует отказа от их технического использования при нефтедобыче. По техническим условиям пресные воды в системах заводнения залежей углеводородов можно заменить на соленые воды и рассолы зон замедленного и затрудненного водообмена.

3. Приречная трещиноватость пород не затухает в зоне активного водообмена,

проявляясь в глубоких горизонтах земной коры, что фиксируется в глубоких скважинах повышенными значениями водопроницаемости пород и удельных дебитов скважин. Это свидетельствует о возможности получения достаточных по количеству ресурсов соленых вод и рассолов для замены пресных вод в системах заводнения месторождений нефти и газа.

### Библиографический список

1. *Атлас Оренбургской области* / Федеральная служба геодезии и картографии России; под ред. Г.А. Русскина. М., 1992. 40 с.
2. *Буданов Н.Д.* Гидрогеология Урала. М.: Наука, 1964. 304 с.
3. *Гаев А.Я.* Гидрогеохимия Урала и вопросы охраны подземных вод. Свердловск: Изд-во Урал. ун-та, 1989. 368 с.
4. *Гаррелс Р.М., Крайст Ч.Л.* Растворы, минералы, равновесия. М.: Мир, 1968. 368 с.
5. *Гидрогеология СССР*. Том XLIII. Оренбургская область. М.: Недра, 1972. 162 с.
6. *Донецкова А.А., Клейменова И.Е., Беликова Н.Г.* Оценка экологического состояния окружающей природной среды перед началом намечаемой деятельности // Материалы VII Всерос. науч.-техн. конф. «Актуальные проблемы состояния и развития нефтегазового комплекса России» / РГУ нефти и газа им. И. М. Губкина. М., 2007. С. 460-461.
7. *Методические рекомендации по составлению карт оценки и прогноза экологического состояния геологической среды масштабов 1:100000 - 1:200000, 1:500000 - 1:1000000* / В.Н. Островский, Л.А. Островский, В.В. Куренной; ВСЕГИНГЕО. М., 2002. 67 с.
8. *Гацков В.Г., Козлов Н.Ф., Лукиных Э.Н., Межебовский И.В., Донецкова А.А., Пампушка А.М., Петрова Н.А., Тараборин Д.Г., Новикова Н.В.* Системы мониторинга окружающей среды и недр нефтегазоносных территорий / под ред. В.Г. Гацкова, Н.Ф. Козлова. Оренбург: Оренбург. кн. изд-во, 2011. 144 с. /
9. *Требования к геолого-экологическим исследованиям и картографированию масштаба 1:1000000, 1:500000, 1:200000, 1:100000, 1:50000, 1:25000*: в 3 кн. / МИНГЕО СССР, ВСЕГИНГЕО. М., 1990. 236 с.
10. *Anderson G.M.* Thermodynamics of natural systems. New York.: John Wiley and Sons, 1996. 24 p.
11. *Jacobsen J.S. Carnahan C.L.* Coupled Transport Processes in Semi permeable Media. Analytical Solutions of the Linearized Governing Equations. Report of Lawrence Berkeley Laboratory, LBL 24725, UC 403, 1990. 22 p.

## Characteristics of Hydrosphere of the Oil and Gas Bearing Buzuluk Depression of Orenburzhye

**A.Y. Gayev<sup>a,b</sup>, E.B. Savilova<sup>b</sup>, O.N. Malikova<sup>c</sup>**

<sup>a</sup> Department of Geocology of Orenburg Scientific Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, 11 Pionerskaya Str., Orenburg 460000, Russia. E-mail: ikvs@mail.esoo.ru

<sup>b</sup> Institute of Ecological Problems of the Hydrosphere at Orenburg State University, 13 Pobedy Ave., Orenburg 460018, Russia

E-mail: geologia@mail.osu.ru

<sup>c</sup> Tyumen Industrial University, Transport Institute, 72 Melnikaite Str., Of. 301, Tyumen 625039, Russia. E-mail: mar22@tsogu.ru

The main resources of fresh groundwater in the region are concentrated in the watershed areas, where the aquifers are presented by alluvium and fractured bedrock. Often this zone of fractured rock is not limited by the river bed area but extends to the

depth and the aquifers of high permeability and discharge were encountered in the deep water wells. Instead of fresh water, the salt waters and brine may be used for technical purposes at the oil and gas fields.

Key words: *hydrosphere; neotectonics; updated fracturing; fresh water; water exchange.*

## References

1. *Atlas Orenburgskoy oblasti* [Atlas of the Orenburg region]. Federalnaya sluzhba geodezii i kartografii Rossii, Moskva, 1992.
2. *Budanov N.D.* 1964. *Gidrogeologiya Urala* [Hydrogeology of the Urals]. Nauka, Moskva, p. 304. (in Russian)
3. *Gaev A.Ya.* 1989. *Gidrogeokhimiya Urala i voprosy okhrany podzemnykh vod* [Hydrogeochemistry of Urals and the protection of groundwater]. Izd-vo Ural. Univ., Sverdlovsk, p. 368. (in Russian)
4. *Garrels R.M., Christ C.L.* 1965. *Solutions, minerals, and equilibria*. Harper and Row, New York, p. 450.
5. *Gidrogeologiya SSSR* [Hydrogeology of the USSR]. Tom XLIII. *Orenburgskaya oblast'*. Nedra, Moskva, 1972, p. 162. (in Russian)
6. *Donetskova, A.A., Kleymenova I.E., Belikova N.G.* 2007. *Otsenka ekologicheskogo sostoyaniya okruzhayushchey prirodnoy sredy pered nachalom namechaemoy deyatel'nosti* [The ecological rating of the natural environment before the proposed development]. Proc. VII Vseros. nauchn.-tekhn. konf. Aktualnye problemy sostoyaniya i razvitiya neftegazovogo kompleksa Rossii. RGU nef'ti i gaza im. I. M. Gubkina, Moskva, pp. 460-461. (in Russian)
7. *Metodicheskie rekomendatsii po sostavleniyu kart otsenki i prognoza ekologicheskogo sostoyaniya geologicheskoy sredy masshtabov 1:100000 - 1:200000, 1:500000 - 1:1000000* [Guidelines on methodology of mapping for assessment and forecasting the ecological state of geological environment of scale 1:100000 - 1:200000, 1:500000 - 1:1000000]. VSEGINGEO, Moskva, 2002, p. 67. (in Russian)
8. *Sistemy monitoringa okruzhayushchey sredy i nedr neftegazonosnykh territoriy* [Systems of monitoring of environment and subsurface of oil and gas areas]. Orenburgskoe kn. izd., Orenburg, 2011, p. 144. (in Russian)
9. *Trebovaniya k geologo-ekologicheskim issledovaniyam i kartografirovaniyu masshtaba 1:1000000, 1:500000, 1:200000, 1:100000, 1:50000, 1:25000* [Requirements for geological and environmental studies and mapping in scale 1: 1,000,000 and 1: 500,000, 1: 200,000, 1: 100,000, 1: 50,000, 1: 25,000]. V. 3, VSEGINGEO. Moskva, 1990, p. 236. (in Russian)
10. *Anderson G.M.* 1996. *Thermodynamics of natural systems*. John Wiley and Sons, New York.
11. *Jacobsen J.S. Carnahan C.L.* 1990. *Coupled Transport Processes in Semi permeable Media. Analytical Solutions of the Linearized Governing Equations*. Report of Lawrence Berkeley Laboratory, LBL 24725, UC 403, 1990. p. 22.