

- 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/дм<sup>3</sup>) и фтора (до 47 мг/дм<sup>3</sup>). 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 – HCO<sub>3</sub>–Na, HCO<sub>3</sub>–F–Na, HCO<sub>3</sub>–SO<sub>4</sub>–Na, SO<sub>4</sub>–HCO<sub>3</sub>–Na и SO<sub>4</sub>–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<sup>+</sup>, содержания же Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup> и K<sup>+</sup> во всех их типах низки. Исключение составляют лишь некоторые источники (Алгинский, Ирканинский, Нилова Пустынь, Питателевский), в которых доля Ca<sup>2+</sup> достигает 21 мг-экв% [3].

Концентрации Ca<sup>2+</sup> и Mg<sup>2+</sup> 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 Ca<sup>2+</sup> и Mg<sup>2+</sup> 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 – квантант 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.

Значения параметра насыщенности в родниках

Название родника	Координаты		Параметр насыщенности, L	
	x	y	Кальцит	Доломит
Алгинский	113,65	55,38	-10,80	-21,37
Аллинский	111,62	50,21	2,86	4,84
Анг.Сартинский	111,86	50,11	1,80	5,40
Баунтовский	110,93	54,89	2,05	4,39
Бусанский-1	113,09	55,26	-8,41	-16,45
Былыринский	113,53	55,59	-0,33	-0,44
Верхнеангарский	111,64	50,35	0,34	2,80
Горячинский	110,93	54,89	-0,03	-1,65
Гусихинский	109,03	53,68	-9,83	-21,30
Змеиный	110,44	56,04	0,43	-0,49
Ирканинский	113,05	56,33	0,86	1,80
Корикейский	56,47	113,00	-0,30	0,77
Кучигерский	53,60	109,62	3,06	5,75
Кыринский	54,48	109,86	0,49	-0,33
Могойский-1	55,13	111,01	1,33	3,48
Сартинский	55,98	111,33	-2,10	-1,40
скв. Дзелинда	57,23	33,06	2,20	5,40
Солнечный	52,31	107,30	2,00	7,00
Теплый Ключ	54,37	111,16	-1,10	-1,40
Толстихинский	54,41	109,50	3,71	7,71
Точинский-1	53,03	108,96	3,18	6,16
Улурийский	55,51	110,01	0,41	2,70
Умхейский	55,26	113,09	2,03	3,70
Шуридинский-1	56,04	110,78	2,10	4,20

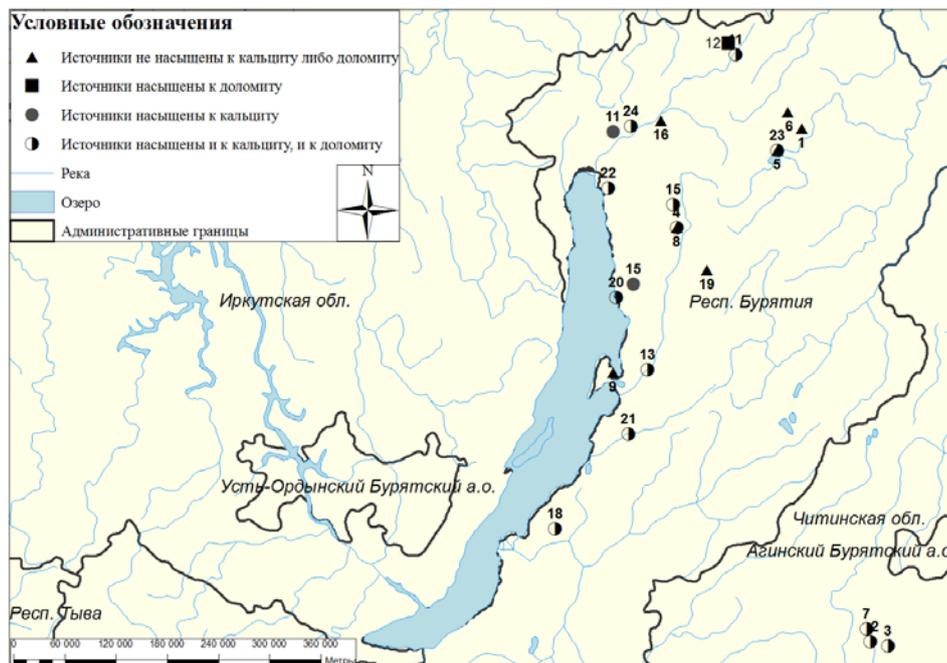


Рис. Пространственное распределение источников наблюдения

Номер источников 1 – Алгинский; 2 – Аллинский; 3 – Анг.Сартинский; 4 – Баунтовский; 5 – Бусанский-1; 6 – Былыринский; 7 – Верхнеангарский; 8 – Горячинский; 9 – Гусихинский; 10 – Змеиный; 11 – Ирканинский; 12 – Корикейский; 13 – Кучигерский; 14 – Кыринский; 15 – Могойский-1; 16 – Сартинский; 17 – скв. Дзелинда; 18 – Солнечный; 19 – Теплый Ключ; 20 – Толстихинский; 21 – Точинский-1; 22 – Улурийский; 23 – Умхейский; 24 – Шуридинский-1

Также в работе с помощью программного продукта ArcGis 9.3 осуществлялось нанесение на карту наблюдаемых источников и выделение из них родников, насыщенных или ненасыщенных к кальциту или доломиту. Для достижения этой цели на начальном этапе в программе Microsoft Excel произвели пересчет координат из градусной системы в десятичную, что в последствии позволило создать слой данных, содержащий координаты источников наблюдений и параметр насыщенности в кальциту и доломиту. Создание карты позволяет наглядно отобразить распределение источников наблюдения в пространстве и увидеть, какие из них насыщены или ненасыщены к кальциту или доломиту. Пространственное распределение источников наблюдения представлено на рисунке.

Анализируя карту пространственного распределения источников наблюдения, можно сделать вывод о том, что 29 %, из представленных 24 источников, не насыщены ни к кальциту, ни к доломиту и расположены к северо-востоку от озера Байкал. Источники, насыщенные только к кальциту расположены в северном и восточном направлениях вблизи озера и составляют 8 %. Что касается источников насыщенных только к доломиту, то они представлены только одним источником – Корикийским, который располагается к северо-востоку от озера Байкал. Большая часть представленных источников (что составляет 58 %) насыщена одновременно и к кальциту, и к доломиту и располагается, преимущественно, в восточном направлении от озера Байкал, а также в северо-восточном.

*Исследования выполнены при поддержке гранта РФФИ 14-05-31518.*

#### Литература

1. Букаты М.Б. Бюллетень Томского политехнического университета. – Томск, 2002
2. Копылова Е.Г., Лепокурова О.Е., Шварцев С.Л., Токаренко О.Г. Химический состав и генезис углекислых минеральных вод месторождения Терсинское (Кузбасс) // Доклады Академии наук, 2011 – Т. 436. – № 2. – С. 284-289.
3. Плюснин А.М., Замана Л.В., Шварцев С.Л., Токаренко О.Г. Гидрогеохимические особенности состава азотных терм Байкальской рифтовой зоны // Геология и геофизика, 2013. – Т. 54. – № 5. – С. 647–664.
4. Шварцев С.Л. Гидрогеохимия зоны гипергенеза. – 2-е изд., исправл. и доп. – М.: Недра, 1998
5. Timoshenkova A.N., Pasechnik E.Yu., Tokarenko O.G. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science 21 12024, 2014
6. Shvartsev S.L. Geoch. International 46(13) 1285, 2008.
7. Garrels R.M, Christ Ch. L. Solutions, Minerals and Equilibria. – New York: Harper & Row, 1965. – 450 p.

### РУСЛОВЫЕ ДЕФОРМАЦИИ РЕКИ КИЯ (ЗАПАДНАЯ СИБИРЬ)

**Е.В. Иванова**

Научный руководитель профессор О.Г. Савичев

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

Нефтегазодобывающий и нефтегазотранспортный комплексы играют ключевую роль в экономике Западно-Сибирского региона. По территории Томской и Кемеровской областей проходит магистральный нефтепровод «Александровское – Анжеро-Судженск», который является составной частью трубопроводной системы «Восточная Сибирь – Тихий океан». Транспорт углеводородного сырья протекает в сложных природных условиях – высокой заболоченности и густой гидрографической сети. Многочисленные переходы трубопроводов через водные объекты способствуют изношенности материала труб и возникновению утечек углеводородов на поверхность. Обеспечение безаварийной работы нефтегазодобывающих предприятий является одним из важных условий развития территории. Это и определяет актуальность исследования русловых деформаций рек, через которые проходят трубопроводы.

Целью работы является оценка русловой деформации реки Кия за период с 1955 по 1974 года, оценка предельно возможного вертикального размыва русла и прогноз максимально возможных плановых русловых деформаций реки на 25 лет.

Размыв русла реки под трубопроводом приводит к его просадке, что, впоследствии, приводит к отказу. Тяжесть последствий от аварии выражается через соотношение размеров водного объекта и количества попавшей в него нефти [2]. Соблюдение правил строительства и эксплуатации нефтепровода позволяет избежать утечек сырья на поверхность. При проектировании переходов нефтепровода через реки необходима оценка величины горизонтальных и вертикальных деформаций речных русел. Данная задача, в большинстве случаев, решается на основе сравнения поперечных профилей речных русел, составленных в разные годы [1, 5].

При отсутствии данных наблюдений предельно возможные горизонтальные и вертикальные деформации речных русел могут быть определены согласно [4]. Данный метод включает в себя определение ширины русла и максимальной глубины, при которых наблюдаются наибольшие русловые деформации. Для этого: 1) если имеются данные об уровнях воды, глубине, ширине потока, выбираются необходимые уровни воды (от минимального до максимального через определенный шаг). Если необходимое значение уровня воды отсутствует, оно определяется интерполяцией между соседними датами; 2) для каждого уровня определяется значение ширины русла и максимальной глубины, измеренные или интерполированные; 3) также для каждого уровня вычисляется разность максимальных и минимальных значений – амплитуда изменений плановой и вертикальной деформаций русла; 4) максимальные значение амплитуды являются деформацией речного русла.