

растений, которые зачастую сами по себе содержат насыщенные производные стерола. С другой стороны, к исчезновению стеролов и образованию стенонов и станонов – основных представителей стероидов в торфе верхней части залежи болота Кирек, могло привести активное окисление ОВ с образованием стигмат-4-ен-3-она и его преобразование в станоны путем гидрирования.

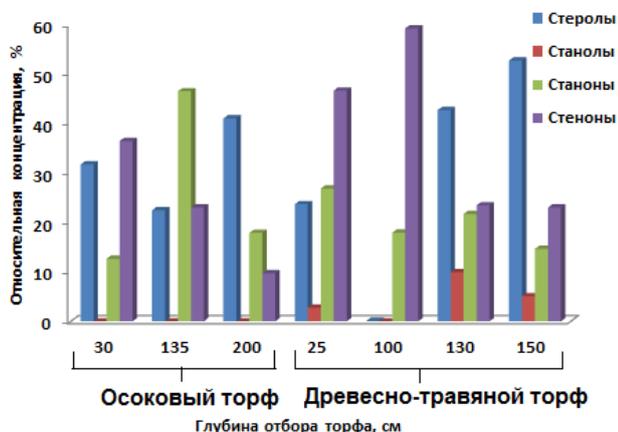


Рис. 1. Относительное содержание групп стероидов в торфах болота Кирек

Таким образом, было выявлено, что рН среды торфа снижается по мере отложения залежи древесно-травяного торфа и возрастает для осокового торфа, что оказывает существенное влияние на трансформацию органического вещества торфяной залежи.

Литература

1. Серебrenикова О.В., Стрельникова Е.Б., Преис Ю.И., Гулая Е.В., Дучко М.А. Распределение н-алканов, стероидов и тритерпеноидов в торфе и растениях болота Тёмное // Известия Томского политехнического университета, 2013. – Т. 323. – № 1. – С. 40–44.
2. Серебrenикова О.В., Стрельникова Е.Б., Преис Ю.И., Дучко М.А. Влияние источника и условий торфонакопления на индивидуальный состав битуминозных компонентов торфа на примере двух низинных болот Западной Сибири // Известия Томского политехнического университета, 2014. – Т. 325. – № 3. – С.80–91.
3. Серебrenикова О.В., Стрельникова Е.Б., Аверина Н.Г., Козел Н.В., Дучко М.А. Сравнительный анализ химического состава битуминозных компонентов низинных торфов двух болотных экосистем // Фундаментальные исследования, 2014. – № 12-1. – С. 112–117.

ГЕОХИМИЯ ПОДЗЕМНЫХ ВОД ТЕРРИТОРИИ ПЕТРОПАВЛОВСКОГО ГЕОДИНАМИЧЕСКОГО ПОЛИГОНА (ВОСТОЧНАЯ КАМЧАТКА)

А.С. Ефстифеева

Научные руководители доцент Г.Н. Копылова¹, доцент Н.В. Гусева²

¹Камчатский филиал Геофизической службы Российской академии наук,
г. Петропавловск-Камчатский, Россия

²Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г.Томск, Россия

Полуостров Камчатка расположен в зоне взаимодействия Тихоокеанской океанической и Охотоморской континентальной литосферных плит. Этим обусловлены природные особенности территории, в т.ч. высокий уровень сейсмической активности, современный вулканизм и широкое развитие гидротермальных проявлений. Совокупность факторов современной геодинамической активности на территории Камчатки ставит вопрос об их мониторинге и прогнозировании сильных землетрясений и извержений вулканов, в т.ч. с использованием гидрогеохимических предвестников. Поэтому вопрос об изучении специфики гидрогеохимического состава подземных вод этого региона является актуальным.

Наблюдения за гидрогеохимическим режимом подземных вод в районе г. Петропавловска-Камчатского проводятся Камчатским филиалом Геофизической службы РАН (КФ ГС РАН) на четырех гидрогеологических станциях, с периодичностью один раз в 3 – 6 суток. На основании полученных данных разрабатываются методы прогнозирования землетрясений [4]. Однако вопрос генезиса гидрогеохимических аномалий, связанных с процессами подготовки и реализации землетрясений, рассмотрен недостаточно, поэтому необходимо дальнейшее их изучение, в т.ч. в целях оптимизации специализированных наблюдений на скважинах и источниках.

В данной статье рассматривается специфика химического состава подземных вод режимных источников и скважин территории Петропавловского полигона и процессы его формирования по результатам анализа степени насыщенности подземных вод к алюмосиликатным, карбонатным и сульфатным минералам.

Основу работы составляют данные опробования источников и скважин в 2014 г., и данные гидрогеохимических наблюдений, предоставленные Камчатским филиалом Геофизической службы РАН.

Таблица

Химический состав подземных вод

Гидрогеологическая станция. Скважина, источник	Глубина скважины, м	рН	Т, °С	Минерализация г/л	H ₂ SiO ₄ , мг/л	Концентрация, мг/л							Преобладающий газ
						Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	
Станция Пиначево													
Скв. ГК-1	1261	7,5	16	9,8	87,6	85,6	-	89,6	2353,4	168,2	173,5	5413,6	Метан
Ист. Р-11	-	7,27	6,5	0,3	66,77	11,8	10,5	4,6	9,4	121,6	1,52	132,7	Метан
Ист. Р-12/1	-	7,74	10,3	0,9	74,4	23,7	24	11,7	248,6	274,7	1,47	363,2	Метан
Ист. Р-12/2	-	7,6	9,8	0,9	73,6	22	21,5	10,8	226,2	244,1	1,45	329,1	Метан
Ист. Р-13	-	7,4	5,5	0,1	61,9	6,9	5,8	2,3	21,9	63,28	4	28,2	Азот
Станция Морозная													
Скв. М1	600	8,86	16	0,2	24	24,6	-	0,4	22,1	29,02	100	2,42	Азот
Станция Хлебозавод													
Скв. Г1	2542	8,18	16	10,2	3,9	188,6	-	-	3639,9	177,7	330	5873,6	Метан
Станция Верхняя Паратунка													
Скв. ГК5	900	8,26	75,5	0,8	92,3	44,6	-	6,81	219,5	49,2	395,2	114,9	Азот
Скв. ГК15	1208	8,7	20	0,7	31,9	-	-	1,7	153,4	29,7	406,6	70,5	Азот
Скв. ГК44	650	8,1	25,7	0,3	31,8	33,9	-	1,98	69,9	61,7	144,3	33,1	Азот

Из таблицы 1 видно, что источники гидрогеологической станции Пиначево Р-11, Р-12/1, Р-12/2 и Р-13 являются нейтральными по рН, пресными, по составу хлоридно-гидрокарбонатными кальциево-натриевыми. В скважинах ГК-1 и Г1 воды слабощелочные, соленые, по составу хлоридные кальциево-натриевые. Подземные воды скважины М1 и скважин станции Верхняя Паратунка, характеризуются высокой щелочностью и низкой минерализацией. В скважине М1 подземные воды гидрокарбонатно-сульфатные кальциево-натриевые, в скважинах ГК5, ГК15 и ГК44 - хлоридно-сульфатные натриевые.

Разнообразие состава подземных вод объясняется сложностью условий их формирования, разнообразием состава водовмещающих пород, приуроченностью территории к областям современного и более древнего вулканизма и гидротермальной активности. Повышенный геотермический фон и особенности взаимодействия глубинных газов с инфильтрационными водами также влияют на формирования состава вод. Повышенные содержания ионов хлора и натрия являются характерной особенностью подземных вод в зонах современных гидротермальных систем, а также объясняется расположением территории близ морской акватории [5].

При исследовании насыщенности подземной воды к породообразующим минералам использовались уравнения взаимодействия вод с алюмосиликатными, карбонатными и сульфатными минералами [3].

Степень насыщенности вод относительно вторичных минералов оценивается с использованием индекса неравновесности или показателя А по [2]. По мере насыщения вод величина А уменьшается и стремится к 0. При пересыщении вод значения А становятся отрицательными, А = 0 характеризует равновесное состояние [2]. Способность компонентов водного раствора вступать в химическое взаимодействие, характеризуется активностью иона (а_{иона}). Коэффициент активности γ_i рассчитывался по формуле Дебая-Хюккеля для низкоминерализованных растворов.

Для визуализации результатов расчета использованы диаграммы полей устойчивости алюмосиликатных, сульфатных и карбонатных минералов (рис.1).

Подземные воды скважины Г1 насыщены кальцитом (рис.1а, 1в, 1д) и мусковитом (рис.1г), в то время как подземные воды других водопроявлений насыщены к монтмориллонитам (рис.1а-в) и калиевым-полевым шпатам (рис.1г). Подземные воды всех водопроявлений, исключая воды скважины Г1, насыщены к иллиту (рис.1д). К кальциту насыщены воды скважин ГК-1, Г1, М1, принадлежащие к разным гидрогеологическим станциям. Насыщенность к ангидриту для рассматриваемых подземных вод не характерна. Стоит отметить, что воды скважин ГК-1 и ГК5 насыщены альбитом, однако это может быть обусловлено разными причинами: для скважины ГК-1 высокой величиной общей минерализации 9,8 г/л, а для воды из скважины ГК5 ее высокой температурой 75,5 °С.

Анализ диаграмм (рис.1) показывает, что взаимодействие рассматриваемых подземных вод с водовмещающими породами носит равновесно-неравновесный характер. Вместе с тем, можно предполагать, что рассматриваемые подземные воды находятся на разных стадиях эволюционной системы вода-порода. Для них можно выделить три характерных состояния взаимодействия подземных вод с водовмещающими породами.

Для воды источников Р-11 и Р-13 можно предположить самую раннюю стадию из трех выделенных - стадию насыщенности Са-монтмориллонитами (рис. 1в). Источник Р-12 и скважина ГК-1 находятся в околоравновесном состоянии с кальцитом, в так называемой зоне перехода. Воды трех скважин Г1, М1 и ГК5 характеризуются конечной из выделенных стадий - стадией насыщения кальцитом (рис. 1в, 1ж).

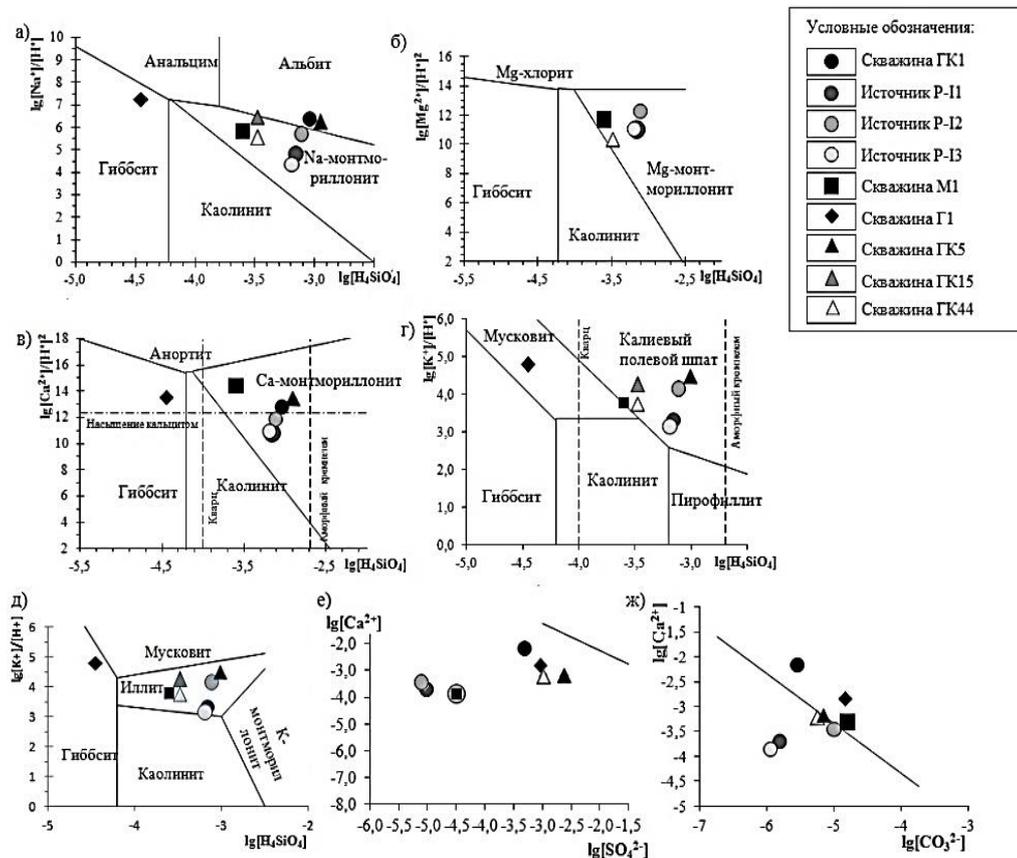


Рис. 1. Диаграммы равновесия рассматриваемых подземных вод с алюмосиликатными, сульфатными и карбонатными минералами: анальцит – альбит – Na-монтмориллонит – каолинит – гибсит (а); Mg-хлорит – Mg-монтмориллонит – каолинит – гибсит (б); анортит – Са-монтмориллонит – каолинит – гибсит (в); мусковит – КПШ – пиррофиллит – каолинит – гибсит (г); мусковит – иллит – К-монтмориллонит – каолинит – гибсит (д), с ангидритом (е) и кальцитом (ж) при температуре 25 градусов

Изучение равновесности подземных вод режимных водопроявлений показало, что воды насыщены монтмориллонитами, а некоторые из них достигают стадии насыщения кальцитом и альбитом.

Подземные воды режимных водопроявлений на территории Петропавловского полигона характеризуются разнообразным химическим составом. По водородному показателю воды изменяются от нейтральных до сильнощелочных, по минерализации - от пресных до соленых, по температуре от холодных вод до весьма горячих. Разнообразие состава подземных вод обусловлено комплексом природных факторов, в т. ч. приуроченностью территории к областям современного и более древнего вулканизма, повышенными температурами в недрах Паратунской и Пиначевской гидротермальных систем, особенностями взаимодействия глубинных газов с инфильтрационными водами и прочими факторами. Значительное количество ионов хлора и натрия в водах объясняется близостью территории к морской акватории и вероятной генетической связью с морскими отложениями [5].

Выполненный впервые анализ степени насыщенности подземных вод режимных скважин и источников Петропавловского полигона к алюмосиликатным, карбонатным и сульфатным минералам показал их различие в отношении стадий эволюционного развития системы вода-порода. Предварительно выделены три характерных состояния взаимодействия подземных вод с водовмещающими породами.

Литература

1. Гаррелс Р.М., Крайст Ч.Л. Растворы, минералы, равновесия. – М.: Мир, 1968. – 368 с.
2. Зверев В.П. Роль подземных вод в миграции химических элементов. – М.: Недра, 1982. – 182 с.
3. Копылова Г.Н., Копылова Ю.Г., Гусева Н.В. О генезисе и механизмах формирования гидрогеохимических аномалий в изменениях состава подземных вод под влиянием сейсмичности // Вулканизм и связанные с ним

- процессы: Материалы региональной научной конференции, посвященной Дню вулканолога, 27 – 28 марта 2014 г. – Петропавловск-Камчатский: ИВиС ДВО РАН, 2014. – С. 181–186.
4. Копылова Г.Н., Сугробов В.М., Хаткевич Ю.М. Особенности изменения режима источников и гидрогеологических скважин Петропавловского полигона (Камчатка) под влиянием землетрясений // Вулканология и сейсмология, 1994. – № 2. – С. 53–70.
 5. Гидрогеология СССР. Том XXIX. Камчатка, Курильские и Командорские острова. Южно-Камчатская геологоразведочная экспедиция. – М.: Недра, 1972. – 364 с.
 6. Шварцев С.Л. Гидрогеохимия зоны гипергенеза. – М.: Недра, 1978. – 287 с.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СТЕПЕНИ НАСЫЩЕННОСТИ АЗОТНЫХ ТЕРМ ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ БАЙКАЛЬСКОЙ РИФТОВОЙ ЗОНЫ К КАЛЬЦИТУ И ДОЛОМИТУ

Е.В. Зиппа, О.Г. Токаренко

Научный руководитель доцент О.Г. Токаренко

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г.Томск, Россия

Оценка степени равновесия вод к минералам водовмещающих пород в настоящее время широко используется среди специалистов-гидрогеохимиков [6] для определения условий формирования химического состава [2, 5]. В работе [4] показано, что термы Байкальской рифтовой зоны (БРЗ) представляют собой результат длительного взаимодействия древних и современных инфильтрационных вод с вмещающими горными породами и связанного с этим масштабного перераспределения химических элементов между водным раствором и формирующимися в этих условиях вторичными минеральными образованиями. В растворе достигается равновесие с различными минералами (карбонатными и алюмосиликатными), в результате чего происходит образование разнообразных вторичных минералов.

Целью настоящей работы является изучение химического состава азотных терм Байкальской рифтовой зоны и определение степени насыщенности гидротерм северо-восточной части БРЗ, в частности, к кальциту и доломиту, формирование которых является важнейшим этапом в эволюции системы вода–порода.

Термальные воды Байкальской рифтовой зоны обладают низкой минерализацией, которая за редким исключением превышает 1 г/л, а чаще составляет <0,5 г/л, высокой щелочностью (рН от 8,2 до 10), наличием повышенных концентраций кремния (в некоторых случаях до 120 мг/дм³) и фтора (до 47 мг/дм³). Перечисленные свойства говорят об уникальности терм по своему химическому составу.

Содержания фтора, как установлено, хорошо коррелируют с карбонатными ионами, но плохо – с сульфатными. В целом в пределах БРЗ сформировано пять химических типов терм – HCO₃–Na, HCO₃–F–Na, HCO₃–SO₄–Na, SO₄–HCO₃–Na и SO₄–Na, которые различаются между собой направленностью трансформации химического состава, корреляционной зависимостью с общей минерализацией, температурой, рН, содержанием фторид- и сульфат-иона. В связи с этим, термы содового типа являются пресными (M<0.5 г/л), что пока не имеет четких объяснений.

На основе данных анализа химического состава азотных терм авторами [3] было выявлено несколько характерных для них особенностей:

1. Разное поведение сульфатных и карбонатных ионов в рассматриваемых термах позволяет говорить о наличии двух разных путей формирования гидрокарбонатных и сульфатных типов вод.

2. При формировании азотных терм имеют место два разнонаправленных процесса: один из них (гидролиз) ведет к увеличению рН, другой (окисление серы) – к уменьшению этого показателя. Отсюда вытекает следующая характерная для азотных терм особенность.

3. Атипичная зависимость между рН и соленостью терм.

4. Необычное для подземных вод соотношение катионов. Среди катионов резко доминирует Na⁺, содержания же Ca²⁺, Mg²⁺ и K⁺ во всех их типах низки. Исключение составляют лишь некоторые источники (Алгинский, Ирканинский, Нилова Пустынь, Питателевский), в которых доля Ca²⁺ достигает 21 мг-экв% [3].

Концентрации Ca²⁺ и Mg²⁺ находятся в обратной зависимости от количества карбонатных ионов, что говорит о равновесии азотных терм с карбонатными минералами этих элементов – кальцитом, доломитом, магнезитом. Это находится в хорошем согласии с постулатом С.Л. Шварцева о равновесно-неравновесном состоянии системы вода–порода в целом. Отсюда становится понятным, что низкие содержания Ca²⁺ и Mg²⁺ в термах связаны с выпадением этих элементов из раствора в виде карбонатов (кальцита, доломита, магнезита и др.), а возможно и вторичных силикатов типа ломонтита [3].

В процессе определения степени насыщенности терм к кальциту и доломиту были использованы данные химического состава терм 24 источников. Для выяснения степени насыщенности терм к отдельным минералам мы использовали параметр насыщенности (или индекс насыщения), который равен

$$L = \lg Q/K$$

где Q – кватант реакции; K – константа реакции. По мере насыщения раствора относительно какого-либо минерала индекс насыщения увеличивается до нуля (состояние равновесия). При пересыщении его значения становятся положительными. Расчет параметра насыщенности проводилось по известным методикам, разработанным на базе термодинамики гидрогеохимических процессов [7] с использованием компьютерной программы HydroGeo [1]. Полученные параметры насыщенности приведены в таблице.