

## ВЫСОКОМИНЕРАЛИЗОВАННЫЕ ВОДЫ ЮГА ПРИМОРЬЯ: УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ И БАЛЬНЕОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

Г.А. Челноков<sup>1</sup>, Ю.В. Колубаева<sup>2</sup>, М.К. Васильева<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Дальневосточный геологический институт Дальневосточного отделения Российской академии наук, г. Владивосток, Россия, E-mail:geowater@mail.ru

<sup>2</sup>Томский филиал Института нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука Сибирского отделения Российской академии наук, г. Томск, Россия, E-mail:kolubaeva@inbox.ru

**Аннотация.** В работе приведены данные по химическому составу подземных вод, распространенных в прибрежной зоне юга Приморья. Изучены высокоминерализованные подземные воды, распространенные в эстуарии р. Суходол на небольшой глубине (15-100 м). Основываясь на гидрогеологических и гидрогеохимических данных, установлен генезис этих вод и дана оценка бальнеологических свойств.

**Abstract.** Studies of the high-salt water located in the coastal zone of the south Primorye region have been initiated. The high-salt water is located in an Sukhodol river estuary and characterized by shallow burial depth (15-100 m). Based on hydrogeological background and hydrogeochemical investigations the genesis of the high-salt waters has been determined and balneological properties were estimated.

Актуальность проводимых исследований связана с изучением процессов формирования состава высококонцентрированных вод хлоридного кальциевого, хлоридного натриево-кальциевого типа. Дело в том, что на юге Дальнего Востока России исследований, направленных на изучение генезиса данного типа вод, ранее не проводились. При этом проявления подземных вод с высоким содержанием солей фиксировались в ходе поисково-разведочных буровых работ на уголь, углеводороды, известняки, минеральные воды и др. [3].

В связи с этим основной целью данной работы является изучение гидрогеохимических характеристик, условий формирования, а также возможности

применения в бальнеологии высокоминерализованных подземных вод восточной части Уссурийского залива (побережье бух. Суходол) (рис.1).

Исследования прибрежных подземных вод бухты Суходол проводятся, начиная с 2007 г. Результаты изучения геохимии этих вод ранее уже были освещены в [4]. В данной работе приведены оригинальные данные исследований последних лет (2014 и 2015 гг.) по изучению химического состава подземных вод скважины № 2П (отобранных на изливе в разное время года) и

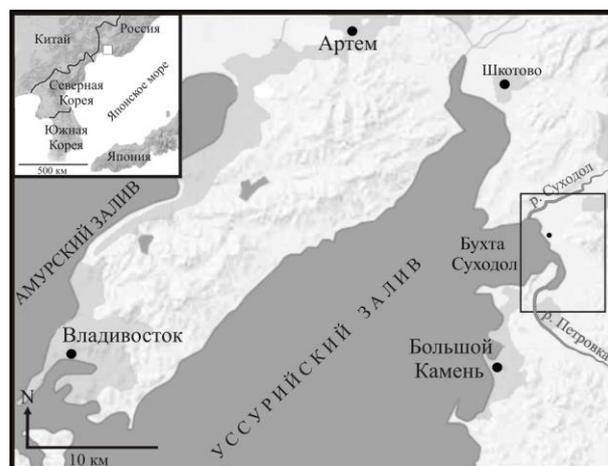


Рис. 1. Обзорная карта района исследований

морских вод побережья (150 м от скважины).

Анализ макро- и микроэлементов был проведен в сертифицированной лаборатории ДВГИ ДВО РАН. Основные катионы и анионы определялись методом жидкостной ионной хроматографии (HPLC-10AVp, SHIMADZU). Бром был

проанализирован в сертифицированной Центральной химической лаборатории ОАО «Приморгеология».

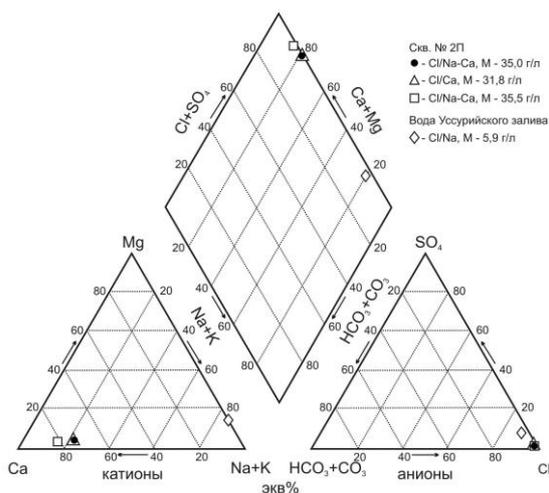
Территория исследований расположена в пределах Партизанской впадины Южно-Приморского прогиба (опущенный край Ханкайского массива) [2].

Наиболее древними отложениями района являются средне-, верхнетриасовые отложения, представленные темно-серыми алевролитами с линзами и конкрециями известково-мергильных пород, мелкозернистыми песчаниками, слоями с аммоноидеями. Отложения верхней юры представлены серыми кварц-полевошпатовыми песчаниками, песчаниками с тонкими линзами угля, известковистыми и алевритовыми песчаниками. Меловые отложения представлены переслаивающимися туфоалевролитами, песчаниками, выветрелыми и слаботрещиноватыми алевролитами, а также трещиноватыми аргиллитами. Современные отложения развиты повсеместно в прибрежной зоне Суходольского лимана и вдаются в береговую часть более чем на 500 м. Они подразделяются на два генетических типа. Первый – современные аллювиально-морские отложения, которые залегают первыми от поверхности и представлены темно-серым тонкозернистым заиленным песком с прослоями торфа, мощность отложений 1,5–6,0 м. Второй – аллювиальные верхнечетвертичные отложения, повсеместно залегающие под аллювиально-морскими отложениями и представленные галечником свклучением глыб и песка и валунником с гравийно-песчано-глинистым заполнителем. Мощность отложений до 10 м.

Район исследований характеризуется сложными гидрогеологическими условиями и пестрым гидрогеохимическим разрезом. В гидрогеологическом отношении изученная площадь находится в центральной части Южно-Приморской провинции Приморского сложного артезианского бассейна. Исходя из геологического строения и гидрогеологических условий, в пределах проявления выделены следующие водоносные горизонты:

1) водоносный горизонт верхнечетвертичных–современных морских и аллювиально-морских отложений (al-mQ<sub>III-IV</sub>) развит в изголовье бухты Суходол и представлен песками, супесью и галечниками, чередующимися с илами. Статический уровень воды в скважинах составляет 1,3–1,7 м, дебиты изменяются от 1,4 до 2,69 л/с, коэффициенты фильтрации – от 7,4 до 15,2 м/сут. Воды горизонта преимущественно пресные, гидрокарбонатные, хлоридно-гидрокарбонатные, реже хлоридные кальциевые, либо смешанного катионного состава.

2) водоносный горизонт верхнемеловых отложений коркинской серии. Гидрогеологические условия водоносного горизонта связаны с литолого-фациальными и структурно-тектоническими особенностями строения водовмещающих пород. Воды трещинного типа приурочены как к зоне выветривания меловых пород, так и к зонам тектонической трещиноватости и нарушениям интрузивных контактов. Статический уровень воды в скважинах 0,8 м, дебиты скважин 0,6–0,7 л/с при понижении уровня 15–30 м. Коэффициенты фильтрации для отдельных литологических разностей пород различаются. Для песчаников и конгломератов в среднем они составляют 0,1–1,5 м/сут, иногда достигая 5–10 м/сут. Скважины глубиной до 15 м, пробуренные на расстоянии в 0–500 м от прибрежной зоны и на расстоянии ~1 км от рек Суходол и Петровка, вскрыли низко-среднеминерализованную воду (0,6–8,5 г/л), в то время как скважины в интервале глубин 15–300 м вскрыли хлоридные кальциевые, хлоридные натриево-кальциевые высокоминерализованные воды и рассолы (20–110 г/л).



**Рис. 2** Классификационная диаграмма изученных вод

Химический состав изученных вод приведен на диаграмме Пайпера (рис. 2) и в таблице 1. Анализ данных показывает, что воды скважины № 2П являются нейтральными, по величине общей минерализации относятся к высокоминерализованным водам и имеют хлоридный кальциевый и хлоридный натриево-кальциевый состав. Концентрация  $Ca^{2+}$  в два и более раз выше концентраций  $Na^+$ , соответственно, доля  $Ca^{2+}$  в экв% выражении составляет 75-82, а доля хлора порядка 99 экв%. Эти воды обогащены железом, марганцем, стронцием. Содержание брома

находится на уровне среднего значения океанической воды (по Хорну – 67 мг/л) [5], йод не фиксируется.

Анализ морской воды бухты Суходол показал, что это воды хлоридного натриевого состава, характеризующиеся наименьшими значениями щелочно-кислотного показателя и общей минерализации, что, вероятнее всего, связано с поступлением в бухту пресных вод рек Суходол и Петровка (рис. 1), а также с малой глубиной бухты.

**Таблица 1**

**Химический состав изученных вод**

Параметры	Ед. измер.	Скв. № 2П			Вода Уссурийского залива
		Дата отбора			
		05.07.2014	15.02.2015	15.09.2015	15.09.2015
pH		7,42	6,89	7,1	6,6
Минерализация	г/л	35,0	31,8	35,5	5,9
$HCO_3^-$		0,015	0,016	0,017	0,211
$SO_4^{2-}$		–	–	0,49	0,407
$Cl^-$		22,3	20,2	22,1	3,2
$Ca^{2+}$		9,5	9,4	9,6	0,095
$Mg^{2+}$		0,29	0,18	0,27	0,19
$Na^+$		3,0	2,02	3,0	1,8
$K^+$		0,007	0,005	0,007	0,063
Si		–	0,0026	0,003	–
Fe		мг/л	1,07	0,95	1,35
Mn	5,37		4,93	5,2	0,02
Br	–		–	64,2	9,11
Sr	204,8		171,5	206,8	–
Ba	0,37		0,4	0,5	0,0004
Li	1,5		3,5	3,5	0,002
Формула ионно-солевого состава			Cl/ Na-Ca	Cl/Ca	Cl/ Na-Ca

Преобладание в растворе тех или иных химических элементов не случайно и определяется особенностями происхождения и последующего преобразования подземных вод в каждом конкретном случае. Так, например, для определения генезиса минеральных вод применяют соотношения генетических коэффициентов –  $Cl/Br$ ,  $rNa/rCl$ ,  $Ca/Cl$  [1].

Рассчитанные для изученных вод значения генетических коэффициентов приведены в таблице 2. Данные расчетов показали, что высокоминерализованные воды вследствие малого содержания натрия характеризуются минимальными значениями коэффициента  $rNa/rCl$ , тогда для морской воды это отношение составляет 0,87. О степени метаморфизации вод наиболее удобно судить по соотношению  $Ca/Cl$ , поскольку суть метаморфизации наиболее ярко проявляется в увеличении содержания кальция после захоронения рассолов. По значению этого соотношения данные воды относятся к сильнометаморфизованным.

С гидрогеологических позиций формирование хлоридных кальциевых, хлоридных натриево-кальциевых типов высокоминерализованных вод обуславливается затрудненным водообменом, что также подтверждается относительно низкими коллекторскими свойствами мезозойских пород Приморья.

Таблица 2

**Генетические коэффициенты и степень метаморфизации вод**

Коэффициент	Критерии различия	Скв. № 2П			Вода
		Уссурийского залива			
		Дата отбора			
		05.07.2014	15.02.2015	15.09.2015	15.09.2015
$Cl/Br$	Инфильтрационные рассолы >300 Седиментационные рассолы < 300	–	–	344	347
$rNa/rCl$	Инфильтрационные рассолы > 0,85 Седиментационные рассолы <0,85	0,21	0,15	0,21	0,87
$Ca/Cl$	Слабометаморфизованные рассолы $\leq 0,1$ Среднеметаморфизованные рассолы 0,1–0,3 Сильнометаморфизованные рассолы $\geq 0,3$	0,42	0,46	0,43	0,03

По бальнеологическим характеристикам изученные подземные воды хлоридного типа по катионному составу выделяются в особую по своему действию группу вод, чье физиологическое действие на организм человека определяется в основном значительными концентрациями кальция. Наряду с этим, эти воды характеризуются также повышенными содержаниями железа, марганца, брома, стронция, бария, лития (табл. 1). Хлоридные кальциевые воды показаны при туберкулезе легких и лимфотических желез, язвенной болезни желудка и двенадцатиперстной кишки, гастритах, воспалении почек с гематурией, при кровотечениях различного происхождения. Вне фазы обострения заболеваний воды могут применяться в качестве лечебного питья (после разбавления) и использоваться для наружных процедур.

По характеристикам данные воды можно сравнить с уникальной по своему химическому составу хлоридной кальциевой высокоминерализованной (35–45 г/л) водой «Лугела», источник которой находится в селении Мухури в Грузии. Минеральная вода «Лугела» является питьевой лечебной, содержит биологически активные компоненты, созданные геологической средой (бром в кондиционном количестве, небольшое количество кремниевой кислоты и йода), и вследствие очень высокого содержания хлористого кальция применяется только по указанию врача.

Показания для лечения: туберкулез легких и лимфатических желез, аллергические заболевания, воспаление почек с гематурией, а также заболевания, при которых обычно назначают хлористый кальций. В настоящее время высокоминерализованные воды бухты Суходол не используются.

На основе данных гидрогеологических и гидрогеохимических исследований определены условия формирования уникальных для Приморского края высокоминерализованных вод, локализованных в прибрежной зоне бухты Суходол. Показано, что гидрогеохимический облик вод обусловлен взаимодействием седиментационных вод с осадочными породами в зоне замедленного водообмена. С точки зрения бальнеологии использование данных вод возможно, в качестве лечебных хлоридных кальциевых, натриево-кальциевых вод, по аналогии с минеральной водой «Лугела» (Грузия).

*Работа выполнена при финансовой поддержке грантов РФФИ № 15-35-50438 мол\_нр и 14-05-31153 мол\_а*

### **Литература**

1. Крайнов С.Р., Рыженко Б.Н., Швец В.М. Геохимия подземных вод. Теоретические, прикладные и экологические аспекты. - М.: ЦентрЛитНефтеГаз, 2012. – 672 с.
2. Маркевич П.В., Коновалов В.П., Малиновский А.И., Филиппов А.Н. Нижнемеловые отложения Сихотэ-Алиня. – Владивосток: Дальнаука, 2000. – 277 с.
3. Обжиров А.И., Гресов А.И., Шакиров Р.Б., Агеев А.А и др. Метанопроявления и перспективы нефтегазоносности Приморского края. – Владивосток: Дальнаука, 2007. – 167 с.
4. Челноков Г.А., Харитоновна Н.А., Васильева М.К. Геохимия и генезис подземных рассолов северо-восточной части Уссурийского залива (Приморский край) // Геоэкология, инженерная геология, гидрогеология, геокриология. – 2012. – № 4. – С. 310-319.
5. Horn R.A. Marine Chemistry (The structure of water and the chemistry of the hydrosphere // Willey-Interscience. – 1969. – 565 p.

## **ПОИСКОВАЯ ГЕОХИМИЯ НА ОСНОВЕ МАСС-СПЕКТРОМЕТРИИ (ICP-MS)**

Е.В. Черняев<sup>1</sup>, Н.В. Федюнина<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Геологоразведочная компания «Геосфера», Томск, Россия, E-mail: geosphaera@bk.ru*  
<sup>2</sup> *Химико-аналитический центр «Плазма», Томск, Россия, E-mail: plasma\_tomsk@mail.ru*

**Аннотация.** Масс-спектральный анализ с индуктивно связанной плазмой позволяет выполнять одновременное измерение низких и высоких концентраций большинства элементов без концентрирования и выделения, что позволяет успешно его использовать при поисках различных месторождений полезных ископаемых.

**Abstract.** Mass spectral analysis with inductively coupled plasma enables simultaneous measurement of low and high concentrations of the majority elements without concentration and isolation, allowing it to be successfully used in the search for a variety of mineral deposits.

Проведение геохимических поисков регламентируется Инструкцией по геохимическим методам поисков рудных месторождений (1983). В соответствии с пунктом п.375 Инструкции «Общим требованием ко всем аналитическим работам, выполняемых при любых геохимических поисках, является достаточный предел обнаружения анализа, позволяющий получать значимые цифры содержаний всех химических элементов во всех точках геохимического поля». Можно констатировать, что большинство применяемых при геохимических поисках видов