



Л.А. Анисимов
доктор геол.-мин. наук, профессор
Волгоградский государственный
технический университет¹
профессор
l_anisimov@yahoo.com



О.Л. Донцова
канд. геогр. Наук
Кубанский государственный университет²
доцент,
doncovaol@mail.ru

Перспективы использования ресурсов гидроминерального сырья на территории Волгоградской области

¹Россия, 400005, Волгоград, пр. Ленина, 28.

²Россия, 350040, Краснодар, ул. Ставропольская, 149.

Проведена инвентаризация гидроминерального сырья и подходов к его комплексному использованию на территории Волгоградской области. Рассмотрены условия залегания и химический состав магниевых и калийных солей, подземных вод с высоким содержанием йода и брома. Делается вывод о перспективах использования попутных вод нефтяных месторождений и вод выщелачивания растворимых солей. Дана оценка ресурсов гидроминерального сырья на территории региона

Ключевые слова: Волгоградская область; попутные воды; солоносные породы; бишофит; калийно-магниевые соли; йод; бром

Законом РФ «О недрах» предусмотрена комплексная разработка всех видов полезных ископаемых, в том числе тех, которые сопровождают нефтяные и газовые месторождения. Так, ст. 23 требует обеспечения «наиболее полного извлечения из недр запасов основных и совместно с ними залегающих полезных ископаемых и попутных компонентов». В этом отношении воды нефтяных и газовых месторождений привлекает все более пристальное внимание как комплексный источник ценных элементов, потенциальные возможности которого пока не реализованы в народном хозяйстве. Основные причины такого положения связаны с тем, что недропользователи не имеют стимулирующих экономических условий для эффективного использования разведанных месторождений промышленных вод, в том числе и попутных вод при добыче нефти и газа, объемы которых постоянно растут. К данному виду сырья следует отнести также месторождения растворимых солей, которые целесообразно разрабатывать методом выщелачивания.

Инвентаризация гидроминерального сырья на территории региона и подходы к его комплексному использованию рассматриваются для территории Волгоградской области, для которой характерны наиболее интересные перспективы по этому направлению.

Магниевые соли

На территории Волгоградской области располагаются крупнейшие запасы **бишофита** в России. Глубина залегания залежей бишофита изменяется от 800 до 1800 м. Запасы чистого бишофита по прогнозной оценке составляют около 183 млрд т и являются базой для получения магния, содержание которого составляет 80–85 кг/т.

Все имеющиеся в области месторождения бишофита выявлены в 1970-х гг. при проведении геологоразведочных работ на нефть и газ. Это Городищенское, Светлоярское и Наримановское месторождения. Опытно-промышленная разработка всех месторождений осуществляется методом подземного выщелачивания [1, 2, 3].

Зоны калийно-магниевого солей распространяются по моноклинали вплоть до Преддонецкой депрессии, причем мощность пластов этих солей увеличивается. Так, в скв. № 2 Наримановской мощность бишофитового пласта достигает 45 м, в карналито-бишофитовый пласт в скв. № 1 Степновской – 198 м, и в то же время ширина бассейнов отложения этих солей уменьшается. Все это объясняется особенностями тектонического режима южной части моноклинали [4, 5, 6].

На **рис. 1** дан типичный разрез линзы в субширотном (поперечном) направлении.

В центральной части мощность линзы максимальная, состоит она в основном из бишофита, который покрывается и подстилается тонкими прослоями карналлита, переходящего в почти мономинеральный сильвинит, который сменяется галитом. К периферийным частям линзы внутри пласта бишофита появляется карналлит, увеличивается мощность карналлита и в подошвенной части, затем происходит полная смена бишофита на карналлит, который затем замещается сильвинитом. Такое строение линзы объясняется закономерностями отложения солей в эвтоническую стадию концентрации океанической воды.

Общие закономерности образования карналито-бишофитовых линз во впадине были те же, что и для моноклинали: вытянутость параллельно борту, наибольшая мощность в центральных частях, окаймление пластов бишофита карналлитом и сильвинитом.

Рис. 1.
Разрез линзы калийно-магневых солей



№ п/п	№ скважины, площадь	Интервал, м	Минерализация	Плотность кг/м ³	Химический состав воды											
					Хлормagneйные растворы							Мг-экв/л			мг/л	
					Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	(Na+K) ⁺	Σ ан-кат	J	Br	B ₂ O ₃		
1	13 Александровская	3574–3590	542	1390	10 600	–	6,8	4300	6080	166,8	21 213,6	4,57	3605,15	–		
2	6 Александровско– Кисловодская	4395	347	1250	6800	41,32	7,4	150	4975	1732,72	13 697,44	7,61	2576,31	254,33		
3	89 Горно–Балык– лейская	1004	357	1263	7120	7,69	17,2	440	5580	1124,89	14 289,78	–	5860	–		
4	10 Лободинская	2391	476	1350	9920	0,26	4,6	360	9560,6	4,86	19 849,72	–	9030,95	H ₂ S 110,81		
5	2 Комсомольская	1710–1720	387	1285	7760	6,07	–	80	6000	966,07	15 532,14	–	3062,58	–		
6	101 Демидовская	3954	349	1237	6120	116,69	30,5	80	1760	4427,19	12 534,38	35,02	750,8	–		
7	7 Светлоярская	1241	473	1320	9318,78	100,62	37,49	–	8975,5	624,69	19 057,08	0	12 320	–		

Таблица 1.
Состав рассолов кунгурских отложений западной части Прикаспийской впадины

В разрезе скв. № 4 Ушаковской встречены: кэпрок 1249–1795 м, пласт бишофита с карналлитовой оторочкой 1758–1795 м, пропластки сильвинита в интервале 1834–1897 м, пласт сильвинита 2390–2430 м и несколько незначительных пропластков сильвинита ниже, затем следует пласт карналлита с примесью сильвинита в интервале 2960–3070 м и ниже по разрезу также отмечаются пропластки карналлита небольшой мощности. Следовательно, по преобладанию того или иного типа калийно-магниевых солей разрез может быть условно разбит на три зоны: бишофитную в верхней части разреза, за ней следует сильвинитовая и ниже карналлитовая. Такая же зональность в основных чертах выдерживается в разрезе скв. № 6 Александрo-Кисловской, где в интервалах 1518–1588 залегает бишофит, 2472–2584 – сильвинит и 3075–3104 – карналлит. Аналогичная зональность прослеживается и по вскрытой части разреза скв. № 282 Морозовской. В скв. № 280 Степновской также обнаруживается зональность в отложениях калийно-магниевых солей.

Как известно, калийные соли (сильвиниты) отлагались также на впадинах, испытующих конседиментационное прогибание. Но так как они отлагались при меньшей степени сгущения океанической воды, то захватывали большие площади при осадке, чем отложения бишофита и карналлита. Поэтому ареал их распространения по впадине гораздо больший. Они встречаются на Паромненской и Буденовской площадях, а также на Эльтонском куполе.

В соляных структурах могут встречаться линзы рапы различного химического состава [7, 8] из остаточных рассолов или продуктов разложения сложных солей при диагенезе. В процессе перемещения солевых масс рассолы выжимаются из наиболее пластичных солей в зоны дробления более хрупких солевых пород. Состав рапы характеризуется высоким содержанием магния и брома (*табл. 1*).

На Приволжской моноклинали пласты сильвинита имеют толщину 3–7 м. Калийные соли в большей степени представлены карналлитом. Карналлит – сложный водный хлорид магния и калия, используется для выпуска магния.

Единственным производителем в РФ является «Уралкалий» (около 320 тыс. т в год, планируется расширение до 400 тыс. т). Кроме СМЗ крупный потребитель – «ВСПМО-Ависма» (использует магний для выпуска титановой губки). СМЗ обеспечивает почти 100% выпуска соединений редкоземельных элементов, ниобия и тантала, более 60% товарного магния и 4–5% титановой губки в РФ.

Карналлит нашел широкое употребление в различных производственных областях:

- применяется как сырье в производстве калийных, магнийсодержащих удобрений;

- в химической промышленности применяется для производства окиси, металлического Mg, солей K и Mg, которые, в свою очередь, нашли свое применение в медицине, фотографии, парфюмерии, пиротехнике, в производстве мыла, при отбеливании, очистке тканей и шерсти, а также в лакокрасочной и бумажной промышленности;

- из производственных отходов изготавливают техническую соль;

- составляющие части породы (магnezия, хлористый Mg) применяются в строительной промышленности для получения цемента и стройматериалов;

- металлический Mg, получаемый из карналлита, используется в автомобильной и авиационной промышленности для выпуска легких прочных сплавов с алюминием;

- магниевые сплавы используются в металлургической, нефтяной промышленности, полиграфии;

- минеральная порода может использоваться как источник магния или перерабатывается на различные магнийсодержащие удобрения, которые используются с учетом состава почвы, климатических условий и биологических требований культур;

- магнийсодержащие известковые удобрения применяются для химической мелиорации почв с кислым составом, что благоприятно влияет на обогащение ее соединениями магния и является одним из самых действенных, продуктивных и недорогих способов для решения вопроса обогащения магнием супесчаных и песчаных почв.

Калийные соли Приволжской моноклинали

Проявления калийных (сильвинит) и калийно-магниевых (карналлит) солей прослеживается по всей Приволжской моноклинали. По данным С.А. Свидзинского, Г.А. Московского и А.И. Петрика [9] здесь выделяется 3 перспективных участка: Горно-Балыклейский, Камышинско-Быковский и Луго-Пролейский.

В пределах Горно-Балыклейского участка пробурено 6 скважин, вскрывших сильвинитовый пласт в интервале глубин 886–964 м. Толщина пласта – от 4 до 9 м. Характеристика залежи приводится в *табл. 2*.

Учитывая выдержанность пластов калийных солей, для площади дренажа скважины при выщелачивании 200×200 м запасы на одну скважину могут достигать 300 тыс. т.

№ скважины	Глубина кровли, м	Глубина подошвы, м	Толщина пласта, м	Минеральный состав
83	886,6	894	7,4	сильвинит
85	912 917	917 921	5 4	сильвинит карналлит
86	954,5 964	964 975	9,5 11	сильвинит карналлит
87	922	929	7	сильвинит
88	902 910	910 917	8 7	сильвинит карналлит
89	929 935,1	935,1 939,9	6,1 4,8	сильвинит карналлит

Таблица 2.

Характеристика залежи калийных солей Горно-Балыклейского участка

На Камышинско-Быковском участке сильвинитовый пласт в скв. 2 Южно-Кисловской имеет толщину 45,3 м, а 3 Федоровской – 4 м, однако он залегает на глубинах 1780–1930 м.

На Луго-Пролейском участке сильвинитовый пласт встречен в 4 скважинах, его толщина – до 4,5 м, глубина залегания – порядка 2000 м.

Дополнением к этим данным служат результаты разведки соли на Красноармейской площади в 1963–1965 гг. В восточной части участка 3 скважины вскрыли толщу карналлита на глубинах 1750–1997 м.

Эльтонское месторождение калийных солей имеет запасы по разным оценкам в объеме 1014 млн т со средним содержанием КСl 43,8%. Особый интерес представляют кизерит

содержащие руды ($MgSO_4 \cdot nH_2O$), которые можно использовать для приготовления бесхлорных удобрений.

Йодсодержащие воды

Обнаружение подземных вод с высоким содержанием йода в девонских отложениях Волгоградской области ставит вопрос о возможности получения йода из попутных вод при разработке ряда месторождений Антиповско-Щербаковской зоны. Концентрация йода достигает 160 мг/л на Восточно- и Южно-Уметовских площадях. Представляет интерес утилизация йода на Речном месторождении, где его содержание в попутной воде достигает 72 мг/л. К сожалению, йод и бром в промысловых лабораториях не опреде-

Таблица 3.

Химический состав хлоридных вод с высоким содержанием йода

Скважина	Глубина, м	Возраст	Минерализация, г/л	Йод, мг/л
Скв. 85 Коробковская	3860–3869	D2st	118	47
Скв. 49 Октябрьская	3987–4080	D3pt	140	42
Скв. 6 Вост. Уметовская (ВУ)	4817–4818	D2st	97	145
Скв. 2 Вост.-Уметовская (ВУ)	4799–4808	D2st	94	154
Скв. 71 Юж.-Уметовская (ЮУ)	4873	D2st	88	160
Скв. 5 Петровальская (Пв)	4570–4850	D2st	80	171
Скв. 4 Николаевская (Н)	5000	D3pt	105	85
Скв. 33 Авилловская (Ав)	4643–4651	D3tm	135	135
Скв. 36 Камышинская (Км)	4854–4868	D3sr	101	76
Антиповско-Балыклейское, скв. 147 Речное	4200	D3zd	25	72
Антиповско-Балыклейское, скв. 148 Речное	4200	D3zd	33	69
Скв. 2 Ново-Дмитриевская (НДм)	4528–4542	D3hv	272	17
Скв. 11 Авилловская (Ав)	2549–2557	C1kz	250	21
Скв. 2 Сергеевская (Сг)	4364–4379	C1br	206	14
Скв. 5 Николаевская	1960–1963	P1art	240	18

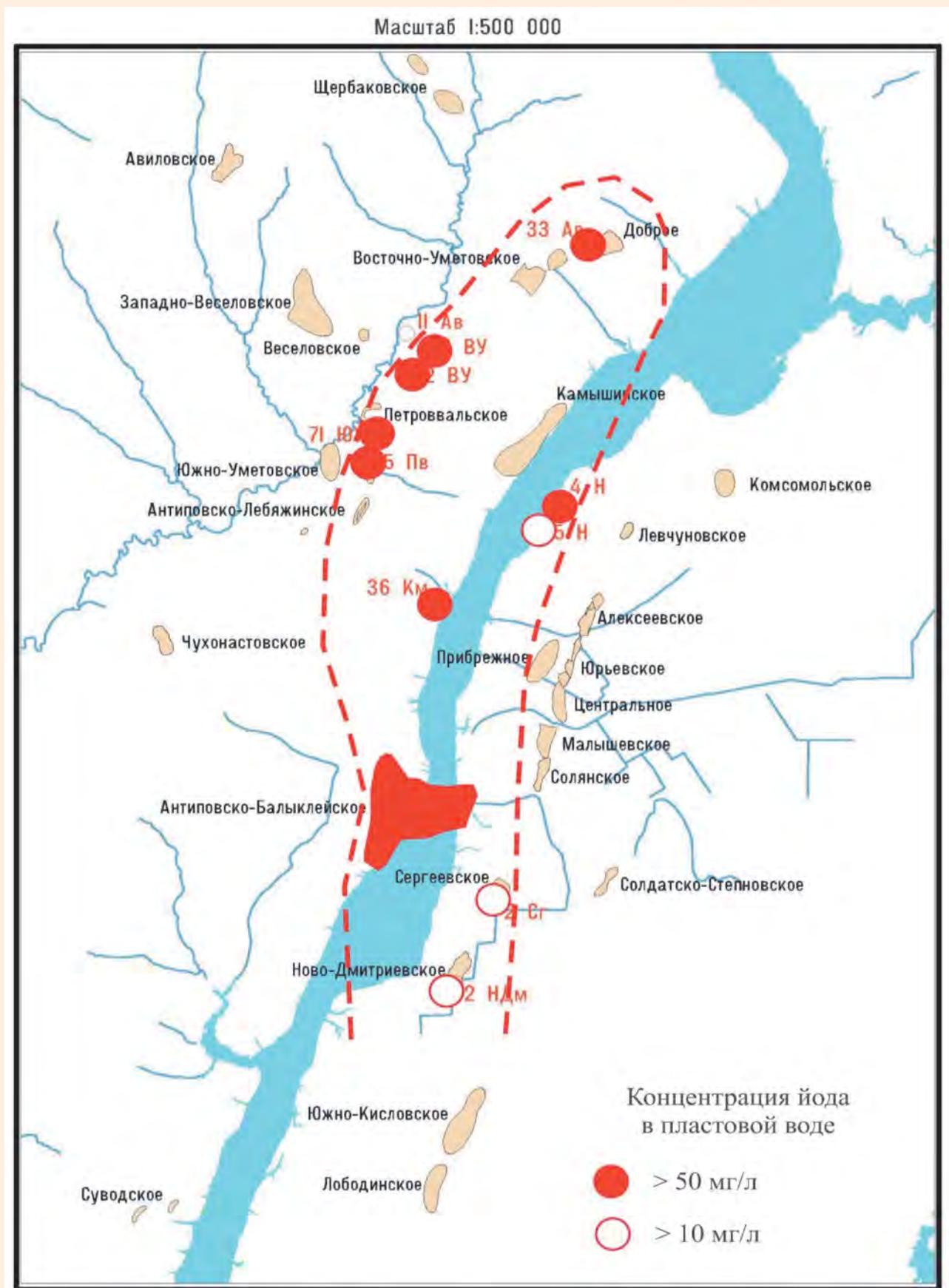


Рис. 2.
Зона с высоким содержанием йода в пластовых водах Западной бортовой зоны Прикаспийской впадины

Продукт	Цена, \$ за тонну
Магний металлический	2300
Окись магния	1000
Карналлит	490
Нефть	450 (июнь 2018)

Таблица 4.
Стоимость продуктов
гидроминерального сырья

ляются, поэтому следует провести специальные исследования по отбору проб и их химическому анализу для определения кондиций по утилизации йода в попутных водах.

При оценке перспектив нефтегазоносности по гидрогеологическим показателям особое внимание уделяется концентрации йода в подземных водах. Установлено, что «близость термобарических условий формирования йода и нефти в результате жесткого термолиза РОВ дает основание полагать, что установленные для йода закономерности распределения его в подземных водах могут оказаться близкими характеру распространения углеводородов» [10]. Фоновое содержание йода для вод девонских и нижнекаменноугольных отложений Волгоградского Поволжья не превышает 10 мг/л, поэтому более высокие концентрации йода можно рассматривать, как аномальные. Ранее [7, 11] в Волгоградской области и Калмыкии вдоль бортовой зоны и за ее пределами были выявлены два района с аномально высокими концентрациями йода:

- в отложениях девона на Приволжской моноклинали;
- в соленосных отложениях Сарпинско-Карасальской ступени во внутренней бортовой зоне Прикаспийской впадины.

С учетом данных, полученных за последние годы, была околнурена зона с высоким содержанием йода в водах девонских и нижнекаменноугольных отложений (*рис. 2*). В этой зоне обнаружены воды с концентрацией йода более 10 мг/л. Наибольшие концентрации йода отмечены в водах терригенного девона (до 171 мг/л), ниже концентрации в отложениях карбонатного девона и еще ниже в каменноугольных отложениях (*табл. 3*).

По данным *табл. 3* влияние флюидов, обогащенных йодом, уменьшается вверх по разрезу. Кроме того, максимальные концентрации йода (более 50 мг/л) отмечены в водах пониженной минерализации. Эти факты позволяют предложить рабочую схему формирования вод с высоким содержанием йода в бортовой зоне Прикаспийской впадины.

Согласно этой схеме, основной объем водонефтяных флюидов формируется в бортовой зоне Прикаспийской впадины. «Возрожденные» маломинерализованные воды с высоким содержанием йода мигрируют в резервуары, содержащие «седиментационные» воды высокой (240–260 г/л) минерализации. В зависимости от соотношения «возрожденных» и «седиментационных» вод формируются пластовые воды соответствующей минерализации и концентрации йода в результате разбавления «седиментационных» вод. Если принять совместную схему миграции вод и нефти, то состав вод должен отражать степень заполнения резервуара миграционными флюидами.

Объем мигрирующих из глубины «возрожденных» вод достаточно велик, т.к. их влияние прослеживается до нижнекаменноугольных отложений.

Трансформация нефтяной компании в горно-химическую как один из вариантов ее стратегического развития

Высокая волатильность цен на нефть ставит вопрос о повышении финансовой устойчивости компании. В этих условиях ресурсы горно-химического сырья могут быть легко вписаны в активы компании, т.к. они являются попутными водами, подлежащими утилизации, или водами выщелачивания растворимых солей, залегающих в разрезе разведочных и добывающих нефть скважин. Для территории Волгоградской области полезными элементами могут быть калий, магний, бром и йод. Дополнительные исследования смогут выявить более широкий спектр полезных элементов.

При вовлечении в разработку горно-химического сырья появляются новые геологические, экологические, технологические, экономические и политические риски, которые следует оценить при разработке концепции освоения этих ресурсов. Изучение опыта деятельности российских и зарубежных компаний позволит оценить саму возможность и перспективы развития компании в условиях усложнения ее структуры и видов деятельности.

Ориентировочная стоимость некоторых продуктов, получаемых из сырья (*табл. 4*) показывает, что их цена может быть соизмерима и даже превышать стоимость нефти.

По многим показателям (ресурсы магниевых солей, климат, транспортные условия, простаивающий алюминиевый завод, энергетические мощности Волжской ГЭС) Волгоград можно рассматривать как идеальное место для развертывания производств по добыче сырья и его переработки в различные полезные продукты. 

Литература

1. Деревягин В.С., Седлецкий В.И., Гребенников Н.П., Ермаков В.А. Бишофиты Нижнего Поволжья. Ростов-на-Дону. 1989. 95 с.
2. Свидзинский С.А., Московский Г.А. Поволжский бишофитоносный бассейн. Саратов. 2004. 104 с.
3. Салех Ахмед И.Ш. Волгоградский бишофит. Волгоград. 2010. 432 с.
4. Деревягин В.С. Свидзинский С.А., Седлецкий В.И., Ковальский Ф.И., Макаров А.С., Федин О.В. Нижнепермская галогенная формация Северного Прикаспия. Ростов-на-Дону: РГУ. 1981. 397 с.
5. Московский Г.А., Гончаренко О.П., Свидзинский С.А. и др. Условия формирования текстур и структур калийных, калийно-магниевых и магниевых солей в Прикаспийском солеродном бассейне // Известия Саратовского университета. Серия Науки о Земле. 2015. Т. 15. Вып. 4 С. 48–54.
6. Диаров М.Д. Калиеносность галогенных формаций Прикаспийской впадины. М.: Недра. 1974. 129 с.
7. Московский Г.А. Анисимов Л.А. Хлоркальциевые рассолы соленосных отложений Прикаспийской впадины // Геохимия. 1991. № 7. С. 898–902.
8. Анисимов Л.А., Ушивцева Л.И. Рапоносные линзы в соляных породах Западного Прикаспия: распространение, строение, состав // Газовая промышленность. 2009. № 11. С. 47–48.
9. Свидзинский С.А., Московский Г.А., Петрик А.И. Геология, полезные ископаемые, перспективы промышленного освоения // Нижнепермская галогенная формация западной части Северного Прикаспия. Саратов. 2011. 280 с.
10. Кудельский А.В. Гидрогеология, геохимия йода. Минск: Наука и техника. 1976. 216 с.
11. Анисимов Л.А., Гребенников Н.П. Обнаружение йодных вод в Нижнем Поволжье // Геохимия. 1981. № 7. С. 1072–1076.

UDC 553.98:556.3(470.45)

L.A. Anisimov, Doctor of Geological and Mineralogical Sciences, Professor of Volgograd State Technical University¹, l_anisimov@yahoo.com

O.L. Dontsova, PhD, Associate Professor of the Kuban State University², doncovao@mail.ru

Prospects for the Use of Hydromineral Resources in Volgograd Region

Abstract. Inventory of commercial waters and approaches to their integrated use are considered for Volgograd Region, which has the most interesting opportunities for the development of the reserves of magnesium and potassium salts, groundwater with a high iodine and bromine content. The region has the largest bischofite reserves in Russia. Depth of the accumulations occurrence ranges from 800 to 1800 m. Pure bischofite reserves are estimated at about 183 billion tons they make a basis for magnesium production. The accumulations are associated with lenses in salt-bearing formations of the Volga Monocline. All the bischofite deposits in the region were discovered in the 1970s during the course of oil and gas exploration. There are Gorodishensky, Svetloyarsky, and Narimanovsky deposits. Pilot development of the deposits is carried out using in-situ leaching method. Discovery of groundwater with high iodine content in the Devonian formations of Volgograd Region opens a question of the possibility of iodine production from formation water during the development of a number of fields in Antipovsky–Shcherbakovsky zone. In the East and South Umetovsky areas, iodine concentration reaches 160 mg/l. Iodine recovery is of interest in the new Rechnoe field, where its content in the formation water reaches 72 mg/l. Resources of mining chemical feedstock can be easily added to oil companies' assets, since they belong to formation water to be disposed or water of soluble salts leaching, which occur in exploratory and oil producing wells.

Keywords: Volgograd region; associated waters; saline rocks; bischofite; potassium–magnesium salts; iodine; bromine.

References

1. Derevjagin V.S., Sedleckij V.I., Grebennikov N.P., Ermakov V.A. *Bischofity Nizhnego Povolzh'ja* [Bischofite in the Lower Volga region]. Rostov-na-Donu, 1989, 95 p.
2. Svidzinskij S.A., Moskovskij G.A. *Povolzhskij bischofitonosnyj bassejn* [Volga bischofite bearing region]. Saratov, 2004, 104 p.
3. Saleh Ahmed I.Sh. *Volgogradskij bischofit* [Volgograd bischofite]. Volgograd, 2010, 432 p.
4. Derevjagin V.S. Svidzinskij S.A., Sedleckij V.I., Koval'skij F.I., Makarov A.S., Fedin O.V. *Nizhnepermskaja galogennaja formacija Severnogo Prikapija* [Lower Permian buildups of Northern Caspian depression]. Rostov-na-Donu, RGU Publ., 1981. 397 p.
5. Moskovskij G.A., Goncharenko O.P., Svidzinskij S.A. i dr. *Uslovija formirovanija tekstur i struktur kalijnyh, kalijno-magnievyh i magnievyh solej v Prikapijskom solerodnom bassejne* [The conditions of formation of the textures and structures of potassium, potassium-magnesium and magnesium salts in the West of the Caspian Sea: distribution, structure, composition]. *Izvestija Saratovskogo universiteta. Serija Nauki o Zemle* [News of the Saratov University. Earth Science Series], 2015, vol. 15, issue 4, pp. 48–54.
6. Diarov M.D. *Kalienenost' galogennyh formacij Prikapijskij vpadiny* [Potassium Content of halogen formations of the Caspian depression]. Moscow, Nedra Publ., 1974, 129 p.
7. Moskovskij G.A. Anisimov L.A. *Hlorkal'cievye rassoly solenosnyh otlozhenij Prikapijskoj vpadiny* [Cl-Ca brines of the salt deposits of the Caspian basin]. *Geohimija* [Geochemistry], 1991, no. 7, pp. 898–902.
8. Anisimov L.A., Ushivceva L.I. *Raponosnye linzy v soljanyh porodah Zapadnogo Prikapija: rasprostranenie, stroenie, sostav* [Rapa lenses in the salt rocks of the West of the Caspian Sea: distribution, structure, composition]. *Gazovaja promyshlennost'* [Gas industry], 2009, no. 11, pp. 47–48.
9. Svidzinskij S.A., Moskovskij G.A., Petrik A.I. *Geologija, poleznye iskopaemye, perspektivy promyshlennogo osvoenija* [Geology, minerals, prospects of industrial development]. *Nizhnepermskaja galogennaja formacija zapadnoj chasti Severnogo Prikapija* [Lower Permian halogen formation of the Western part of the Northern Caspian]. Saratov, 2011, 280 p.
10. Kudel'skij A.V. *Gidrogeologija, geohimija joda* [Hydrogeology, Geochemistry of iodine]. Minsk: Nauka i tehnika Publ., 1976, 216 p.
11. Anisimov L.A., Grebennikov N.P. *Obnaruzhenie jodnyh vod v Nizhnem Povolzh'e* [Detection of iodine water in the Lower Volga region]. *Geohimija* [Geochemistry], 1981, no. 7, pp. 1072–1076.