

СЕКЦИЯ ГИДРОГЕОЛОГИИ, ИНЖЕНЕРНОЙ ГЕОЛОГИИ ИГЕОЭКОЛОГИИ

УДК 551.345.1

ПРЕДВАРИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ТЕМПЕРАТУРНОГО СОСТОЯНИЯ ГРУНТОВ НА ОСТРОВЕ ОЛЬХОН (По материалам мониторинговых наблюдений)

Атор: Светлаков А.А., Козырева Е.А., Рыбченко А.А., Институт Земной
Коры СО РАН, г.Иркутск

Проблема современного состояния многолетнемерзлых пород в условиях изменяющегося глобального климата является весьма дискуссионной. Очевидно, что глобальное повышение температуры приведет к изменению температурного режима грунтов, так как вечная мерзлота является климатически уязвимым элементом природной среды [1].

Оценка современного состояния многолетнемерзлых грунтов в пределах южной области криолитозоны актуальна в связи с глобальной оценкой состояния мерзлых толщ Земли. Для изучения температурного состояния грунтов ведутся работы в рамках международной программы: «Тепловое состояние многолетнемерзлых грунтов». В структуру мониторинговой сети программы был включен о. Ольхон, как представительный участок, отражающий современное состояние южной области распространения мерзлых пород. По материалам Ф.Н. Лещикова, данная территория относится к области редкоостровного и островного распространения многолетнемерзлых пород криолитозоны; в местах распространения линз многолетнемерзлых грунтов температура массива ниже деятельного слоя составляет от $-0,1^{\circ}\text{C}$ до $-0,5^{\circ}\text{C}$ [2].

В 2012 г в ходе экспедиционных работ на участке исследования вблизи п. Харанцы, в заливе Харалдайский был установлен логгер НОВО U12 – четырехканальный датчик, который производит запись температурного состояния грунтов с периодом измерения раз в три часа. Точность прибора от -40° до $+70$ (100°C) и точность измерения $\pm 0,18^{\circ}\text{C}$ (25°C). В течение года с конца июля 2012 г. по август 2013 г., датчик (логгер) фиксировал температуру на глубинах 0,6 м, 1,0 м, 1,6 м и 3,6 м. В результате наблюдений получены уникальные данные хода температуры грунтов на участке исследований (рис.1.). Для изучения мерзлотных условий важной характеристикой является сдвиг фазы годового хода (запаздывание) проникновения температур с глубиной. Запаздывание

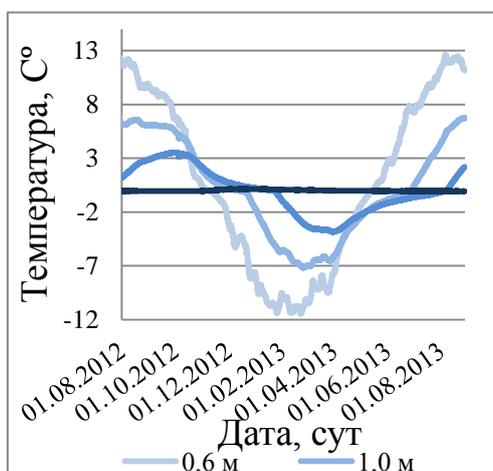


Рисунок 1. График изменения температуры грунтов по данным мониторинговых наблюдений в период с августа 2012 г. по август 2013 г.

отмечается на границе перехода от положительных температур к отрицательным, т.е. при переходе через нулевое значение. Очевидно, что с увеличением глубины увеличивается и время проникновения температурного потока. Так, для преодоления интервала от 0,6 м до 1,0 м температурным потоком было затрачено 35 суток, от 1,0 м до 1,6 м сдвиг составил 50 суток и с глубины 1,6 м до 3,6 м переход от положительных температур к отрицательным произошел через 60–70 суток. Для территории Ольхона, его степной части, установлен период запаздывания температуры от поверхности до глубины 3,6 м и составил 120–130 суток. По материалам А.Б. Шерстюкова, значительное запаздывания в Восточной Сибири может служить фактором формирования подстилающих мерзлых грунтов [3]. Таким образом, полученная величина запаздывания в распределении температуры на о. Ольхон свидетельствует о потенциальном присутствии на исследуемой территории многолетнемерзлых пород.

Одним из важных моментов в исследовании режима развития температурного поля в грунтах является анализ температур на нижней границе сезонного промерзания-протаивания. Температурный датчик на оползневом участке наблюдения был установлен ниже границы сезонных колебаний, т.е. на глубине 3,6 м. За период исследования на данном интервале отмечалась устойчивая среднегодовая отрицательная температура, составляющая $-0,1^{\circ}\text{C}$. Данные условия являются хорошим фактором сохранения многолетнемерзлых грунтов. Однозначного ответа на вопрос о направлении тренда состояния температурного режима грунтов давать пока рано – необходимо продолжать наблюдения.

Еще один аспект в анализе состояния температурного поля грунтов обращает на себя внимание – глубина сезонного протаивания. По данным Ф.Н. Лещикова, опубликованных в 1984 году, глубина сезонного протаивания на Ольхоне варьируется в диапазоне от 2,5–3,0 м [2]. Датчик температурного режима был установлен ниже обозначенной границы, а значит, должен отражать температуру состояния многолетнемерзлых грунтов, однако на отметке 3,6 м происходили фазовые изменения с декабря по март, в этот период стабильно фиксировались положительные температуры. Анализируя глубину проникновения колебания температур, можно заключить, что мощность глубины сезонного протаивания несколько увеличилась в сравнении с данными Ф.Н. Лещикова с 2,5–3 м (в 70-80 годы XX века) до 3–3,6 м (к началу XXI века).

Следует отметить, что участок исследований расположен на склоне, сложенном кайнозойскими переслаивающимися суглинисто-супесчаными рыхлыми отложениями с включениями песка и щебня. Склон поражен оползневыми процессами, приводящими к смятию, перемешиванию и деформациям грунтовых толщ. Реализация механизмов деформаций склона, развитие сопутствующих экзогенных процессов является одним из важных вопросов особенностей температурного поля в годовом режиме. Для анализа режима развития сопутствующих экзогенных процессов важен годовой ход температур массива грунтов, периоды перехода в талое состояние и обратно.

При переходе из мерзлого состояния в талое, в сочетании с влажностью грунтов и количеством осадков часто развиваются склоновые процессы. Переувлажненные грунты в период с мая по июнь способны и проявляют наибольшую оползневую активность по еще не протаявшему деятельному слою. В этот временной период формируются поверхностные оползни, соразмерные зоне протаивания грунтов. Более глубокие деформации, мощности смещения которых более 1,5 м, возникают в осенний период – сентябрь-октябрь, первая половина ноября. Тогда запускаются более сложные механизмы смещений. Распределение температурного режима грунтов в годовом цикла, анализ температурных кривых позволяют определить и спрогнозировать временные периоды и наиболее вероятные виды деформаций при активизации склоновых процессов в годовом цикле.

Литература

1. Малевский-Малевич С.П., Молькентин Е.К., Надежина Е.Д. и др. Моделирование и анализ возможностей экспериментальной проверки эволюции термического состояния многолетнемерзлых грунтов. – В кн.: Криосфера земли. – Изд. «ГЕО», г. Новосибирск 2007г, ст. 29-36;

2. Лещиков Ф.Н., Спесивцев В.И., Мирошниченко А.П. Оползневые деформации на берегах о. Ольхон. – В кн.: Береговые процессы в криолитозоне. – Изд. «Наука» г. Новосибирск, 1984 г, ст. 71-76;

3. Шерстюков А.Б. Запаздывание годового хода температуры почвогрунтов на глубинах до 320 см по данным метеостанций России. – В кн.: Анализ изменений климата и их последствий. – Изд. «Наука», 2010 г, ст. 92-96.

УДК 622.7

ВЛИЯНИЕ ЦИКЛОВ И РЕЖИМОВ ЭКСПЛУАТАЦИИ УСТЬ-ИЛИМСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА НА ФОРМИРОВАНИЕ НАВЕДЕННОЙ СЕЙСМИЧНОСТИ

Ташлыкова Т.А., Институт земной коры СО РАН, Иркутск; Russia,
tta1964@mail.ru

Глубоководное Усть-Илимское водохранилище с сезонным типом регулирования стока образует промежуточную третью энергетическую ступень в Ангарском каскаде ГЭС, располагаясь после крупнейшего в мире водоема с многолетним регулированием стока – Братского водохранилища, за счет которого происходит основное формирование водной массы Усть-Илимского. При этом все водохранилища ангарского каскада работают во взаимозависимом, компенсационном режиме.

Посредством создания и последующей эксплуатации данного водоема произошло значительное техногенное воздействие на геологическую среду территории Средней Ангары с активизацией в его береговой зоне некоторых

геологических процессов, относящихся к разряду опасных, абразии, представляющей экзогенный процесс, и наведенной сейсмичности – эндогенный процесс [3, 6, 7].

Влияние циклов и режимов эксплуатации Усть-Илимского водохранилища на развитие абразионно-аккумулятивных процессов детально рассмотрено в статье Т.А. Ташлыковой и Е.А. Лукьяновой в «Вестнике ИрГТУ» №9 [7]. В данной работе рассмотрим их влияние на формирование наведенной сейсмичности.

Объем сбросных расходов Братского и Усть-Илимского гидроузлов накладывают определенный существенный отпечаток на формирование уровня режима Усть-Илимского водохранилища, который образует сложный рисунок с учетом небольшой глубины сработки уровня и транзитного положения водоема в цепочке ангарского каскада [5].

По амплитуде колебания уровня и продолжительности его нахождения на определенных эксплуатационных отметках в многолетнем ходе до 2001 г. Г.И. Овчинниковым выделено 4 цикла эксплуатации [1].

Подходя детальнее к анализу формирования многолетнего хода уровня воды Усть-Илимского водохранилища, автор выделяет в нем два крупных режима эксплуатации – **интенсивный**, характеризующийся колебанием уровня до 4–х м с включением циклов эксплуатации 1 и 2, а также – **оптимальный**, имеющий сработку 1,5–2 м с циклами 3 и 4 (по настоящее время).

Проанализировав расположение эпицентров зарегистрированных землетрясений на прилегающей к водоему территории, выделяются следующие **группы** сейсмособытий (рис.):

- произошедших непосредственно вблизи побережья водоема,
- произошедших в ночное время (восемь из девяти зарегистрированных сейсмособытий),
- приуроченных к глубоководной части водоема.

При сопоставлении циклов и режимов эксплуатации Усть-Илимского водохранилища с произошедшими сейсмособытиями на прилегающей к водоему территории установлены некоторые **особенности** в характере формирования и проявления наведенной сейсмичности.

Установлено, что основное сейсмопроявление в береговой зоне произошло в период цикла 1 интенсивного режима эксплуатации, характеризующегося сработкой уровня в экстремальном режиме и первыми годами эксплуатации созданного водоема.

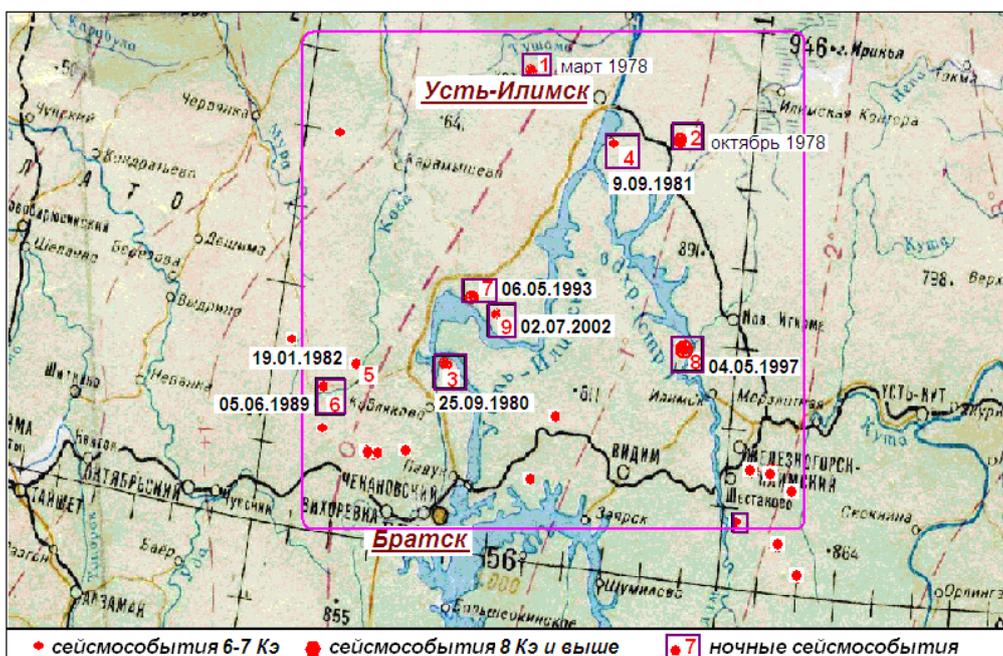


Рис 1. Произшедшие сейсмособытия на территории, прилегающей к Усть-Илимскому водохранилищу.

Первые два сейсмособытия зафиксированы по обе стороны плотины Усть-Илимского гидроузла в межсезонья 1978 г., когда начавшаяся увеличенная сработка уровня проходила на фоне возросших сбросных расходов Усть-Илимского гидроузла [2].

Другая группа сейсмособытий приурочена к пику маловодья, разразившемуся в Ангаро-Енисейском водном бассейне (1980–1982 гг.), когда производилась вынужденная сработка уровня воды (в энергетических целях) в экстремальном порядке до критически низких эксплуатационных отметок (рис.1).

Остальные сейсмособытия проявились в период **оптимального режима** эксплуатации водохранилища, когда их регистрация наблюдалась каждые четыре года в береговой зоне водоема [4].

Выяснено, зарегистрированные сейсмособытия произошли в разные фазы положения уровня воды при эксплуатации:

а) при самом низком положении уровня в период режимной летней сработки уровня (25.09.1980 г.; 9.09.1981 г.) из всего периода эксплуатации водоема;

б) в первых числах начала летнего наполнения водоема (6.05.1993 г.; 4.05.1997 г.), осуществляемого после режимной зимней сработки уровня;

в) на высоких отметках, связанных с окончанием летнего наполнения водоема (5.06.1989 г.; 2.07.2002 г.).

В ходе исследования было выяснено важное обстоятельство, что в октябре 1978 г. Усть-Илимская ГЭС вырабатывала «юбилейный» 50-й миллиард кВт·ч электроэнергии, что в условиях социалистической экономики являлось достаточным основанием для усиленной эксплуатации ГЭС. Поэтому вполне понятны и объяснимы повышенные сбросные расходы Усть-Илимского

гидроузла как в сентябре-октябре 1978 г., так и в течение всего этого ударного года. Проанализировав развивающуюся ситуацию в 1978 г., автор приходит к выводу, что повышенная эксплуатация водохранилища и гидроузла в межсезонья 1978 г. выступила триггером в формировании и последующей разрядке напряжений в верхнем техногенном слое земной коры, запуская механизм проявления наведенной сейсмичности. Подобные ситуации наблюдаются и в районе плотины Братского гидроузла [2, 3].

В результате проведенного исследования выяснено, что циклы и режимы эксплуатации глубоководного Усть-Илимского водохранилища по-разному влияют на формирование и проявление наведенной сейсмичности, относящейся к опасным геологическим процессам.

В ходе исследования выявлено, что активнее она проявилась с относительно небольшим энергетическим классом (K) в первые годы функционирования водохранилища, совпавшие с циклом 1 интенсивного режима его эксплуатации и разразившегося маловодья в Ангаро-Енисейском водном бассейне.

Установлено, эксплуатация водохранилища естественным образом формирует новые очаги в проявлении наведенной сейсмичности.

Литература

1. Овчинников Г.И. Динамика береговой зоны Ангарских водохранилищ: Автореф. дис. ... докт. геогр. наук. – Иркутск, 2003. – 50 с.
2. Ташлыкова Т.А. Анализ некоторых вариаций сейсмособытий в районе Усть-Илимского и Братского гидроузлов //IX Росс.-монг. конф по астр. и геофизике (г. Иркутск, 10–12 октября 2011 г.). Тезисы докладов. – Иркутск: ИСЗФ, 2011 (а). – С. 24.
3. Ташлыкова Т.А. Доказательства факта присутствия наведенной сейсмичности в районе эксплуатирующихся глубоководных водохранилищ ангарского каскада / «Современная геодинамика и опасные природные процессы в Центральной Азии». Труды IX Росс-Монг. конф. «Солнечно-земная физика и сейсмогеодинамика Байкало-Монгольского региона» (г. Иркутск, 10–12 октября 2011 г.). Вып.7. – Иркутск, 2012 (а). – С. 74–81.
4. Ташлыкова Т.А. Индуцированная сейсмичность Усть-Илимского водохранилища: общий обзор / «Современная геодинамика Центральной Азии и опасные природные процессы: результаты исследований на количественной основе». Мат-лы Всеросс. совещ. и мол. школы по современной геодинамике (г. Иркутск, 23–29 сентября 2012 г.). В 2-х томах. Т.2. – Иркутск: ИЗК СО РАН, 2012 (б). – С. 78–84.
5. **Ташлыкова Т.А.**, Лукьянова Е.А. Анализ сезонной изменчивости уровня воды Усть-Илимского водохранилища по характерным годам периода эксплуатации / Т.А. Ташлыкова, Е.А. Лукьянова // Вестник ИрГТУ, №3. – Иркутск: ИрГТУ, 2011. – С. 17–24.
6. **Ташлыкова Т.А.**, Лукьянова Е.А. Переработка береговой зоны Усть-Илимского водохранилища / Т.А. Ташлыкова, Е.А. Лукьянова // Вестник ИрГТУ, №12. – Иркутск: ИрГТУ, 2012. – С. 82–86.

7. Ташлыкова Т.А., Лукьянова Е.А. Циклы эксплуатации Усть-Илимского водохранилища и их влияние на интенсивность развития абразионно-аккумулятивных процессов // Вестник ИрГТУ, №9. – Иркутск: ИрГТУ, 2013. – С. 109–112.

УДК 550: 5

МЕСТОРОЖДЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПОЛИКОМПОНЕНТНЫХ РАССОЛОВ ГЛУБОКИХ ГОРИЗОНТОВ СИБИРСКОЙ ПЛАТФОРМЫ

Вахромеев А.Г., проф. Каф. НГД, ИрГТУ

В пятидесятых годах глубокими скважинами на юге Сибирской платформы были впервые обнаружены фонтанные притоки «предельно насыщенных» хлоридных кальциевых рассолов с минерализацией до 600 кг/м³ и более, с уникальными содержаниями калия, брома. Тем самым было сделано крайне важное для гидрогеологии научное открытие неизвестного ранее типа рассолов и по сути самостоятельного минерагенического типа промышленного сырья на бром, литий, магний, калий, стронций, рубидий, цезий [1]. В рассолах Сибирской платформы содержание лития, брома, магния и других элементов в десятки раз превышает их концентрации в промышленно перерабатываемом сырье. Это единственная гидроминеральная провинция мира, с парагенезисом лития – до 0,7 кг/м³ и брома – до 13,6 кг/м³. Известны фонтанировавшие скважины с дебитом рассола до 5-7 тыс. м³/сут, с выносом на поверхность до 10 т хлорида лития и до 70 т брома в сутки [2].

Системные исследования ресурсной базы гидроминерального сырья на Сибирской платформе были начаты в 1967 г. по инициативе Е.В. Пиннекера [3], и в разные годы выполнялись П.И. Трофимуком, З.И. Павловой, Е.В. Пиннекером, А.А. Дзюбой, С.С. Бондаренко, С.В. Алексеевым, С.Л. Шварцевым и другими.

Региональная оценка геологических запасов лития в подземных солёных водах и рассолах платформенной части Иркутской области показывает, что при суммарном объеме рассолов (двух гидрогеологических формаций), порядка 80 миллионов м³, среднее значение геологических запасов лития в этих водах составляет не менее 9 млн. тонн [4]. Эта величина сопоставима с оценками геологических запасов лития других литиеносных провинций мира (Южная и Северная Америка, Китай). При условии плановой подготовки балансовых запасов лития, рассолы платформенной части Иркутской области, как «жидкая литиевая руда», могут в перспективе конкурировать с мировыми производителями соединений брома, магния, солей лития, калия, рубидия, цезия.

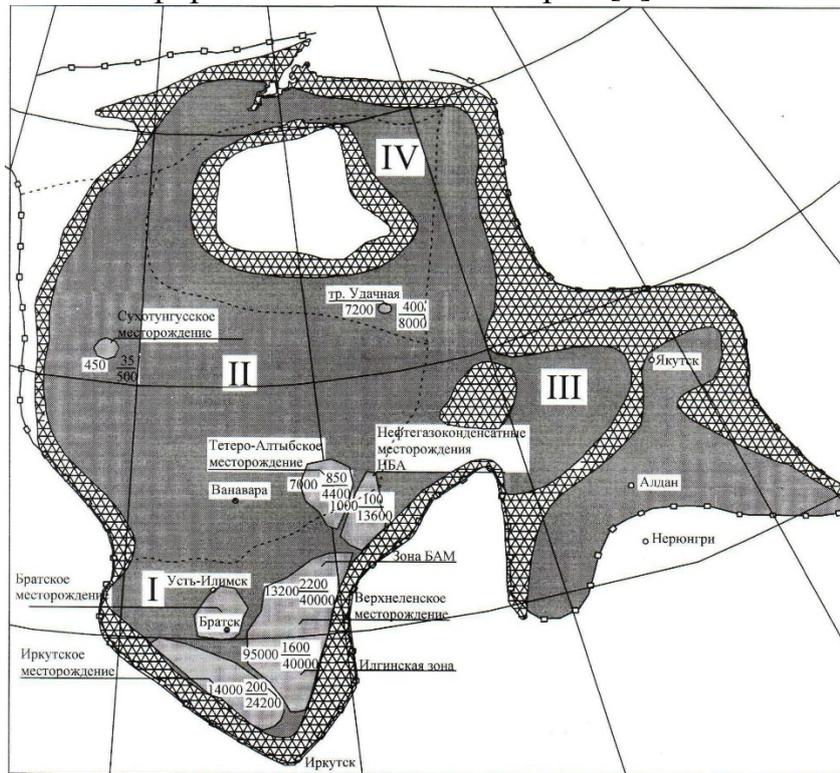
Однако, детализация оценок ресурсной базы рассолов и ценных компонентов в этом сырье требует однозначной трактовки гидрогеологического строения пустотного пространства пластов-коллекторов

в объеме «природных подземных емкостей» или подземных водоносных (рассолоносных) систем, резервуаров, вмещающих глубокие промышленные рассолы, и граничных условий. Геологическое строение территории Ангаро-Ленского артезианского бассейна описывается в границах трех структурных этажей - насолённого, солёного и подсолённого. Большинство исследователей отмечает полное несоответствие геолого-структурных планов между этажами. Гидрогеологические условия для выделенных этажей разреза осадочного чехла и соответствующих им гидрогеологическим формациям принципиально различны, и требуют самостоятельного обоснования. Различны типичные гидродинамические условия и гидрохимическая характеристика залежей рассолов в этих формациях [2,5].

Условия распространения промышленных вод терригенной и галогенной гидрогеологических формаций контролируется граничными условиями Ангаро-Ленского артезианского бассейна. Основным критерий – распространение проницаемых гранулярных и каверново-трещинных пластов – коллекторов на территории бассейна. Такие критерии обоснованы для каждого из четырех артезианских бассейнов Сибирской платформы, в первую очередь с целью обоснованного научного прогноза нефтегазоносности. В работах А.Э. Конторовича, Н.В. Мельникова, Г.Г. Шемина (Непско-Ботуобинская антеклиза..., 1986; Мельников и др., 1989; Шемин, 2001, 2007) и других исследователей приведена классификация резервуаров, учитывающая как стратиграфический объем, так и площадь их распространения. Сформулируем важнейшие критерии локализации зон коллекторов [2] и связанных с ними месторождений и залежей промышленных рассолов:

- для **терригенной гидрогеологической формации** - наличие баровых песчаных тел вендского возраста, повсеместно характеризующихся промышленными притоками пластовых флюидов. Тела подобного генезиса выявлены на территориях Непско-Ботуобинской антиклизы, Ангаро-Ленской ступени, в Иркутском и Тулунском Присяянье, на внешних склонах Присяяно-Енисейской синеклизы в полосе сочленения Ангаро-Ленской ступени и Катангской седловины; Как правило, это главные объекты поисков месторождений УВ, локализацию которых связывают с литологически- и тектонически ограниченными ловушками неантиклинального типа. Применительно к изученным и оцененным месторождениям нефти и газа в терригенных коллекторах можно уверенно говорить о наличии гидродинамически активных залежей законтурных (подстилающих) рассолов, рассматривая их как попутные промышленные воды в цикле эксплуатации углеводородных залежей. Типичными примерами таких залежей могут служить Аянско-Ярактинская группа месторождений, Братское ГКМ и западное (Грузновское) обрамление КГКМ, где «подпирающие» залежь промышленные рассолы водонефтяного (газоводяного) контакта в песчаниках вскрыты глубокими разведочными скважинами.

- для галогенной гидрогеологической формации – наличие пластов карбонатных пород вторичного разуплотнения – повышенной трещиноватости, выщелачивания, перекристаллизации. Подобные пласты доказаны в венд-кембрийском подсолевом карбонатном и в кембрийском галогенно-карбонатном комплексах (галогенной гидрогеологической формации) осадочного чехла. В латеральном плане зоны развития пород повышенной и удовлетворительной емкости дискретно распространены по всей изученной площади, с их предпочтительной приуроченностью к региональным разломам, участкам выщелачивания карбонатных толщ. Типичными, изученными объектами можно считать Знаменский и Ковыктинский участки Верхнеленского месторождения в галогенной гидрогеологической формации нижнего кембрия [2].



Условные обозначения

	Границы гидрогеологических провинций		Зоны подземных вод с концентрацией лития от 5 до 10 мг/л
	Границы артезианских бассейнов		Зоны подземных вод с концентрацией лития более 10 мг/л
	Зоны подземных вод с концентрацией лития менее 5 мг/л		Контур месторождения промышленных рассолов

Иркутское месторождение
 14000 $\frac{200}{24200}$
 Месторождение промышленных рассолов: сверху - название месторождения, слева - эксплуатационные запасы, м³/сут, справа над чертой - запасы лития, т/год, под чертой - запасы брома, т/год

Наименование провинций, артезианских бассейнов, перспективных районов

Лено-Тунгусская гидроминеральная провинция: I. Ангаро-Ленский бассейн II. Тунгусский бассейн III. Якутский бассейн IV. Оленекский бассейн

Рис. 1. Месторождения глубоких промышленных рассолов гидроминеральной провинции Сибирской платформы (по Вахромееву, 2000, 2009; Алексееву и др., 2012 с дополнениями).

Основная перспективная территория общих поисков – это контуры Верхнеленской впадины, сформированной в нижнепалеозойский этап

развития южной окраины Сибирской платформы. В соответствии с современными представлениями о геологическом строении, Верхнеленская впадина фиксируется по палеомощностям слагающих ее осадочных пород и рассматривается М.С. Дубровиным, 1979, в качестве древней палеодепрессии. В современном плане с юго-восточной стороны Верхнеленская впадина примыкает к Байкальской горной области, на северо-западе ограничивается долинами рек Ангары и Тубы, низовьями р. Непы и верховьями р. Пеледуй. Соленосная формация занимает на указанной территории площадь более 200 тыс км², суммарная мощность каменной соли достигает 900м. В контурах Верхнеленской впадины мы выделяем **Верхнеленское месторождение** глубоких промышленных металлоносных бромсодержащих рассолов, наиболее перспективное для поисково-разведочных работ на литиеносные бромсодержащие глубокие рассолы [2].

В пределах **Сибирской (Лено-Тунгусской) гидроминеральной провинции**) автором на основе строения элементарной ячейки пустотного пространства резервуара () выделяется **три типа месторождений глубоких промышленных рассолов.** **Первый**, наиболее простой пластовый тип залежей рассолов приурочен к гранулярным коллекторам терригенной гидрогеологической формации. Для него определены совершенно конкретные характеристики гидродинамики, гидрохимии, особенности распределения рассолов в пустотном пространстве. Характерным примером этого типа является **Иркутское месторождение промышленных рассолов** (рис 1), оцененное в парфеновском рассолоносном горизонте нижнемотской подсветы (по П.А. Трофимуку), **Парфеновский участок и группа оцененных участков (Братское месторождение) в районе Братского ГКМ.** К этой же формации отнесены попутные промышленные рассолы месторождений нефти и газа Непско-Ботуобинской антеклизы (НБА).

Второй, более сложный тип месторождений глубоких рассолов выделяется в **галогеогенной гидрогеологической формации.** Залежи рассолов приурочены к сложным каверно-трещинным и трещинно-каверновым карбонатным коллекторам. Фильтрационное поле дополнительно осложнено наложенными трещинно-жильными и карстово-жильными гидрогеологическими структурами транзитного типа. Наблюдается корреляционная связь наложенных структурных форм проседания и глубинного соляного карста с локализацией гидрогеологических структур в плане [4]. Доказана связь и распределение субпластовых аномально-гидропроводных коллекторов жильного типа с зонами межпластовых срывов, которая в плане увязывается с шарьяжно-надвиговой тектоникой, процессом надвигообразования. Картина распределения наложенных гидрогеологических структур подчинена закономерному распределению на территории Верхнеленской впадины аллохтонных антиклиналей, причем осложнено структурами проседания восточное, надвинутое крыло аллохтона, антиклинали [2]. Гидродинамическая изоляция локальных гидрогеологических структур с аномальными параметрами (АК-АВПД) от выше- и нижезалегающих рассолоносных формаций вероятно является

важнейшим фактором формирования третьего базового признака – аномально-высокой минерализации, типичной для весьма крепких и предельно насыщенных рассолов галогенной формации [2]. Перечисленные структурно-гидрогеологические, гидрогеохимические и гидродинамические критерии выделения этого типа позволили нам выделить **Верхнеленское месторождение** в границах одноименной впадины. В пределах *Верхнеленского месторождения оцененные перспективные участки сгруппированы в две зоны* – северная, *зона БАМ* (Ковыктинский, Южно-Усть-Кутский, Омолойский, Илимский, Марковский участки, и южная *Илгинская зона*, включающая перспективные участки, расположенные как в контурах Илгинской впадины - Знаменский, Балыхтинский, Верхоленский, Коркинский, Тутурский, Рудовский, так и сопредельные участки на юге Иркутского амфитеатра - Космический, Тыретский, Шелонинский, Балаганкинский, Карахунский.

Третий тип гидрогеологических структур и связанных с ними месторождений глубоких рассолов – это вертикально построенные гидрогеологические массивы рудоносных диатрем, «трубок взрыва», сформировавшихся при внедрении мантийных расплавов в верхи платформенного чехла. Собственно гидрогеологическая структура объединяет внутренний объем пород-коллекторов в контуре эруптивного контакта эксплозии, трубки взрыва и сопряженные отрицательные структурные формы проседания и глубинного соляного карста – «воронки проседания». Структурно-вещественный комплекс трещинно-брекчированных горных пород железорудных и алмазных, кимберлитовых трубок взрыва отличается, однако распределение подземных вод в такой гидрогеологической структуре подчиняется единым закономерностям распределения пустотного пространства - трещиноватости гидрогеологического массива и приконтактной скарново-измененной зоны интрузии.

Фильтрационная структура трубки взрыва, субвертикально прорывающей всю толщу нормально-осадочных пород чехла платформенных отложений, и осложненной вторичной структурой воронки проседания осадочных пород, объединяет разные по гидродинамическим и фильтрационно-емкостным параметрам нормально-осадочные рассолоносные горизонты и комплексы описанных гидрогеологических формаций артезианского бассейна. Разгрузка, перетекание из субпластовых рассолоносных горизонтов и комплексов чехла в трещинно-карстовый массив, «гидрогеологическое окно», активизируется снижением уровня подземных вод в карьере при добыче полезных ископаемых – железных руд или кимберлитов, причем воронка депрессии формируется в каждом из сообщающихся рассолоносных горизонтов, имеющих проницаемый контакт с гидрогеологическим массивом. Типичным объектом третьего типа является **трубка «Удачная»**, Оленекский артезианский бассейн [3].

Сегодня самыми высокими дебитами фонтанирования рассолов из глубоких скважин и наиболее высокими концентрациями ценных элементов

– лития, брома, магния и др., характеризуются залежи Верхнеленского месторождения, тип 2, в галогенной гидрогеологической формации.

Обсуждая ресурсную базу промышленных бромолитиеносных рассолов, научно-прикладные аспекты поисково-разведочного цикла, оценки эксплуатационных запасов конкретных объектов – месторождений, залежей и перспективных водозаборных участков в их пределах, крайне важно определиться с категорией «месторождение промышленных вод». Под месторождением подземных вод понимается пространственно ограниченная часть водоносной системы, в пределах которой создаются условия, благоприятные для отбора вод в количестве, достаточном для целевого использования. Очевидно, на ранних стадиях геологоразведочных работ (ГРП) геолого-экономические показатели имеют подчиненное значения для оконтуривания перспективного участка [1]. В первую очередь необходимо установить закономерности распределения рассолов во вмещающих породах – тип коллектора, структуру элементарной ячейки геологического пространства (пора, трещина), комбинацию ячеек, формирующих гидрогеологическую структуру (Пиннекер, 1977). Следующий шаг – обосновать наиболее простую расчетную модель (неограниченный пласт, граница с постоянным напором и ограничение распространения коллектора. Здесь важны общегеологические показатели, общая геолого-геофизическая и гидрогеологическая изученность территории объекта, залежи.

Заключение. Автор рассматривает Сибирскую платформу как гидроминеральную провинцию с предварительно оцененными ресурсами и прогнозными эксплуатационными запасами гидроминерального сырья: рассолов в объеме более 55 тыс м³/сут, брома более 130 тыс. т/год и лития более 5 тыс.т/год (см. рис 1). пригодного для промышленного производства ценной бромной, литиевой и другой продукции. Эксплуатационные запасы по некоторым из изученных и оцененных площадей (Знаменская, Омолойская, Верхоленская и т.д.), учитывая высокие концентрации полезных компонентов (лития, стронция, брома, магния, калия), позволяют рассматривать их в качестве объектов первоочередного проведения ГРП и промышленного освоения. Подчеркнем, что впервые для сибирских рассолов геолого-экономическая оценка вариантов освоения и глубокой переработки гидроминерального сырья с обоснованием временных кондиций выполнена применительно к разработанным и апробированным технологиям извлечения полезных компонентов [2] с повариантной оценкой структуры себестоимости конечных химических продуктов. Однако требуется проведение специальных ГРП и оценка эксплуатационных запасов рассолов по промышленным категориям изученности.

Литература

1. Вахромеев А.Г. Минералогия концентрированных рассолов осадочного чехла Сибирской платформы.- Геология, поиски и разведка месторождений рудных полезных ископаемых. Межвузовский сборник научных трудов. Вып. 25. – Иркутск: ИрГТУ, 2002, с. 86-97.

2. Вахромеев А.Г. Закономерности формирования и концепция освоения промышленных рассолов (на примере юга Сибирской платформы): Автореф. дис. ... докт. геол.-мин. наук. – Иркутск, 2009. - 36 с.
3. Пиннекер Е.В. Рассолы Ангаро-Ленского артезианского бассейна. М.: Наука. 1966. 322с.
4. Алексеев С.В., Алексеева Л.П., Вахромеев А.Г., Шмаров Г.П. Литиеносные подземные воды Иркутской области и западной Якутии.// Горный журнал, 2012, №2, с. 8-13.
5. Вахромеев А.Г. Раздел 1.3. Знаменский проект разработки промышленных рассолов и его роль в развитии Верхоленья. Раздел 5. Гидроминеральные ресурсы Верхнеленского района. С. 25-32, 97-108. // Абалаков А.Д., Селиков Ф.Т., Гуков В.П. и др. Территориальная организация природопользования при газопромысловом освоении Верхоленья. - Новосибирск: изд. СО РАН, 2000. – 251 с.

УДК 629.1 - 4 (571.54/55)

ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЕНИЙ КЛИМАТА НА ЭКЗОГЕННЫЕ ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В ЗАБАЙКАЛЬЕ

Верхотуров А.Г., к.г.-м.н., доцент, Забайкальский государственный университет, г. Чита

Основными причинами нарушения устойчивости инженерных сооружений в Забайкалье являются экзогенные процессы (ЭГП). В первую очередь это эрозионный размыв, оползни, суффозия и целый комплекс криогенных процессов: наледи, пучение, термокарст, термосуффозия, морозобойное трещинообразование, солифлюкция. Из-за значительной протяженности региона в широтном направлении и с запада на восток, набор и интенсивность ЭГП существенно изменяется. Аналогичные зависимости наблюдаются и с изменением высотных отметок.

В Забайкалье средние годовые температуры воздуха уже более 100 лет имеют тенденцию к росту, о чем свидетельствует линейный тренд, который, по данным Росгидромета, в среднем составляет 0,52 °С/10 лет. Полиномиальное сглаживание температурного ряда за этот же период показывает, что при общем увеличении средних годовых температур можно выделить четыре ритма их изменения относительно линейного тренда: 1890-1917 гг. – понижение, 1918-1959 гг. – повышение, 1959-2000 гг. – понижение, 2000 - 2007 гг. – повышение. Продолжительность каждого из двух полных ритмов составила 41 год. Повышение средних годовых температур, в основном обусловлено более высокими средними суточными температурами воздуха в феврале-апреле [3].

Для Забайкалья характерно чередование засушливых периодов и периодов повышенного увлажнения. Линейный тренд средних годовых значений количества осадков за многолетний период находится в пределах

статистической погрешности, но при полиномиальном сглаживании временного ряда значений периоды выделяются периоды повышенного увлажнения (1937-1975 гг. и 1976-1999 гг.) и, наоборот, относительно засушливые годы (1910-1935 гг. и 2000-2007 гг.). В то же время по территории Забайкалья периоды с повышенным количеством осадков распределяются неравномерно. Если для северного Забайкалья 2009-2013 гг. являются годами повышенного увлажнения, то для остальной территории эти годы характеризуются количеством осадков меньшим или близким к норме.

В южных районах криолитозоны, где средняя годовая температура воздуха ниже минус $2,5^{\circ}\text{C}$ возможно существование многолетнемерзлых пород (ММП), а в районах, ограниченных изотермой температур воздуха минус $7,5^{\circ}\text{C}$ они имеют сплошное распространение. Средняя годовая температура воздуха в Забайкалье за последние два десятилетия возросла на 2°C . Рост средних годовых температур воздуха в Забайкалье привел к смещению изотерм (рис.1) к северу и северо-востоку на сотни километров [3]. Существенно изменяются структура криолитозоны, площади распространения ММП, глубины залегания и мощности многолетнемерзлых пород. Изменение мерзлотных условий влияет на русловые процессы, особенно в пределах впадин, где литогенная основа представлена тонкодисперсными грунтами – песками, супесями, суглинками.



Рис. 1. Изменение расположения изотерм средних годовых температур воздуха в Забайкальском крае с середины XX до начала XXI века [4]

Средняя температура воздуха: 1 – за 1951-1960 гг.; 2 – за 1998-2007 гг.

Во впадинах забайкальского типа центрального и южного Забайкалья многолетнемерзлые породы характеризуются прерывистым, островным и редкоостровным распространением. Размеры и мощности островов мерзлых пород закономерно уменьшаются к югу. Ранее установленные мощности мерзлых толщ в центральном Забайкалье составляли первые десятки метров, например, в Черновском районе они достигали 90 м. Многолетнемерзлые породы имели температуры от минус $0,1-0,2^{\circ}\text{C}$ до минус $1,0-1,5^{\circ}\text{C}$. Повышение средних годовых температур воздуха в центральном и южном Забайкалье, которые приближаются в настоящее время к положительным значениям, приводит к деградации многолетнемерзлых пород (ММП), понижению их кровли, формированию несливающихся мерзлых толщ.

Интенсивный процесс деградации многолетней мерзлоты происходит на участках эксплуатируемых автомобильных и железных дорог.

В северных районах Забайкалья многолетнемерзлые породы имеют прерывистое и сплошное распространение. Температура на глубине нулевых годовых амплитуд в пределах впадин составляет минус 2-4,5 °С, а в пределах хребтов до -10 °С. Здесь средняя годовая температура пород на глубине нулевых годовых амплитуд, в результате повышения средней годовой температуры воздуха, увеличилась на 0,9 °С [2], увеличилась и глубина слоя сезонного оттаивания. Увеличение глубин сезонного оттаивания и повышение количества осадков привели здесь к активизации речной эрозии, процессов инъекционного льдообразования, термокарста, термоэрозии, термоабразии, термосуффозии.

В горноскладчатых областях юга криолитозоны на подрезанных, при строительстве дорог, склонах северной экспозиции, в результате деградации многолетнемерзлых пород происходит активизация оползневых процессов. Наиболее опасными являются оползни скольжения, возникающие в результате перемещения под действием силы тяжести блоков сезонноталого слоя по поверхности мерзлоты без разжижения пород. Их основной деформирующийся горизонт приурочен к зоне контакта мерзлых и оттаявших пород, резко отличающихся прочностными характеристиками. В случае высокой льдистости кровли мерзлых пород сопротивление на сдвиг очень мало из-за большой влажности и низкого коэффициента трения талого грунта по поверхности мерзлых пород. Причиной формирования оползней скольжения является оттаивание шпирового льда в основании сезонноталого слоя, вызванное антропогенными воздействиями и изменениями климата. Процессы оползания такого типа развиты на некоторых участках автомобильной дороги Амур, трассе Чита-Забайкальск, отмечаются они и на БАМе (разъезд Казанкан).

При проектировании и строительстве автомобильных дорог в центральном Забайкалье часто принимались проектные решения, которые не в полной мере учитывали существующие мерзлотно-гидрогеологические условия, особенно при строительстве водопропускных труб в основании земляного полотна дорог для транзита поверхностных вод. Это привело, например, к тому, что на 120 километровой участке автодороги Амур (участок г.Чита-с.Николаевка) более 70 % водопропускных труб в разные годы испытывали деформации или были разрушены.

Водопропускные трубы устраиваются, как правило, в ложбинах, понижениях рельефа, которые на склонах северной экспозиции характеризуются наличием делювиально-солифлюкционных тонкодисперсных отложений и высокой льдистостью. Вследствие снятия растительного покрова в ходе строительства и последующего оттаивания этих грунтов происходит формирование термокарстовых форм с нагорной стороны склона. На одном из таких участков (5 км объездной трассы у п. Песчанка) результаты стационарных наблюдений показали, что из-за термокарста поверхность грунта опустилась на 63 см ниже оголовка

водопрпускной трубы. Соответственно весь сток поверхностных и надмерзлотных вод и сезонно действующих водотоков начал фильтроваться через основание земляного полотна. Это привело к развитию целого комплекса криогенных процессов (термосуффозии, криосолифлюкции, пучения) непосредственно под земляным полотном и заболачиванию, прилегающего к автомобильной дороге с нагорной стороны участка. В результате деградации многолетнемерзлых пород, через 20 лет после начала эксплуатации дороги, их кровля под насыпью опустилась на 3,0-8,0 м. Мощность слоя сезонного промерзания-оттаивания в настоящее время достигает 4,0 м. В зоне теплового влияния автодороги сформировалась мерзлота несливающегося типа. Талые грунты в основании земляного полотна представлены суглинками легкими пылеватыми, суглинками тяжелыми песчанистыми с редкими и маломощными прослоями торфа и песками средней крупности. Формирование ослабленной зоны, после вытаивания шпиров льда в кровле мерзлых пород, привело к смещению отдельных блоков вниз по склону, образованию концентрических трещин отрыва шириной до 32 см, протяженностью до 150 м и, как следствие, к деформации дорожного полотна. Поверхность скольжения оползня, как показывает сравнительный анализ оползневых деформаций, за весь период деградации мерзлоты, сместилась незначительно и проходит на глубине близкой к подошве слоя сезонного промерзания пород. Результаты многолетних наблюдений свидетельствуют о том, что неоднократное смещение 250 метрового участка земляного полотна автомобильной дороги вниз по склону происходит с годовой амплитудой 0,25-0,3 м/год, с одной стороны, и просадкой земляного полотна с амплитудой 0,15-0,25 м/год, с другой. Оползание вниз по склону автомобильной дороги за период ее эксплуатации составило ориентировочно 3 м. Ежегодные восстановительные ремонты привели к тому, что мощность асфальта на отдельных участках превышает 1 м.

Инженерные мероприятия по стабилизации земляного полотна и предотвращению деформаций на таких участках должны быть в первую очередь направлены на регулирование поверхностного стока, причем необходима надежная гидроизоляция оснований дренажных и водоотводных сооружений, с целью снижения влажности грунтов оползневого массива.

Русловые эрозионные процессы, связанные с паводками на реках северного Забайкалья неоднократно приводили к возникновению чрезвычайных ситуаций. Так в июле 2001 года в районе станции Леприндо из-за продолжительных дождей в пределах хребта Кодар в результате прорыва небольшого ледникового озера сформировался водокаменный сель, который разрушил железнодорожные пути на участке БАМ 1659–1661 км. Это привело к остановке движения поездов на трое суток.

Паводками в 2010-2012 гг. размывался участок автомобильной дороги Чара – Новая Чара, насыпь которой представляла собой дамбу на пути паводковых вод. Прорывы насыпи происходили на участке водопрпускной трубы, которая не справлялась с резко возрастающим расходом и

отбрасывалась потоком на несколько метров от места установки. Длина размытого участка превышала 50 м). Высокая интенсивность эрозии обусловлена значительной льдистостью отложений, слагающих основание земляного полотна: песчаными и песчано-глинистыми озерными и озерно-аллювиальными отложениями с прослоями пластовых льдов [2]. После размыва насыпи начался процесс термоэрозии, в результате которой льдистые горные породы очень быстро оттаивают на контактах с водным потоком. Результаты обследования участка размыва автомобильных дороги Чара – Новая Чара показали, что основной причиной размыва дорожного полотна в 2010-2012 гг. является низкая пропускная способность водопропускных труб на участке прорыва. Для предотвращения повторения размыва было принято решение о проектировании и строительстве моста на данном участке.

Повышение мощности слоя сезонного оттаивания способствует увеличению времени существования транзита подруслового стока, уменьшению мощностей наледей и времени их существования. Установлено, что повышение средних годовых температур воздуха наиболее существенно сказалось на формировании, в первую очередь, речных наледей. Ранее вероятность их образования в северном Забайкалье составляла 100 %. В настоящее время в районе с. Чара они формируются эпизодически, только в многоводные годы. Значительно сократились объемы наледей, в том числе и гигантских на 20 до 30 %, что значительно выше обычных колебаний в многолетнем цикле [1]. Наледи, имеющие малые площади и объемы вообще перестали формироваться или образуются только в пределах русловой части водотоков. Исключение составляют наледи, образующиеся на участках разгрузки напорных подземных вод, в том числе и подмерзлотных. При существенном уменьшении основных морфометрических параметров наледей они продолжают представлять значительную потенциальную угрозу транспортным объектам, например, на участке у с. Смоленка вблизи г. Чита, на перегоне БАМ Сакукан–Салликиит и др.

Одним из наиболее опасных экзогенных процессов является термокарст. Так на участке 6277-6278 км Забайкальской железной дороги, более 50 лет происходят деформации земляного полотна вследствие деградации многолетнемерзлых грунтов в его основании. Ограничение скорости, постоянные ремонты приводят к большим экономическим затратам. Недавно построенная железная дорога Чара – Чина протяженностью 42 км, вследствие деградации многолетней мерзлоты и термокарстовых проявлений на значительном протяжении пришла в негодность. Земляное полотно на протяжении около 12 км. (30 %) длины подвержено просадкам, сплывам откосов и расползанию. Это приводит к дефектам шпал до 35 %, дефектам рельсов общей протяженностью около 5100 м.

Изменения климата в Забайкалье, сопровождающиеся деградацией криолитозоны обуславливают активизацию экзогенных процессов, нарушающих устойчивость инженерных сооружений. Поэтому для участков,

где происходит деформирование земляного полотна, мостов, водопропускных сооружений, требуется анализ ранее принятых проектных решений. Это обусловлено тем, что в нормативной литературе по климатологии, как правило, приводятся сведения о средних годовых температурах воздуха за последние 30 лет, которые и закладываются в проекты. Наблюдающийся рост средних годовых температур требует учета этого обстоятельства при проектировании, а произошедшее повышение температуры грунтов – при эксплуатации и обеспечении безаварийной работы инженерных сооружений.

Список литературы

1. Верхотуров, А.Г. Наледи Забайкалья и их влияние на рельеф в условиях современных изменений климата / А.Г. Верхотуров // Материалы Всерос. науч. конф. с международным участием «Рельеф и экзогенные процессы гор» (Иркутск. 25-28 октября 2011 г.). – Иркутск: Изд-во института географии им В.Б. Сочавы, 2011. Т. 2. С.63-66.

2. Сергеев, Д.О. Температурный режим многолетнемерзлых толщ и сезонноталого слоя в горах Северного Забайкалья (возобновление стационарных наблюдений) / Д.О. Сергеев, Ю.А. Ухова, Ю.В. Станиловская [и др.] // Криосфера Земли. 2007. Т. XI, № 2. - С. 19-26.

3. Обязов, В.А. Адаптация к изменениям климата: региональный подход / В.А. Обязов // География и природные ресурсы. 2010. № 2. С. 34—39.

УДК 550.822.7

УСЛОВИЯ ЛОКАЛИЗАЦИИ ПРЕДЕЛЬНО НАСЫЩЕННЫХ РАССОЛОВ В РАЗРЕЗЕ ГАЛОГЕННОЙ ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ФОРМАЦИИ НА ПРИМЕРЕ ПЕРСПЕКТИВНЫХ УЧАСТКОВ АНГАРО-ЛЕНСКОГО (ИЛГИНСКОГО) МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Сапункова Л.В, Михеева Е.Д., аспиранты ИрГТУ;
Вахромеев А.Г., проф. Каф. НГД, ИрГТУ

Гидроминеральное сырье представляет большой интерес с точки зрения добычи минеральных солей и редких элементов: лития, брома, стронция, бора, магния и др. В статье рассматриваются перспективные участки глубоких промышленных подземных вод, развитых на территории Ангаро-Ленского артезианского бассейна в глубоких горизонтах осадочного чехла, и представленных крепкими и предельно насыщенными рассолами. Основными задачами исследований является выявление закономерностей распространения и локализации перспективных для оценки запасов участков промышленных вод, изучение коллекторских свойств, химического состава рассолов, прогнозная оценка ресурсов Тутурского и Верхоленского участков, входящих в пределах Ангаро-Ленского месторождения глубоких

промышленных рассолов (рис 1), выделенного в объеме галогенной г/г формации (Вахромеев, 2009).



Рис. 1. Фрагмент карты месторождений глубоких промышленных поликомпонентных рассолов гидроминеральной провинции Сибирской платформы. (По Вахромееву, 2009).

Верхняя часть разреза, которая дренируется речной сетью и содержит пресные или солоноватые воды, составляет надсолевою гидрогеологическую формацию с активным режимом водообмена. Нижняя граница этой формации в пределах разреза варьирует и на юге опускается до подошвы верхоленской свиты.

В карбонатную формацию объединены нижележащие образования литвинцевской свиты среднего кембрия до среднебельской подсвиты нижнего кембрия. В галогенную (соленосную) гидрогеологическую формацию входят рассолоносные горизонты усольской и нижней части бельской свит. Подсолевая (терригенная) гидрогеологическая формация перекрывает кристаллические породы фундамента бассейна и включает в себя ушаковскую и мотскую свиты нижнего кембрия, а также кору выветривания кристаллических пород фундамента.

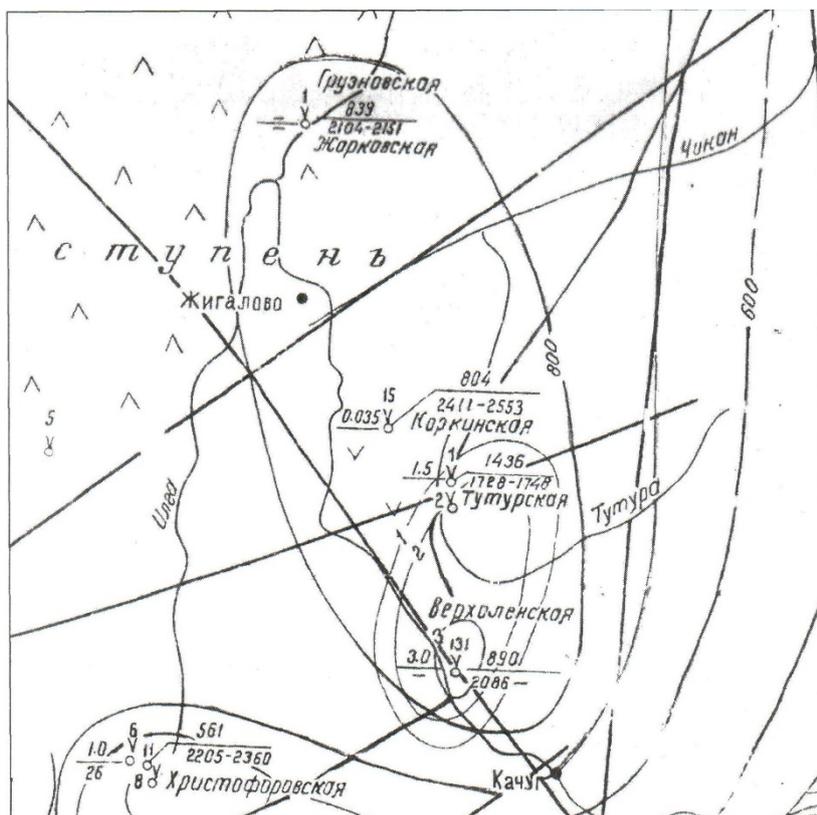


Рис. 2. Фрагмент карты гидродинамических условий продуктивных рассолоносных горизонтов галогенной гидрогеологической формации по перспективным участкам Ангаро-Ленского месторождения.

Условные обозначения

Изолинии водопроницаемости, м²/сут

Прочие знаки

$4.0 \frac{2}{1497}$ - 2295-2306 Сверху - номер скважины; слева над чертой - водопроницаемость пород, м²/сут, под чертой - температура, °С; справа над чертой - абсолютная отметка приведенного статического уровня, под чертой - глубина залегания рассолоносного горизонта, м

Область предполагаемых межпластовых перетоков

Изолинии глубин залегания рассолоносных горизонтов карбонатно-галогенной формации, м

Границы основных тектонических структур

Особенность исследуемой территории – наличие в геологическом разрезе кембрийских пород межсолевых трещинно-поровых карбонатных пластов с аномальной водопроницаемостью (АК) и аномально высоким пластовым давлением (АВПД) с коэффициентом превышения нормального гидростатического (коэффициент аномальности K_a) до 2.3-2,65. Высокодебитные объекты, характеризующиеся повышенными параметрами водопроницаемости, интересуют нас в первую очередь при изучении рассолов глубоких горизонтов с точки зрения их сырьевой значимости. Если высокодебитный объект дополнительно к этому характеризуется АВПД и при вскрытии продуктивного горизонта (зоны) работает на перелив, это резко поднимает его перспективность, т.к. в первые годы эксплуатации можно будет получать проектные объемы сырья (рассолов) без водоподъемного оборудования, только за счет снижения рабочего давления в работающих скважинах. Соответственно, изменятся в лучшую сторону и

геолого-экономические показатели такого объекта. Эти соображения положены нами в основу при исследовании продуктивных объектов в глубоких скважинах, из которых получены притоки рассолов [Вахромеев 2000, 2003, 2007]. Интересно и крайне важно, что АВПД, характерное для галогенно-карбонатной формации, ниже по разрезу меняется на аномально-низкое, наблюдается инверсия пластовых давлений с глубиной. В парфеновском и боханском газоносных горизонтах подсолевой терригенной формации дефицит пластового давления достигает 0,7 от гидростатического. [Вахромеев, Павленко, 1989; Анциферов и др., 1971].

Верхоленский перспективный участок приурочен к осинскому рассолоносному горизонту, который выделяется к нижней части усольской свиты; **Тутурский участок** - к балыхтинскому в ее кровле. Горизонты сложены преимущественно карбонатными породами, доломитами, иногда с прослоями известняков. Тип коллектора сложный: трещинно-поровый, трещинно-поровый-кавернозный, трещинный. Мощность осинских доломитов 20-90 м, балыхтинского горизонта до 50м. Горизонты высоконапорные, зачастую характеризуются АВПД, дебит скважин на переливе колеблется от первых кубов до 1-5 тыс.м³/сут. (Верхоленская 100, 131, Тутурская 1, Рудовская 176, Ковыктинская 3,18, 60 Грузновская 1, Балаганкинская 2, 3, Космическая 1, Карахунская 2 и др.). Открытая пористость осинского горизонта изменяется от 0,1 до 14,2%, редко до 18%, балыхтинского до 8%; межзерновая проницаемость – до 170 мД. В продуктивных скважинах среднеарифметические значения открытой пористости по ГИС составляют 9%, межзерновая проницаемость – до 2 мД, трещинная – до 40 мД. Вследствие низкого выхода керна трещинный коллектор практически не изучен.

В процессе глубокого бурения **Верхоленской площади** на нефть и газ получены притоки промышленных вод из двух скважин Верхоленская 100 и 131. В скважине 131 на гл. 2086 (2043-2087) м из отложений доломитов осинского горизонта усольской свиты нижнего кембрия получен фонтанный приток рассола с удельным весом 1,3 г/см³, расчетным пластовым давлением 42 МПа и дебитом скважины при самоизливе до 900 м³/сут. Минерализация рассола 436,4 г/л, содержание брома 6500 мг/л (табл. 1). Расчетная величина коэфф. водопроводимости составила 3 м²/сут. Скважина 100 вскрыла зону АК-АВПД в осинском горизонте на гл. 2080-2226, дебит перелива составил 16-25 м³/сут. Величина коэфф. водопроводимости составила 1,5 м²/сут. Минерализация рассола 528,5 г/л, содержание брома 7000 мг/л. По данным сейсморазведки МОГТ скважина Верхоленская 131 пробурена в зоне ухудшения прослеживаемости отражающих горизонтов и в плане представляет собой линейный прогиб. Предложено схематизировать граничные условия как пласт-полосу с непроницаемыми границами между ними, равным 5000 м.

Таблица 1

Фактические данные по Верхоленскому участку, Ангаро-Ленское месторождение

Площадь, номер скважины; Интервал, м	Название горизонта	Минерализация, г/л	Li, мг/л	Sr, мг/л	Br, мг/л	Дебит, м ³ /сут
Верхоленская-131; 2086 (2043-2087)	Осинский	436,4	282	2735	6500	900(340-864)
Верхоленская-100; 2080-2226	Осинский	411,4	135	1682	6733	16-25

Схема водозабора принята в виде линейного ряда из 2 скважин, расположенных на одинаковом расстоянии от непроницаемых границ – 2500 м и 100 м друг от друга. Оценка эксплуатационных запасов определена по формуле:

$$Q = \frac{4\pi \cdot km \cdot S}{\frac{7.1 \cdot at}{L} + 2 \ln \frac{0.16L}{R_{np} \frac{\sin \pi d}{L}}},$$

где: S – понижение уровня воды в скважине, 952 м; km – коэффициент водопроводимости, 3 м²/сут; a – коэффициент пьезопроводности, 10 м²/сут; t – срок эксплуатации водозабора, 10 000 сут; L – ширина полосы, 5000 м; d – расстояние скважины до водонепроницаемой границы, 2500 м; R_{np} – приведенный радиус группы скважин, м ($R_{np} = r$); r – расстояние от точки понижения уровня до взаимодействующих скважин.

Прогнозные эксплуатационные запасы по Верхоленскому перспективному участку оценены в 1000 м³/сут.

На Тутурском участке фонтанный приток получен из балыхтинского рассолоносного горизонта в верхах усольской свиты. Скважина 1 вскрыла зону АК-АВПД в балыхтинском горизонте на гл. 1728 м, дебит скважины на переливе составил от 240 до 2400 м³/сут.

Таблица 2

Фактические данные по Тутурскому участку, Ангаро-Ленское месторождение

Площадь, номер скважины; Интервал, м	Название горизонта	Минерализация, г/л	Li, мг/л	Sr, мг/л	Br, мг/л	Дебит, м ³ /сут
Тутурская-1 1728	балыхтинский	462	160	3000	5400	240-2400

Расчетная величина коэфф. водопроводимости составила 1,5 м²/сут. Минерализация рассола 462 г/л, содержание брома 5400 мг/л (табл. 2). Прогнозные запасы рассолов по участку оценены в 502 м³/сут.

Эксплуатация промышленных вод на перспективных участках Верхоленский, Тутурский будет рентабельной с производительностью водозабора соответственно, 935 м³/сут, 502 м³/сут.

Высокоемкие аномально-проницаемые коллектора с аномальными характеристиками дебита, пластового давления и минерализации остаются наименее изученным объектом гидрогеологии глубоких горизонтов платформ, и в то же время одним из самых интересных в научном плане. Зачастую с ними связаны и гидродинамические аномалии – аномалии наиболее высоких значений величин пластового давления флюида. Закономерности локализации высокодебитных объектов наиболее интересны и с практической, геолого-экономической точки зрения. Анализ существующих концепций относительно генезиса высокодебитных коллекторов в отложениях осадочного чехла позволяет сделать вывод о трещинно-жильном характере гидрогеологических структур и вероятной генетической взаимосвязи зон улучшенных коллекторов, интервалов АК-АВПД в галогенно-карбонатной толще с надвиговыми структурами [Вахромеев А.Г., 2000, 2002, 2005, 2006, 2008]. Для карбонатов соленосной толщи относительно широко распространенным активным трещиноватым коллектором могут быть зоны развития межпластовых срывов, условно объединенные плоскостью сместителя регионального надвига [Вахромеев, Сизых, 2006]. Косвенным признаком приуроченности интервалов АВПД к тектоническому сместителю следует считать небольшую (первые метры) толщину вскрываемых глубокой скважиной высокодебитных пластов или зон. Мощные, кратно превышающие по толщине отложения солей изолируют вторичный карбонатный коллектор, локализуют развитие активной трещиноватости по вертикали. АК, как правило, совпадает по данным ГИС в разрезе с карбонатным пластом, т.е. карбонатный пласт можно рассматривать как вмещающая система с двумя параметрами аномальности – Q_{an} и P_{an} . Объединить эти два параметра, фиксируемые при изучении реальных разрезов возможно в модели субгоризонтальной фильтрационной неоднородности – плоскости, развитой по карбонатному пласту-коллектору.

В зонах распространения сложных трещинно-кавернозных, трещинно-жильно-пластовых коллекторов галогенно-карбонатных гидрогеологических формаций платформ формируются два типа фильтрационно-емкостной среды - нормальный (НК) и аномальный коллекторы (АК) - и аномально-высокое пластовое давление. Явление АК и АВПД в межсолевых карбонатных пластах зафиксировано в регионах развития складчато-надвиговых деформаций осадочного чехла и обусловлено: для АК зонами активной субгоризонтальной трещиноватости (межпластовых срывов) и глубинным карстом; для современных зон АВПД – передачей на флюидную систему определенной доли геостатического давления аллохтонных пластин и толщи вышележащих пород в пределах мульд проседания. Аппроксимация фильтрационной среды реализуется последовательно по принципу «вложения сред» или «двойной пористости».

СТРУКТУРНО-ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКОЕ КАРТОГРАФИРОВАНИЕ БАЙКАЛЬСКОЙ РИФТОВОЙ ЗОНЫ

Ю.Н. Диденков, канд. г.-м. н, доцент, НИ ИрГТУ (e-mail didenkov-irk@mail.ru)

З.В. Проскуракова, аспирант НИ ИрГТУ (e-mail Sphira@rambler.ru)

Гидрогеологическая карта – это информационная система, модель реально существующих природных гидрогеологических структур. Гидрогеологическое картографирование при этом выступает методом региональных исследований подземной части гидросферы; одним из способов обобщения, отображения и хранения информации о гравитационных водах верхней части земной коры; методом выявления связи подземных вод с геологическими структурами, ландшафтами, поверхностными водами и антропогенными факторами. В результате гидрогеологических исследований любого целевого назначения и масштаба создается гидрогеологическая карта как основной документ. Картографирование, как правило, завершает выполнение съемочных работ.

Круг теоретических и практических вопросов, решаемых на основе гидрогеологического картографирования, весьма широк, поскольку связан с особой ролью подземных вод в жизни человека и общества. Самостоятельным новым видом исследований картографирование сформировалось на рубеже XIX-XX вв.

Путь развития гидрогеологического картографирования содержит много трудностей, связанных, с одной стороны, со сложностью изучения и отображения объекта, его динамичностью, а с другой – недостаточной разработанностью теоретических вопросов. Следует учитывать и весьма разносторонний спектр использования подземных вод и подземной гидросферы в целом, а также неуклонно возрастающее прикладное значение гидрогеологического картографирования; расширение его задач, комплексности, глубинности и информативности.

В этой связи в России и за рубежом к настоящему времени составлено много гидрогеологических карт разных масштабов, объектов картографирования, методов их отображения, назначения, содержания и т.п. Все это привело к длительной дискуссии между представителями разных воззрений на гидрогеологическое картографирование.

Суть главной продолжающейся дискуссии сводится к выбору приоритетного принципа картографирования из двух существующих: вещественно-стратиграфического и структурно-вещественного или в современном звучании – литолого-стратиграфического и структурно-гидрогеологического. Исторически более ранним является литолого-стратиграфический принцип, предусматривающий характеристику подземных вод применительно к составу и возрасту водовмещающих пород.

Это было обусловлено преемственностью принципов геологического картографирования, привнесением многих геологических приемов и методов в практику изучения гидрогеологических условий, а также выполнением комплексных геолого-гидрогеологических съемок.

Однако новый фактический материал, получаемый по мере повышения изученности подземных вод, свидетельствует о том, что формирование их ресурсов и состава не определяется нацело литолого-стратиграфической принадлежностью. В одних и тех же по составу и возрасту водовмещающих породах формируются подземные воды с различными количественными и качественными характеристиками. Определяющими факторами при этом оказываются: принадлежность к одному из основных типов перворанговых гидрогеологических структур (гидрогеологические массивы, бассейны, обводненные разломы), выделенных в результате проведенного районирования; структурное положение пород-коллекторов, их складчатость, наличие перекрывающих отложений, подстилающего водоупора и его морфоструктурные особенности внутри выделенных гидрогеологических тел. Лишь после этого «работают» литология и стратиграфия водовмещающих пород.

Выбор Байкальского региона для осуществления структурно-гидрогеологического картографирования обусловлен, прежде всего, его уникально пресноводной гидросферой, являющейся следствием рифтогенного геодинамического развития. Ведущая роль рифтогенеза в формировании современных морфоструктур и природных вод рассмотрена нами в предыдущих публикациях [3, 8, 9].

Цель настоящей работы сводится к реализации структурно-гидрогеологического мировоззрения при изучении и картографировании мобильных регионов на примере Байкальской рифтовой зоны (БРЗ). Основными методическими задачами при этом выступают установление этапности (последовательности) составления карты, обоснование классификационных признаков проведения детального районирования в пределах выделенных перворанговых структур, а также разработка способов отображения картографируемых элементов.

Итак, выполненная этапность структурно-гидрогеологического картографирования БРЗ включала:

1. Структурно-гидрогеологический анализ формирования и распределения природных вод на основе флюидной геодинамики и тектоники литосферных плит [3, 9].
2. Обоснование критериев (классификационных признаков) и выделение гидрогеологических структур более высокого порядка.
3. Разработка легенды и составление структурно-гидрогеологической карты.

Исследуемый регион занимает S-образный участок континента, протяженностью более 2500 км от северной Монголии (Прихубсугулье) до отрогов Алданского щита и Станового хребта. В геоморфологическом отношении – это система чередующихся впадин и хребтов (от

Бусийнгольской до Токкинской). В тектоническом отношении регион является подвижным поясом земной коры, начавшим свое развитие в археопротерозое и продолжающим его в настоящее время, о чем свидетельствуют четвертичные вулканические образования (Тункинская впадина) и повышенная сейсмическая активность, а также современная гидротермальная деятельность. Следует отметить увеличение сейсмической активности по направлению к флангам рифтовой зоны, что говорит о продолжающемся росте тектонического шва [1, 4-6].

Применительно к основным геоструктурным элементам, являющимся производными рифтогенеза, и основываясь на структурно-гидрогеологических принципах, в пределах БРЗ выделяются следующие гидрогеологические структуры: рифтовые впадины – гидрогеологические бассейны; "плечи" рифта (горное обрамление) – гидрогеологические массивы; рифтогенные разрывные тектонические нарушения – обводненные разломы. Анализ распределения подземных вод в гидрогеологических структурах региона свидетельствует о том, что их наиболее крупные скопления формируются в пределах бассейнов и обводненных разломов, причем в зонах дробления приповерхностных разломов локализуются, как правило, холодные подземные воды атмосферного генезиса, а пресные трещинно-жильные воды глубоких разломов обладают повышенной температурой и специфическим микрокомпонентным и газовым составом [2].

Гидрогеологические массивы БРЗ имеют значительную дифференциацию по слагающим их породам и имеют высотные отметки, достигающие 2500 м. В массивах четко выражена ландшафтная зональность, что позволяет провести районирование по высотной зональности, предложенной В.М. Степановым [7].

Гидрогеологические бассейны БРЗ объединены в 5 основных типов по следующим признакам:

- открытость отложений бассейна к акватории оз. Байкал – гидрогеологические бассейны Усть-Селенгинского типа;
- перекрытость отложений неоген-четвертичного возраста толщей воды озер – гидрогеологические бассейны Байкальского типа;
- наличие в разрезе отложений неоген-четвертичных вулканических образований – гидрогеологические бассейны Тункинского типа;
- преобладание в разрезе тонкодисперсных молассовых толщ – гидрогеологические бассейны Баргузинского типа;
- преимущественное распространение крупнообломочных фаций различного происхождения и наличие мощных подрусловых таликовых зон – гидрогеологические бассейны Чарского типа.

Названия типам гидрогеологических бассейнов даны по одноименным впадинам БРЗ – типичным представителям каждого типа.

Разделение обводненных разломов на глубокие и приповерхностные наиболее полно отражает особенности формирования и распределения

подземных вод в их зонах дробления, а также усиливает и дифференцирует ведущую роль рифтогенеза в формировании гидросферы БРЗ в целом [8].

Использованные классификационные признаки могут быть применены при структурно-гидрогеологическом картографировании других регионов, прежде всего, характеризующихся рифтогенным или субдукционным режимом развития.

Результатом выполненных исследований стало создание структурно-гидрогеологической карты Байкальской рифтовой системы масштаба 1:1500000, впервые составленной Ю.Н. Диденковым и Е.Б. Угловской более двадцати лет назад, редактирование которой продолжается до настоящего времени (рис.). Реализуя основной принцип познания природных закономерностей «от общего к частному», на полученной методологической базе нами составлены карты отдельных частей БРЗ с более детальным районированием и выделением структур, перспективных для формирования крупных скоплений (месторождений) питьевых и лечебных подземных вод. Эти структурно-гидрогеологические карты становятся надежной основой проведения поисково-разведочных работ на подземные воды различного целевого использования.

Литература

1. Актуальные вопросы современной геодинамики Центральной Азии. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2005. – 297 с. + 3 вкл.

2. Диденков Ю., Мартынова М., Бычинский В., Ломоносов И., Алтынникова М. Влияние геодинамического режима на формирование пресных природных вод Байкальского региона // Проблема водных ресурсов, геотермии и геоэкологии (Матер. Междунар. научн. конференции, поев. 100-летию со дня рождения акад. Г.В. Богомоллова, 1-3 июня 2005 года). Том 1. - Минск, 2005.-С. 86-88.

3. Диденков Ю.Н., Чернышова З.В., Вергун А.В., Хаустов В.В. Структурная гидрогеология Байкальской рифтовой системы // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия техника и технология. № 3. Часть 2. Курск, 2013. – С. 118-127.

4. Ломоносов И.С. Геохимия и формирование современных гидротерм Байкальской рифтовой зоны. – Новосибирск; изд-во «Наука». Сибирское отделение, 1974. – 164 с.

5. Лысак С.В. Тепловой поток континентальных рифтовых зон. – Новосибирск: изд-во «Наука». Сибирское отделение, 1988. – 200 с.

6. Мац В.Д., Уфимцев Г.Ф., Мандельбаум М.М. и др. Кайнозой Байкальской рифтовой впадины. Новосибирск, Изд-во СО РАН, 2001, 249 с.

7. Степанов В.М. Введение в структурную гидрогеологию. – М.: Недра, 1989.– 229 с.: ил.

8. Чернышова З.В. Ведущая роль рифтогенеза в формировании структурно-гидрогеологических условий Байкальского региона // Проблемы геологии и освоения недр (труды XVII Международного симпозиума имени академика М.А. Усова студентов и молодых учёных), Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2013. – С. 488-490.

9. Чернышова З.В. Структурно-гидрогеологический анализ закономерностей формирования подземных вод Байкальской рифтовой системы // Геология в развивающемся мире: сб. науч. тр. (по материалам VI науч.-практ. конф. студ., асп. и молодых ученых с междунар. участием): в 2 т. / отв. ред. Е.Н. Батурин; Перм. гос. нац. исслед.ун-т. – Пермь, 2013. – Т.2. – С. 96-99.

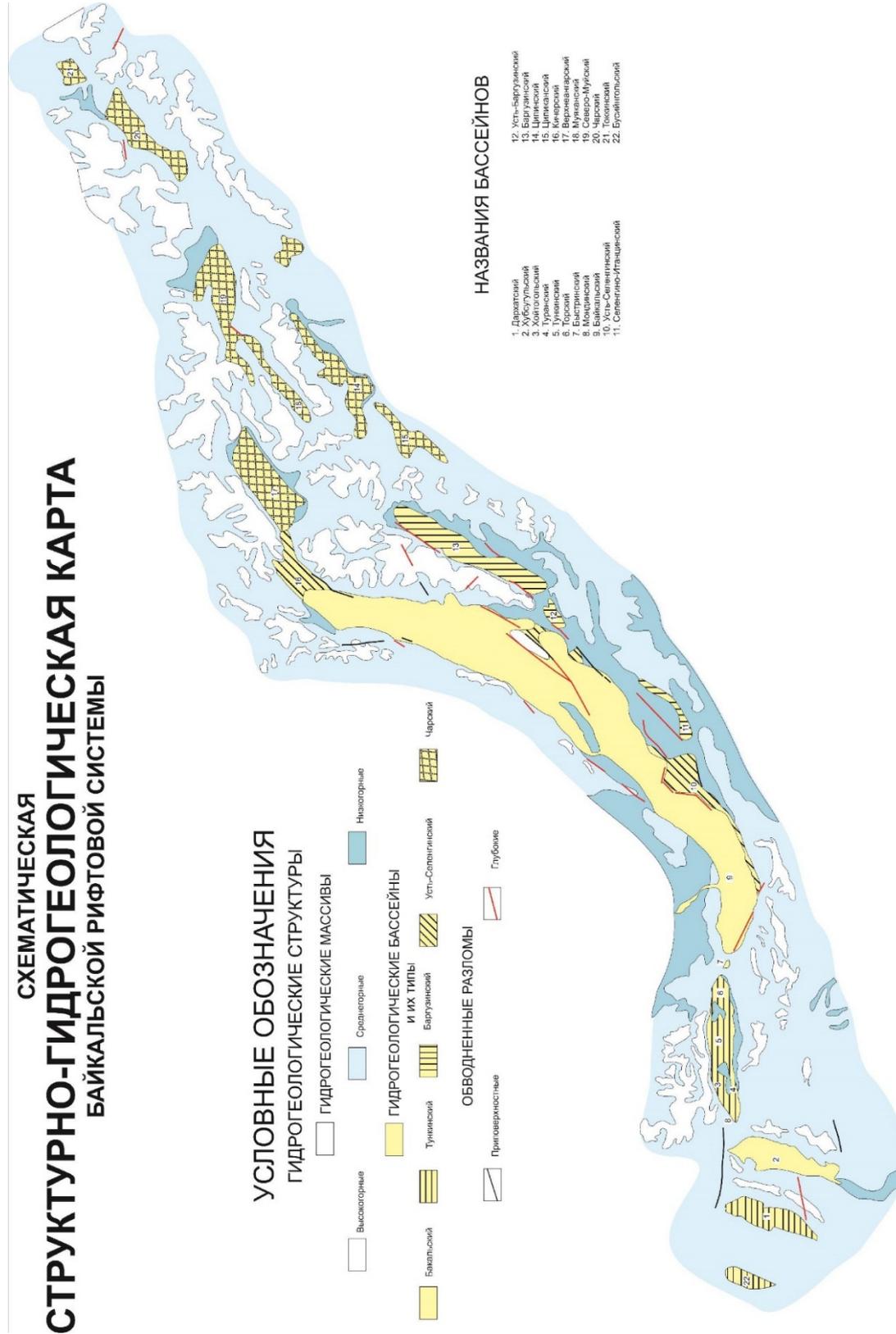


Рисунок. Схематическая структурно-гидрогеологическая карта. Составили Ю.Н. Диденков, Е.Б. Угловская, З.В. Проскуракова.

Примечание: водопроявления, отображаемые общепринятыми знаками, сняты ввиду невозможности их отображения на

НЕЙТРАЛЬНЫЙ РУДНИЧНЫЙ ДРЕНАЖ: ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ И ВЛИЯНИЕ НА ПРИРОДНЫЕ ВОДОЕМЫ

Корнеева Т.В., к.г.-м.н., Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука, СО РАН, г. Новосибирск

Техногенные потоки рудничного дренажа представляют собой проблему мирового масштаба, поскольку складированные отходы добычи и переработки руд являются постоянным источником многих токсичных элементов, выносимых в окружающую среду водным транспортом. Вследствие окисления сульфидов, содержащихся в отходах, образуются сульфатные воды различной кислотности с высоким содержанием железа, марганца и других химических элементов (Zn, Cd, Cu, Pb, Al и др.), которые резко отличаются от природных речных вод по физико-химическим условиям, уровню минерализации, лидирующим макрокомпонентам, содержанию рудных и литофильных элементов. Техногенные потоки включаются в гипергенные циклы миграции, в результате чего существенным образом меняется не только гидрохимический тип природных вод, но и состояние ландшафтов на сопредельных территориях.

В настоящее время все большее значение придается исследованию проблем образования антропогенных ореолов, кинетики и динамики окисления сульфидных отходов и механизмов переноса металлов в потоках (Banks, 1997; Nordstrom, 1999; Hammarstrom et al., 2003; Younger et al., 2002; Blowes, 2003; Lottermoser, 2007). В России проблемы техногенных объектов наиболее активно изучаются применительно к уральскому региону (Чесноков и Бушмакин, 1995; Удачин, 2002), на Дальнем Востоке (Елпатьевский, 1993), в Сибири (Бортникова и др. 2003.). Однако изучению гидрохимических барьеров (каковыми являются природные водоемы, реки, ручьи) при впадении в них рудничного дренажа уделено недостаточное внимание, в то время как их значение для техногенно-природных ландшафтов очень велико. Зоны контакта техногенных потоков с речными водами – это динамически неравновесные системы, для которых характерно формирование геохимических барьеров различного типа – щелочно-кислотных, гидроксидных, сорбционных. В процессе гидролиза происходит хемогенное стадийное формирование Fe- и Al-осадков, включая образование рентгено-аморфных гидрогетитов и гидроалюмогетитов (Перельман и др., 1999). Эти процессы обуславливают трансформацию миграционных форм техногенных элементов в системе «раствор - донные осадки», но не приводят к полному выведению рудных элементов из миграции, поскольку основная часть закрепляется в составе адсорбированных, обменных, легкоизвлекаемых соединений.

Дренажные ручьи Салаирского рудного поля (г. Салаир, Кемеровская обл.), объединяющего несколько барит-полиметаллических месторождений.

Ручьи Водопадный и Березовый являются дренажом действующего хвостохранилища Салагаевский лог и впадают в р. Малая Талмовая (рис. 1). Они дренируют по всему телу хвостов, хотя сток предполагался по трубам из дренажных колодцев. Ручей Екатерининский представляет собой выход рудничных вод из старинной законсервированной штольни Екатерининской и впадает в ту же реку. Ручей Карьерный просачивается по трещиноватым породам зоны окисления и выходит в борту действующего Новосалаирского карьера, попадая в карьерное озеро Южное. Все четыре ручья взаимодействуют с веществом приблизительно одного и того же состава.

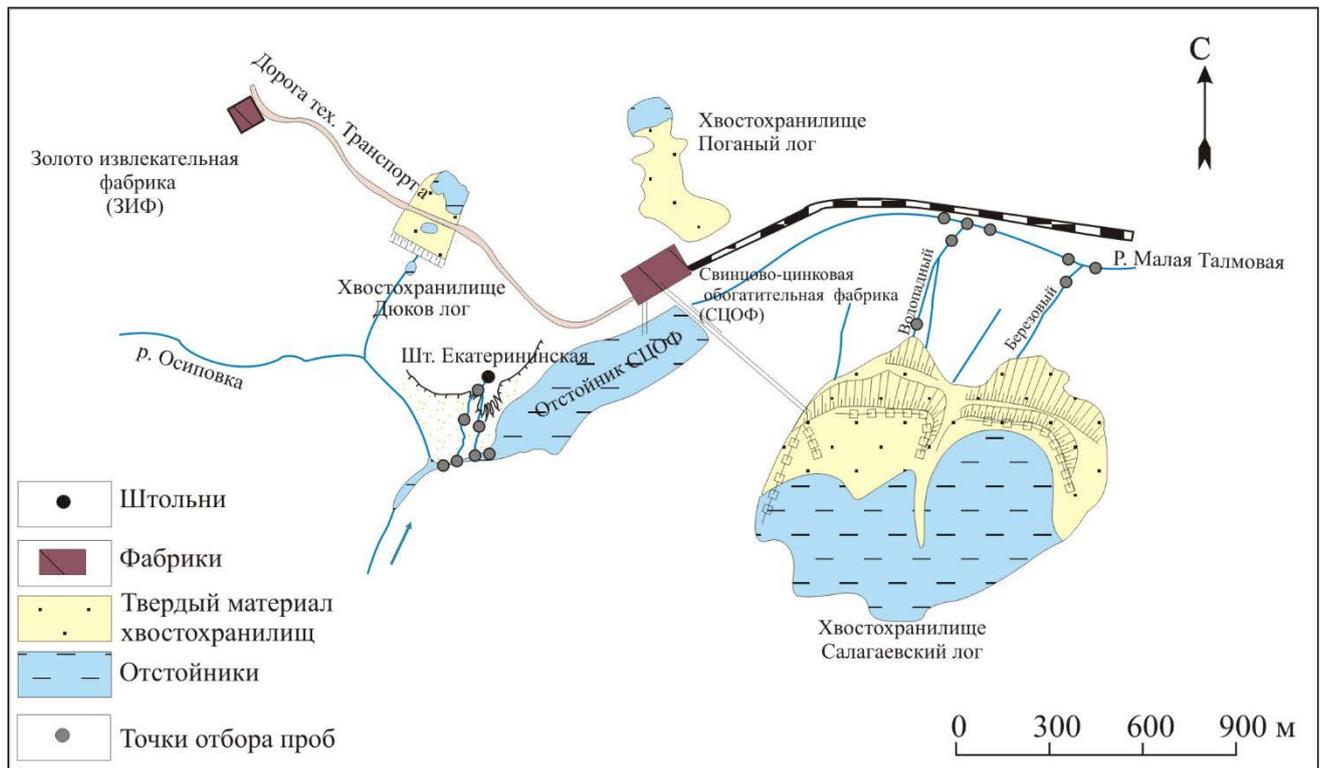


Рис. 1. Схема расположения точек опробования воды и донных отложений на территории Салаирской геотехнической системы

Как правило, на гидрохимическом барьере идут процессы разбавления, сорбции и формирования/растворения минералов техногенного происхождения, которые приводят к снижению концентраций тяжелых металлов в растворе. Такими примерами гидрохимических барьеров являются зоны смешения ручьев Водопадного, Березового и Екатерининского с рекой Малой Талмовой, в которых суммарные концентрации металлов резко снижаются, не достигая, однако фонового уровня.

Дренажные ручьи Салаирской группы относятся к сульфатно-гидрокарбонатному и сульфатному классам, в катионном составе вод преобладают Са и Mg. Высокие концентрации Zn и Mn в Екатерининском ручье позволяют отнести их также к разряду макрокомпонентов. Все ручьи характеризуются нейтральными (слабощелочными) значениями pH, окислительной обстановкой (+0.43+0.47 В) и минерализацией от 1 до 11 г/л.

$$M_{11} \frac{SO_4 99 Cl1}{Mg58 Ca34 Zn5 Mn3} pH7.52$$

Екатерининский ручей

$$M_{2.4} \frac{SO_4 95 HCO_3 4 Cl1}{Ca64 Mg20 Na14 K3} pH8.17$$

Водопадный ручей

$$M_{1.0} \frac{SO_4 93 HCO_3 4 Cl3}{Ca45 Mg41 Na14 K2} pH6.72$$

Березовый ручей

Концентрации металлов в воде всех ручьев превышают фоновые значения на 2 - 4 порядка. Их суммарное содержание варьирует от 10 до 95 мг/л, достигая максимальных значений в Екатерининском ручье (табл. 1).

Таблица 1

Усредненный микроэлементный состав воды дренажных ручьев
Салаирской ГТС, мг/л

Ручьи	Zn	Mn	Fe	Cu	Cd	Ni	Co
Екатерининский	60	30	0.9	0.01	0.4	0.1	0.2
Водопадный	6.1	3	0.02	0.01	<0.005	0.02	0.03
Березовый	4.6	7.1	0.1	0.04	0.05	0.02	0.03

Помимо простого разбавления на гидрохимическом барьере идут процессы формирования/растворения минеральных фаз. Нейтральные воды, на примере Екатерининского ручья, пересыщены по отношению к ферригидриту $Fe(OH)_3$, гетиту $FeOOH$, бариту $BaSO_4$, которые устойчивы как в зоне смешения, так и в реке (рис. 2).

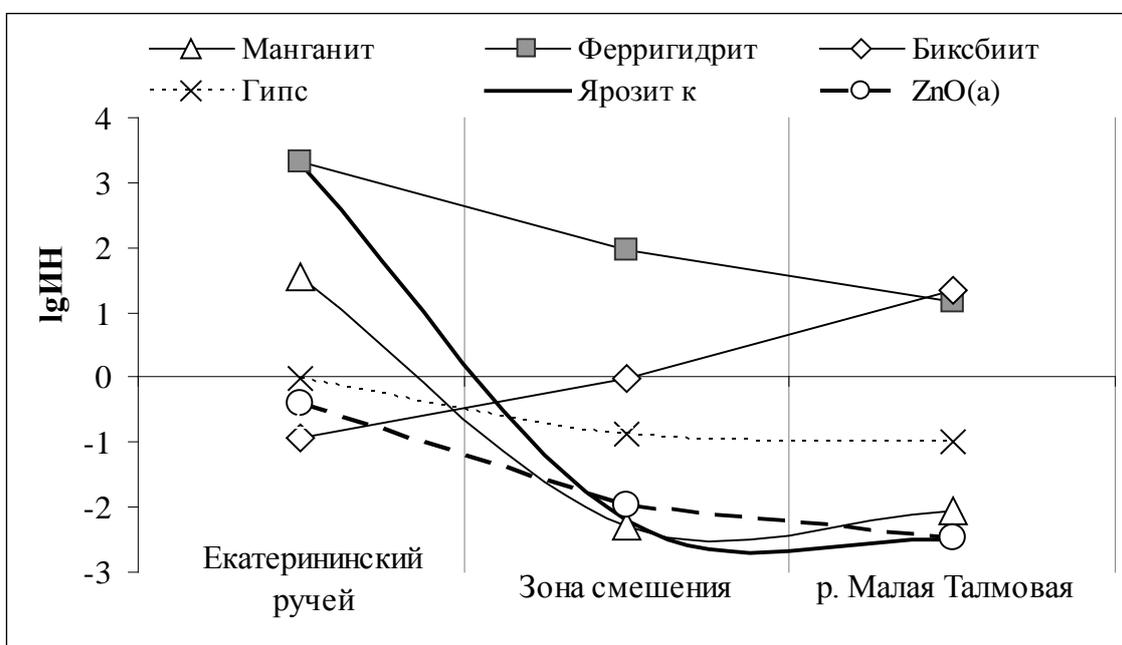


Рис. 2. Изменение индексов насыщения (ИН) минеральных фаз в воде Салаирской ГТС

Формирующийся в ручье манганит $MnOOH$ в зоне смешения и реке переходит в биксбиит Mn_2O_3 . Сульфатные минералы ярозит и гипс также неустойчивы в зоне смешения и в воде реки. Цинк, как преобладающий

загрязнитель, образует собственную минеральную фазу, по составу отвечающую виллемиту $Zn_2[SiO_4]$, которая нестабильна в зоне смешения и реке и переходит в $ZnSiO_3$. Процессы минералообразования обусловлены изменением концентрации и химических форм нахождения элементов. В зоне смешения доля сульфатных комплексов Zn, Cd, Mn, Ba, Ni уменьшается за счет появления аква-ионов, и в реке она становится еще меньше, поскольку формируются гидрокарбонатные и карбонатные комплексы типа $MeCO_{3aq}$, $Me(CO_3)_2^{2-}$, $MeHCO_3^+$. Устойчивые гидроксидные комплексы железа (III) и меди преобладают почти на всех участках опробования.

Суммарные концентрации металлов в воде ручьев Водопадного и Березового закономерно снижаются при смешении с р. М.Талмовая, также не достигая фоновых значений. Химические формы нахождения преобладающих загрязнителей Mn и Zn изменяются практически одинаково в обоих ручьях. В зонах смешения и реке постепенно снижается доля их сульфатных комплексов за счет увеличения аква-ионов и карбонатных/гидрокарбонатных форм. Это объясняет формирование минералов Zn и Mn в ручье Водопадном: цинкит ZnO , смитсонит $ZnCO_3$, манганит $MnO(OH)$ и родохрозит $MnCO_3$, а в зоне смешения и реке эти соединения неустойчивы и способны растворяться. В руч. Березовом, в отличие от рядом находящегося Водопадного, формирование манганита и родохрозита происходит в зоне смешения, и еще больше - в р. М. Талмовая. Образуются взвешенные частицы карбонатов Mn, Ca, Mg, оксидов Mn, гидроксидов Fe, барита и силикатов цинка в виде виллемита и $ZnSiO_3$. Калиевый врозит неустойчив и растворяется в зоне смешения и реке.

Донные осадки ручьев Салаирской группы накапливают высокие количества Mn, Cd, Zn, Pb, Sb, Cu, превышающие кларки в земной коре (Виноградов, 1962) на 2-4 порядка. Причем Mn, Cd и Zn подвижны в техногенных стоках, а при смешении лучше удерживаются в составе осадков, что объясняется прочными корреляционными связями Fe с металлами, т.е их сорбцией на гидроксидах железа (рис. 3).

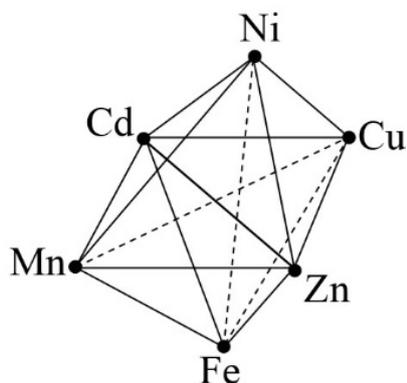


Рис. 3. Корреляционная диаграмма взаимосвязи элементов в донных осадках ручьев. *Примечание: количество анализов – 15; сплошной линией показаны связи, коэффициенты корреляции которых превышают $\alpha = 0.99$, пунктирной линией - $\alpha = 0.95$.*

При оценке экогеохимического влияния дренажных потоков на окружающую среду основное внимание во всем мире уделяется кислым дренажным потокам, в западной литературе называемым acid mine drainage (AMD). Полученные нами результаты показали, что, несмотря на различную кислотность рудничных потоков (рН от 2.54 до 8.17), содержание тяжелых металлов и сульфатов в них может достигать высоких значений и представлять реальную угрозу для экосферы. В настоящее время проблеме формирования нейтральных рудничных вод уделено недостаточное внимание, однако, такой тип дренажа также может вызывать негативные экологические последствия. Результаты исследования нейтрального техногенного потока (на примере ручья Екатерининский) показали, что окислительная обстановка в источнике дренажа и длительный контакт подземных вод с сульфидным веществом, обуславливают высокую минерализацию и высокие концентрации тяжелых металлов в воде.

Литература

1. Banks D., Younger P.L., Arnesen R-T., Iversen E.R., Banks S.B. Mine-water chemistry: the good, the bad and the ugly. *Environmental Geology* 32 (3), 1997. - P. 157-174.
2. Nordstrom D.K., Alpers C.N. Geochemistry of acid mine waters. In: Plumlee, G.S., Logsdon, M.J. (Eds.) // *The Environmental Geochemistry of Mineral Deposits, Part A. Processes, Techniques, and Health Issues. Reviews in Economic Geology*, 6A, 1999. - P. 133–160.
3. Hammarstrom J.M., Sibrell P.L., Belkin H.E. Characterization of limestone reacted with acid-mine drainage in a pulsed limestone bed treatment system at the Friendship Hill National Historical Site, Pennsylvania, USA // *Applied Geochemistry*. – 2003. - V. 18. - I. 11. - P. 1705-1721.
4. Younger P.L., Robins N.S. *Mine Water Hydrogeology and Geochemistry*. Geological Society // London, Special Publications, 198. - 2002. – 396 p.
5. Blowes, D.W., Ptacek, C.J., Jambor, J.L. Weisener, C.G. The geochemistry of acid mine drainage, In *Environmental Geochemistry* (ed. Lollar, B.S.) *Treatise on Geochemistry* (eds. Holland, H.D.; Turekian, K.K.), Vol. 9 // Elsevier-Pergamon, Oxford, 2003. - P. 149-204.
6. Lottermoser B.G. *Mine Wastes: Characterization, Treatment, Environmental Impacts* // Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2007. – 304 p.
7. Чесноков Б.В., Бушмакин А.Ф. Новые минералы из горелых отвалов Челябинского угольного бассейна (сообщение восьмое) // *Уральский минералогический сборник*. - Миасс: Уро РАН. - 1995. - №5. - С.3-22.
8. Удачин В.Н., Китагава Р., Вильямсон Б., Сугахара Т. Руды и металлургические шлаки месторождений Карабаша (Южный Урал) и Ашио (Япония): состав и потенциальное воздействие на окружающую среду // *Металлогения древних и современных океанов – 2002*. Миасс. : ИМин, 2002.- С. 267–275.
9. Елпатьевский П.В. *Геохимия миграционных потоков в природных и природно-техногенных геосистемах*. - М.: Наука, 1993. – 252 с.

10. Бортникова С.Б., Гаськова О.Л., Айриянц А.А. Техногенные озера: формирование, развитие и влияние на окружающую среду / Отв. Ред. д-р геол.-мин. Наук Г.Н. Аношин. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, филиал «Гео», 2003. – 119 с.

УДК 550.4.02

ХВОСТОХРАНИЛИЩА ГОРНОРУДНОГО ПРОИЗВОДСТВА: НАПРАВЛЕНИЯ ПОВЕРХНОСТНЫХ И ПОДЗЕМНЫХ СТОКОВ ПО ДАНЫМ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Юркевич Н.В., к.г.-м.н., Институт нефтегазовой геологии и геофизики
им. А.А. Трофимука СО РАН

Бортникова С.Б., д.г.-м.н., Институт нефтегазовой геологии и
геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН

Карин Ю.Г., аспирант, Институт нефтегазовой геологии и геофизики
им. А.А. Трофимука СО РАН

Кучер Д.О., аспирант, Институт нефтегазовой геологии и геофизики
им. А.А. Трофимука СО РАН

Спрогнозированы направления подземного и поверхностного дренажных стоков с двух хвостохранилищ в Кемеровской и Челябинской областях при помощи комплекса геофизических методов и верификацией геохимическим опробованием контрастных геоэлектрических зон. В зависимости от геологического строения территории распространения дренажа, состава подстилающих пород и геоморфологических условий возможны несколько сценариев миграции потоков. Фильтрация поровых растворов в направлении естественного стока приводит к циклическому выщелачиванию элементов из отходов и выносу их в подземные воды. Латеральная миграция поровых растворов приводит к образованию «кислотной волны», захватывающей большие площади и причиняющей непоправимый вред растительности в окрестностях отвала.

ВВЕДЕНИЕ

Разработка полиметаллических месторождений влечет за собой образование сульфидных отходов с высокими концентрациями рудных и примесных элементов, которые складировались в хвостохранилищах (клинкеры Беловского цинкового завода, кеки цианирования Бериккульского и Комсомольского горно-обогатительных комбинатов, хранилища Карабашского медеплавильного комбината) и сбрасывались стихийно в русла рек (например, р. Сак-Елга, г. Карабаш) на протяжении десятилетий (Бортникова и др., 2003, 2005, 2006; Юркевич, 2009; Yurkevich et al., 2012). Измельченный переработанный материал активно преобразуется при окислении, увеличивается подвижность химических элементов (Zn, Pb, Cu, Cd, As, Sb, Co, Ni), происходит их миграция с водными и воздушными потоками на десятки километров (Salomons, 1995; Moncur et al., 2005; Mello

et al., 2006). Основной метод мониторинга хвостохранилищ, загрязненных грунтов, подземных и поверхностных вод – полевое опробование и химический анализ образцов. Особенности классического геохимического подхода – трудоемкость, высокие материальные затраты, низкая плотность опробования площадки по поверхности и глубине. Применение методов вертикального электрического зондирования (ВЭЗ) и частотного зондирования (ЧЗ) позволяет оконтурить хвостохранилище, определить глубину залегания отходов, область проникновения высокоминерализованных растворов в подземные воды, подсчитать ресурсы ценных компонентов в техногенном месторождении и оценить целесообразность их повторного извлечения. Электромагнитные исследования на хранилищах отходов горнорудного производства немногочисленны и представлено преимущественно в зарубежной литературе последнего десятилетия (Moradzadeh et al., 2008; Placencia-Gomez et al., 2010; Martinez et al., 2012). Единого подхода к мониторингу и прогнозу состояния хранилищ отходов горнорудного производства с использованием комплекса геохимических, гидрологических и геофизических методов на сегодняшний день не существует. Цель данной работы – прогноз направления подземного и поверхностного дренажных стоков с двух хвостохранилищ (Дюков Лог Салаирского ГОКа и «Новое» Карабашского медеплавильного комбината) при помощи геофизических методов и верификацией геохимическим опробованием контрастных геоэлектрических зон.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Хвостохранилище Салаирского горно-обогатительного комплекса Дюков лог (Кемеровская область) организовано по типу «гидроотвала» и вмещает отходы цианирования барит-полиметаллических руд. В хвостохранилище насыпного типа «Новое» складированы отходы переработки медно-колчеданных руд Карабашского медеплавильного комбината. При подтоплении хранилищ сезонными атмосферными осадками образуются кислые дренажные поверхностные и подземные стоки, выносящие высокие концентрации металлов (Cu, Zn, Cd, Pb, Fe) в подвижных формах.

Последовательность работ: 1. Построение геоэлектрических профилей хвостохранилищ с использованием электромагнитного индукционного частотного зондирования (ЧЗ) в реализации ЭМС (электромагнитный сканер) и методом сопротивлений (ВЭЗ) многоэлектродной установкой СКАЛА-48 (разработка ИНГГ СО РАН, Манштейн и др., 2008). Для обработки данных ЧЗ использован программный пакет ISystem (ИНГГ СО РАН), обработка данных ВЭЗ выполнена в программе компании Geotomo Software. 2. Полевое опробование вещества отходов в зонах с наибольшей прогнозируемой проводимостью (наименьшими значениями УЭС): послойное опробование материала по глубине шурфов, приготовление суспензий (Вода : отходы = 2 : 1), измерения pH, Eh потенциометрическим методом, электропроводности кондуктометрией и концентрации сульфат-ионов с использованием

портативного колориметра. 3. Полевое опробование грунтовых вод, отжим поровых вод из опробуемого вещества отходов гидравлическим прессом при давлении 100 атм, измерения рН, Eh, электропроводности и концентраций сульфат-ионов, фильтрование и консервирование проб для последующего лабораторного анализа на содержание макро- и микроэлементов. 4. Лабораторные измерения концентраций - основных макроанионов (Cl-, HCO₃-, SO₄²⁻) титриметрическими и турбидиметрическими методами; - макро- (Ca, Mg, K, Na, Al, Si) и микроэлементов (Mn, Fe, Cu, Zn, Cd, Ni, Co, Pb, As, Sb) методом атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно-связанной плазмой (ИСП-АЭС) в водных пробах. 5. Лабораторное определение геофильтрационных параметров вещества отходов (температура, плотность, влажность, гранулометрический состав). 6. Анализ вещества отходов рентгенофлуоресцентным (РФА) и рентгенофлуоресцентным с синхротронным излучением (РФА-СИ) на содержание химических элементов (Si, Ti, Al, Fe, Mn, Ca, Mg, K, Na, P, Ba, Cu, Zn, Cd, Ni, Co, Pb, Ag, As, Sb).

РЕЗУЛЬТАТЫ

Основной характеристикой внутреннего геоэлектрического строения хвостохранилища Дюков Лог является четкая вертикальная зональность, указывающая на наличие протяженных низкоомных зон, в некоторых участках распространяющихся на глубину более 8 м. Зоны высокой проводимости (низкого удельного электрического сопротивления, далее - УЭС) сменяются слабопроводящими горизонтами, играющими роль водоупоров. Результаты геохимического анализа вертикальных разрезов до гл. 2 м свидетельствуют о приуроченности зон низкого сопротивления на разрезах к обводнённым горизонтам, поровые воды которых представляют собой высокоминерализованные растворы. В среднем, мощность хвостовых песков Дюкова лога – 5 м. Следовательно, обводнённые горизонты в приповерхностном пространстве по нарушенным структурам поставляют растворы во вмещающие хранилище породы, иллюстрацией чему служит, например, профиль № 4 (рис. 1). Далее растворы, достигая водоупора, стекают естественным образом в направлении наклона борта долины, в которой расположено хвостохранилище.

Выщелачивание металлов по ходу фильтрации иллюстрируется гораздо более значительным возрастанием их концентраций в придонном слое воды по сравнению с поверхностным и ещё большим – в поровых растворах (от Северного к Южному водоёму). В поровых водах отстойника, расположенного за пределами хвостохранилища, на природных известняках, Zn и Cd заметно снижают концентрации за счет нейтрализации и осаждения твёрдых фаз (рис. 2)

В данном случае идет фильтрация растворов от северной части хвостохранилища в южную и далее – в отстойник, расположенный под дамбой для сбора и отстаивания дренажных растворов (рис. 2).

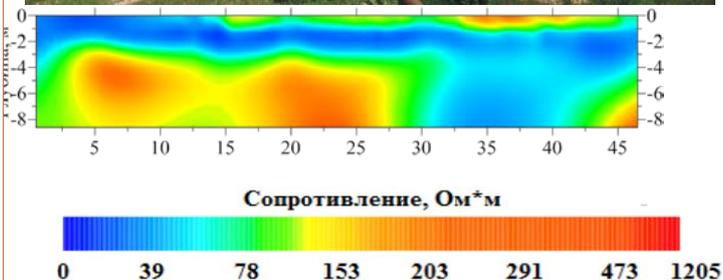
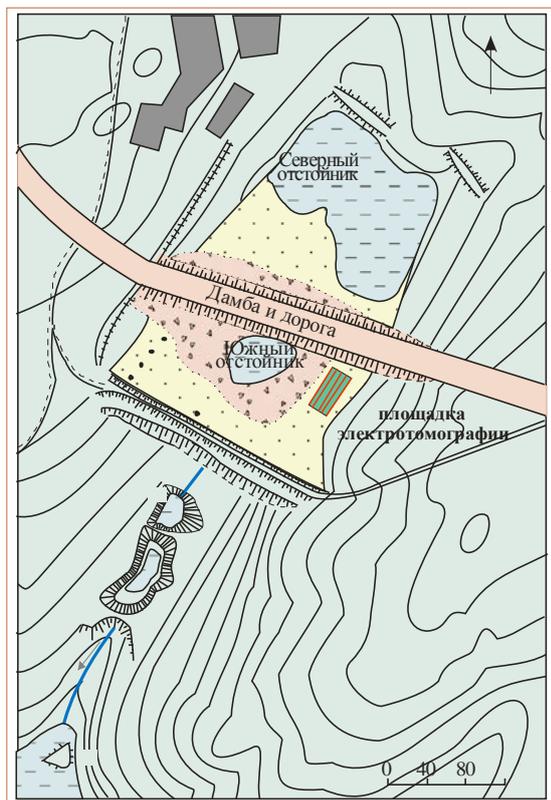


Рис. 1. Профиль электротомографии южной части хвостохранилища

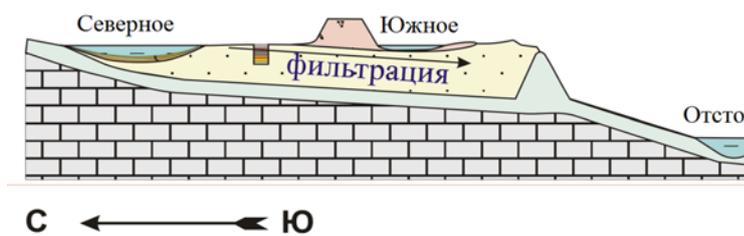


Рис. 2. Схематичный разрез Дюков лог.

Однако, судя по данным геофизики, в отстойнике нейтрализуется лишь небольшая часть стока из хвостохранилища, попадающая туда, главным образом, из поверхностного ручья.

Основной подземный поток, минуя отстойник, несёт суммарную нагрузку в виде выщелоченных из отходов металлов и затем, в виде неявного дренажа, попадает в р. М. Талмовая.

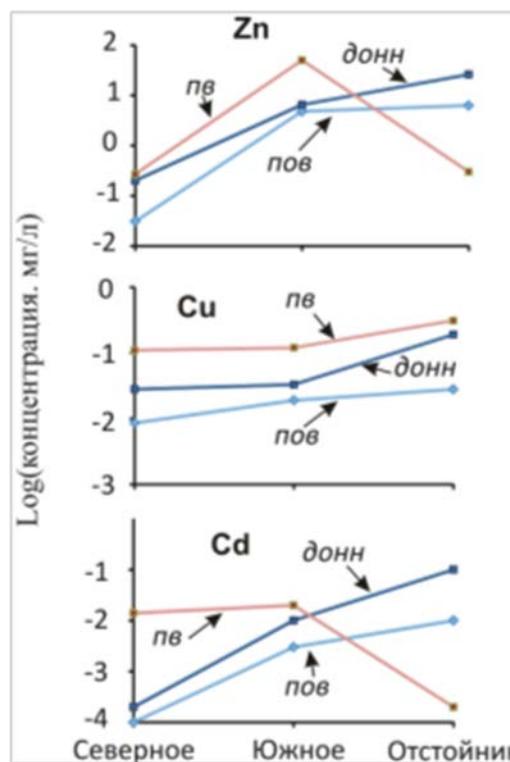


Рис. 3. Изменение концентраций цинка, меди и кадмия в поверхностной воде водоёмов Дюкова лога (пов), их придонном слое (донн) и поровых растворах (пв).

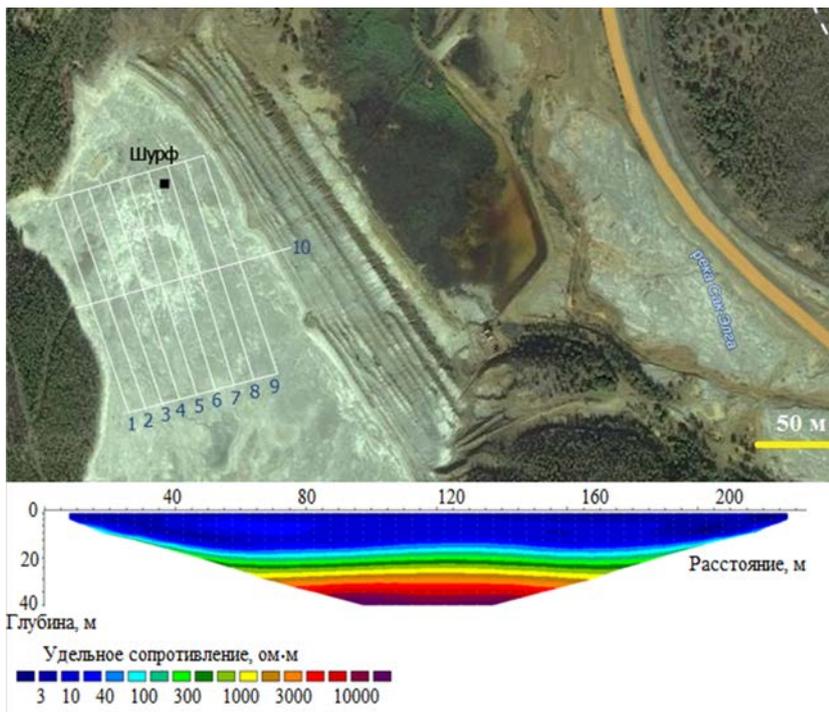


Рис. 4. Общий вид, расположение профилей электротомографии. геoeлектрический

указывают на существование протяженной и глубокой высокопроводящей зоны пиритовых песков на водоупорном горизонте (изоляторе, рис. 4). В этой области происходит взаимодействие отходов с природными водами, а образующиеся кислые поровые растворы задерживаются литологическим барьером (видимо, глинистый не проводящий горизонт на глубине около 20 м) и растекаются выше этого горизонта.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Направления подземного и поверхностного стоков с хвостохранилищ адекватно прогнозируются при помощи комплекса геофизических методов с верификацией геохимическим опробованием контрастных геoeлектрических зон.

В зависимости от геологического строения территории распространения дренажа, состава подстилающих пород и геоморфологических условий возможны несколько сценариев миграции потоков. Фильтрация поровых растворов в направлении естественного стока приводит к циклическому выщелачиванию элементов из отходов и выносу их в подземные воды. Длительное время взаимодействия растворов с веществом отходов в поровом пространстве (вследствие медленной скорости подземной фильтрации) ведет к значительному концентрированию растворённых форм металлов в подземных потоках по сравнению с поверхностным стоком. Примером такого варианта развития событий является хвостохранилище Салаирского комбината Дюков Лог.

Хвостохранилище «Новое» является организованным хранилищем сульфидсодержащих отходов насыпного типа. По результатам электротомографии подтверждена большая мощность пиритовых песков (около 20 м).

Тонкоизмельченное вещество обладает высокой способностью к окислению кислородом воздуха и воды атмосферных осадков и снеготалой воды.

Результаты геофизических исследований отвала

Существование протяженной и глубокой высокопроводящей зоны пиритовых песков на водоупорном горизонте приводит к задерживанию кислых поровых растворов литологическим барьером и растеканию выше этого горизонта. Происходит латеральная миграция поровых растворов, образуется т.н. «кислотная волна», захватывающая большие площади и причиняющая непоправимый вред растительности в окрестностях отвала.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Президента РФ № МК-5724.2014.5

ЛИТЕРАТУРА

1. Бортникова С.Б., Гаськова О.Л., Айриянц А.А. Техногенные озера: формирование, развитие и влияние на окружающую среду. – Новосибирск: Изд-во СО РАН филиал ГЕО, 2003. – 120 с.
2. Бортникова С.Б., Бессонова Е.П., Максимова Н.В., Колмогоров Ю.П., Ожерельева (Юркевич) Н.В., Бессонов Д.Ю. Тяжелые металлы в районе складированных сульфидных отходов: распределение и пути консервации (Карабаш, Южный Урал) // Поверхность. – 2005. - № 9. – С. 25-30.
3. Бортникова С.Б., Гаськова О.Л., Бессонова Е.П. Геохимия техногенных систем. – Новосибирск: Академическое изд-во «ГЕО», 2006. – 169 с.
4. Юркевич Н.В. Геохимия вод и осадков техногенных карьерных озер Салаирского рудного поля : дис. канд. геол.-мин. наук, Новосибирск, 2009, 194 с.
5. Yurkevich N.V., Saeva O.P., Pal'chik N.A. As mobility in two mine tailings drainage systems and its removal from solution by natural geochemical barriers // Applied geochemistry. – 2012. – V. 27. – P. 2260-2270. DOI 10.1016/j.apgeochem.2012.05.012.
6. Salomons W. Environmental impact of metals derived from mining activities: processes, predictions, prevention // Journal of Geochemical Exploration. – 1995. - V. 52. - P. 5-23.
7. Mello J. W. V., Dias L.E., Daniel A. M., Abrahao W. A. P., Deschamps E., Schaefer C. E. G. R. Preliminary evaluation of acid mine drainage in Minas Gerais State, Brazil // Revista Brasileira de Ciência do Solo. – 2006. – Vol. 30. – № 2. – p. 365-375.
8. Moncur, M.C., Ptacek, C.J., Blowes, D.W., and Jambor, J.L. Release, transport and attenuation of metals from an old tailings impoundment// Applied Geochemistry. -2005. - V. 20, P. 639-659.
9. Moradzadeh, Ali; Ardejani, Faramarz Doulati; Pisheh, Sara Fallah An Investigation on the Environmental Effects of Sulphide Mines Using Geophysical Studies // Mine Water And The Environment, Proceedings. – 2008. - P: 379-382
10. Placencia-Gomez, Edmundo; Parviainen, Annika; Hokkanen, Tero; et al. Integrated geophysical and geochemical study on AMD generation at the

Haveri Au-Cu mine tailings, SW Finland // Environmental Earth Sciences. – 2-10. - V: 61. - I: 7. - P: 1435-1447.

11. Martinez, J.; Rey, J.; Hidalgo, M. C.; et al. Characterizing Abandoned Mining Dams by Geophysical (ERI) and Geochemical Methods: The Linares-La Carolina District (Southern Spain) // Water Air and Soil Pollution. – 2012. - V. 223. – I. 6. – P. 2955-2968

12. Манштейн А.К., Панин Г.Л., Тикунов С.Ю. Аппаратура частотного электромагнитного зондирования "ЭМС". *Геол. и геофиз.*, 2008, т. 49, № 6, с. 571-579.

УДК 504.4:556.3(597)

ЗАГРЯЗНЕНИЕ ПОДЗЕМНЫХ ВОД ВО ВЬЕТНАМЕ

Ле Нгок Тхы (студентка), Тугарина М.А. (доцент, к.г.-м.н.)
Иркутский государственный технический университет,
г. Иркутск

Основным источником питьевой воды во Вьетнаме служат подземные воды. Интенсивное развитие промышленности и сельского хозяйства в последние годы привели к серьезному загрязнению подземных вод тяжелыми металлами, органическими веществами и соединениями азота. Присутствие в подземных водах ионов NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^- представляет особую опасность вследствие их широкого распространения и токсичности для человека и животных.

К основным загрязняющим веществам, с которыми связаны масштабные проблемы в сохранении здоровья населения страны, относятся мышьяк, диоксины и соединения азота, присутствие которых в подземных водах в незначительных концентрациях может остаться незамеченным, т.к. не вызывает изменений органолептических свойств воды.

Мышьяк (As) – химический элемент с атомным номером 33, представляет собой хрупкий полуметалл стального цвета с зеленоватым оттенком. Уникальность мышьяка состоит в том, что его можно найти повсюду – в горных породах, воде, почве, в тканях животных и растениях. Мышьяк распространен во всех географических регионах Земли благодаря летучести его соединений и их высокой растворимости в воде.

Мышьяк обнаружен в организме взрослых людей в количестве около 15 мг. В малых дозах он выполняет ряд полезных функций, а в больших является сильнейшим ядом. Мышьяк является канцерогеном, степень его воздействия на живые организмы зависят от химических форм мышьяка, характера окружающей среды и биологической чувствительности самого организма.

По статистике Министерства здравоохранения Вьетнама (2009 г.), в стране насчитывается более 1 миллиона скважин, вскрывших подземные воды. В их числе большое количество скважин, вода из которых имеет

концентрацию мышьяка в 20-50 раз выше ПДК (0,05 мг/л для питьевой воды), например, в провинциях Ханой, Ха Нам, Фу Тхо и ряде других, что отрицательно влияет на здоровье жителей (рис. 1).

Отмечается неравномерное распространение мышьяка по территории страны, так в пределах Северной равнины в подземных водах районов Ханой и Вьет Чьи - Лам Тхао повышенное содержание мышьяка встречается намного чаще, чем в других районах: в Ханое это около 28% водопунктов, во Вьет Чьи - Лам Тхао - 12% водопунктов с превышением ПДК. В других районах количество водопунктов с превышением содержания мышьяка составляет менее 5% (район Хайфон).

По сезонам года содержание мышьяка в воде также изменяется: в достигает наибольших значений в сухой сезон (с ноября по апрель) и наименьших – в период влажного (с мая по октябрь).

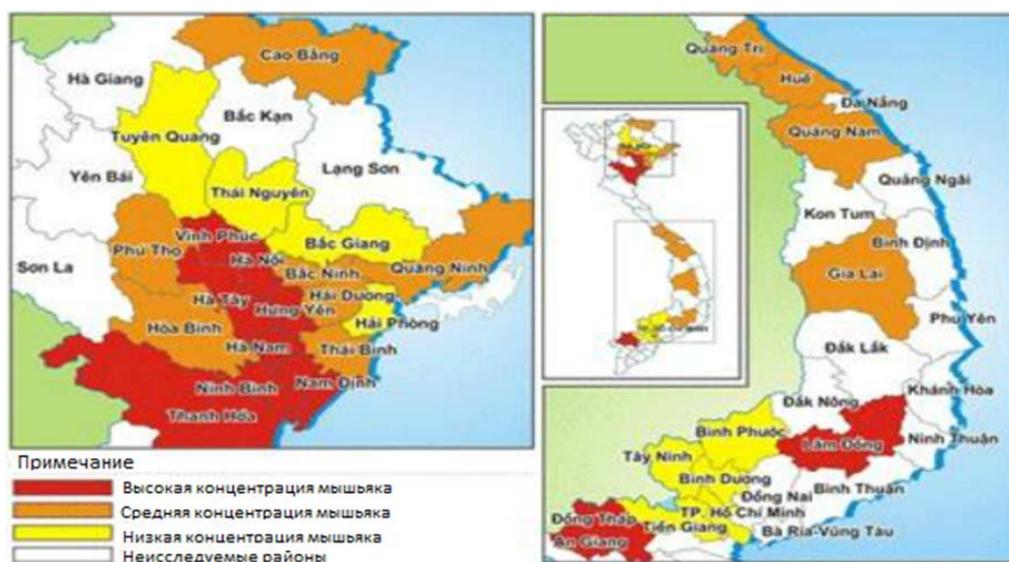


Рис.1. Схематическая карта загрязнения подземных вод мышьяком во Вьетнаме [5].

В разрезе также отмечается неравномерное распределение мышьяка в подземных водах. Так, в районе г. Ханоя в мелководных отложениях голоцена (Q_{IV}) почти 28% водопроявлений имеют превышения ПДК мышьяка, а в глубоком горизонте плейстоценовых отложений (Q_{I-III}) только в 6% водопроявлений отмечено превышение ПДК, что указывает на поверхностный источник поступления элемента.

В пределах Южной равнины концентрация мышьяка в подземных водах (табл.1) исследовалась по наблюдательным скважинам (материалы Гидрогеологического Союза Вьетнама, 2006).

Таблица 1.

Концентрация As в наблюдательных скважин в 2006 г.

Код скв.	Провинция	As (мг/л)	№	Код скв.	Провинция	As (мг/л)
Q02204T	Лонг Ан	0,24	12	Q211030	Кан Тхо	0,24

	Q02204Z	Лонг Ан	19,49	13	Q402040	Кан Тхо	1,56
	Q02704Z	Лонг Ан	1,3	14	Q217020	Ча Винь	0,24
	Q0326030	Лонг Ан	3,02	15	Q217030	Ча Винь	0,7
	Q031020	Донг Тхап	0,31	16	Q217030КТ	Ча Винь	0,11
	Q031020КТ	Донг Тхап	0,77	17	Q217040	Ча Винь	0,31
	Q031040	Донг Тхап	11,75	18	Q409020	Шок Чанг	14,33
	Q206030	Донг Тхап	0,64	19	Q597020	Бак Лиеу	23,91
	Q206040	Донг Тхап	0,31	20	Q401030	Киен Занг	1,56
0	Q20302Т	Ан Занг	75,01	21	Q177020	Ка Мау	0,11
1	Q40702А	Ан Занг	2,01	22	Q17704Т	Ка Мау	0,04

Неравномерное площадное распространение мышьяка и некоторых металлов в подземных водах Вьетнама обусловлено, по-видимому, следующими основными причинами.

На территории Северной равнины широко распространены почвы, глинистые отложения и проявления полезных ископаемых, содержащих в составе горных пород железо, марганец, мышьяк. В коренных породах, а также в подземных водах содержатся аномальные концентрации мышьяка (юго-восток провинции Сон Ла).

В промышленных районах, например, районе Вьет Чьи, сточные воды предприятий также содержат повышенные концентрации мышьяка.

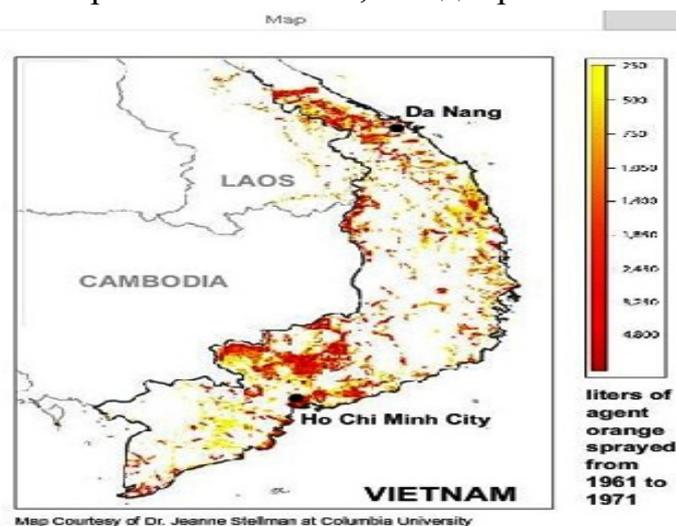
Диоксин является одним из наиболее опасных и распространенных загрязнителей подземных вод Вьетнама.

Одной из особенностей Вьетнамской войны, отличающей ее от других локальных войн, является широкое применение армией США химического оружия против отрядов Национального Фронта освобождения Южного Вьетнама (НФОЮВ). Американцы с помощью химических веществ, а именно дефолианта "Agent Orange" уничтожали листву в джунглях для выявления отрядов НФОЮВ. В результате Вьетнам пострадал от применения химического оружия больше любой другой страны в мире.

Диоксины - это сильные экотоксиканты, обладающие мощным мутагенным, иммунодепрессантным, канцерогенным и эмбриотоксическим действием. Кратковременное воздействие на человека диоксинов может привести к патологическим изменениям кожи, функции печени, поражениям иммунной системы, формирующейся нервной системы, эндокринной системы и репродуктивных функций.

При длительном воздействии диоксинов у людей и животных развиваются некоторые типы рака.

Диоксины слабо расщепляются и накапливаются как в организме человека, так и в различных частях биосферы, включая воздух, воду,



пищу. Величина летальной дозы для этих веществ достигает 10–6 г на 1 кг живого веса, что существенно меньше аналогичной величины для некоторых боевых отравляющих веществ, например, для зомана, зарина и табуна (порядка 10–3 г/кг).

Во время вьетнамской войны американцы с помощью химических веществ, а именно диоксида, уничтожали листву в джунглях для выявления отрядов Национального Фронта освобождения Южного Вьетнама. С 1962 по 1971 годы американские военные распылили около 20 миллионов галлонов Agent Orange на большой территории южной части Вьетнама.

В подземные воды диоксины попали, главным образом, в результате экологической войны США против Вьетнама.

Другая причина загрязнения подземных вод диоксинами заключается в особенностях промышленного производства. Эти вещества являются побочными продуктами целого ряда производственных процессов, включая плавление, отбеливание целлюлозы с использованием хлора и производство некоторых гербицидов и пестицидов.

Важным источником появления диоксинов в окружающей среде, включая подземные воды, являются лесные пожары и работа не контролируемых мусоросжигательных полигонов.

Нитраты – соединения азота без цвета, без запаха и в естественных формах формируются как часть азотного цикла в окружающей среде. Вследствие высокой растворимости нитраты являются наиболее распространенным загрязняющим веществом в подземных водах, представляющим опасность для источников питьевой воды и вызывающими эвтрофикацию водоемов.

Нитраты способствуют развитию патогенной кишечной микрофлоры человека, влияют на все виды обмена веществ. При длительном поступлении нитратов в организм, даже в незначительных дозах, уменьшается количество йода, что приводит к изменению функции щитовидной железы. Установлено, что нитраты сильно влияют на возникновение раковых опухолей.

Нитратное загрязнение подземных вод во Вьетнаме очень распространено, особенно то, которое связано с сельским хозяйством, которое является основной отраслью экономического развития страны. Наиболее остро стоит проблема нитратного загрязнения на севере Вьетнама, где отсутствует надлежащий контроль качества удобрений.

В подземные воды соединения азота попадают со сточными водами с сельскохозяйственных полей, на которых применялись нитратные удобрения, их коммунальных сетей (хозяйственно-бытовые) и промышленных предприятий.

Подземные воды служат основным источником питьевой воды поэтому, загрязнение подземных вод во Вьетнаме становится самой опасной проблемой государства. Оно непосредственно влияет на здоровье человека и окружающую среду, вызывает опасные болезни. Таким образом, изучение причин загрязнения подземных вод помогает нам найти способы их очистки.

Литература

1. Гидрогеология Азии /ред. Н.А. Маринов. – М.: Недра, 1974.
2. <http://www.textronica.com/aplicate/articles/diox1.htm>
2. <http://www.tiensmed.ru/news/myshyak1.html>
3. <http://www.kofman.info>
4. <http://luanvan.co/luan-van/thuc-trang-o-nhiem-asen-trong-moi-truong-nuoc-o-cac-thanh-pho-lon-hien-nay-44270/>
5. <http://nguoianphu.com>

УДК 551.24:556.114.2(571.5)

ВРЕМЕННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ РАДОНА В ПОДЗЕМНЫХ ВОДАХ ИРКУТСКОГО РАЙОНА

Семинский А.К. (студент), Тугарина М.А.(доцент, к.г.-м.н.), Иркутский
государственный технический университет, г. Иркутск

Работы по изучению радона в подземных водах Прибайкалья и Забайкалья ведутся уже более шестидесяти лет и были начаты в связи с изучением гидроминеральных ресурсов. Основные сведения, полученные в результате исследований этого газа, заключаются в анализе пространственного распределения и количественного содержания радона в подземных водах [3,4,5,6].

Радон, радиоактивный газ, не имеющий цвета и запаха, при нормальных условиях является одним из самых тяжелых газов. При длительном воздействии на организм человека радон может представлять опасность для здоровья, но при кратковременном контакте и в определенной концентрации дает положительный бальнеологический эффект.

Мониторинговые исследования, заключающиеся в регулярных наблюдениях за изменением концентрации радона в подземных водах, позволяют выявить особенности среднегодового и сезонного колебания показателя и изучить его зависимость от ряда факторов. Установленные по данным режимных наблюдений тенденции могут быть использованы в прогнозных оценках концентрации радона, особенно для районов с повышенной радоновой активностью.

В сентябре 2012 года была начата работа по регулярным наблюдениям за колебаниями содержания радона в подземных водах Иркутского района и прилегающих территорий. Для выявления наиболее подходящих объектов была опробована серия источников, скважин и колодцев, расположенных на территории г. Иркутска и его окрестностей (рис.1). Измерения концентрации радона проводились на радиометре радона типа РРА и пересчитывались в Беккерель на литр [1].

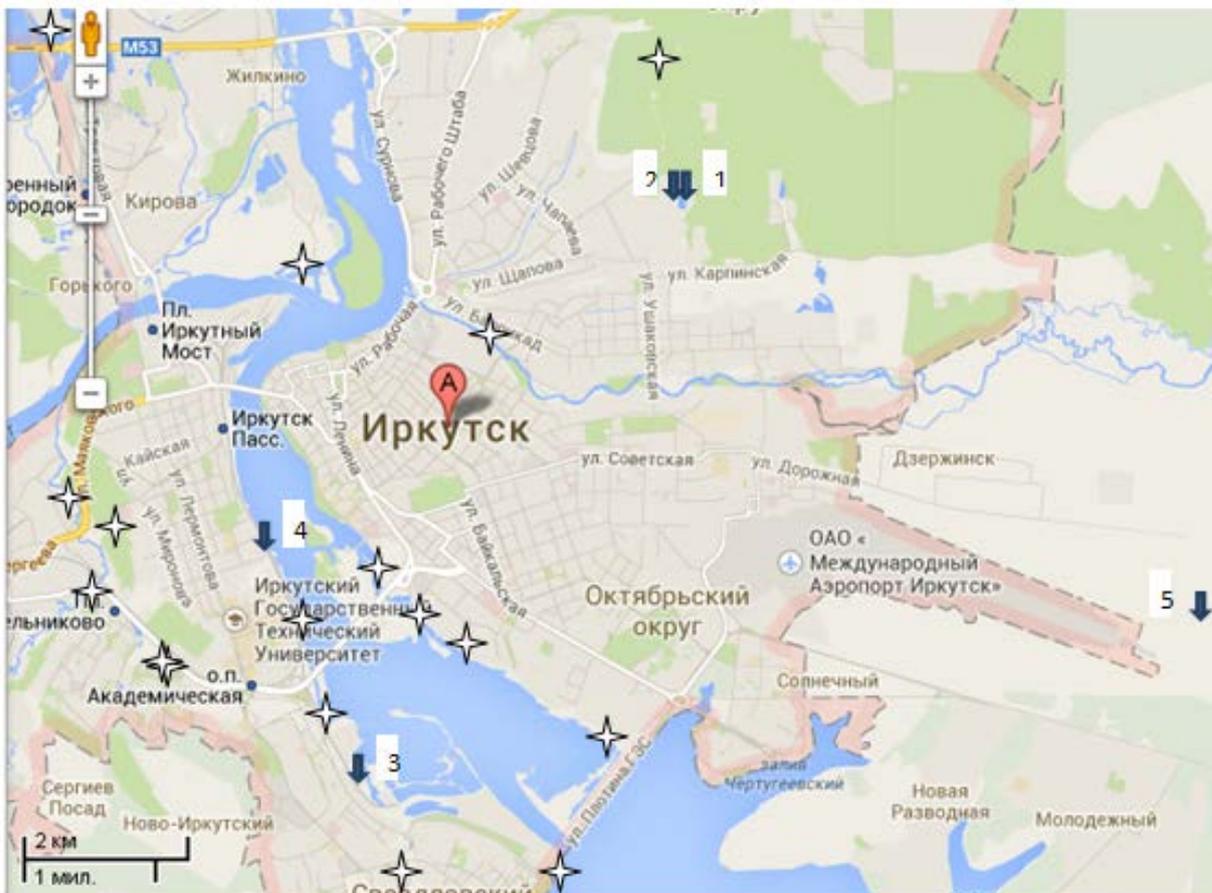


Рис.1. Схема расположения пунктов режимных наблюдений за изменением содержания радона в подземных водах в г. Иркутске.

✧ - Места отбора проб подземных вод на определение концентрации радона.

↓ - Пункты режимных наблюдений.

В городе Иркутске было опробовано 22 источника. Отбор проб производился в разных районах города (м-н Университетский, м-н Первомайский, Кайская гора, м-н Юбилейный, р-н Ново-Ленино, предместье Радищево, р-н Студгородка, а так же источник за поселком Худяково).

Наиболее подходящими для режимных наблюдений стали естественные выходы подземных вод, функционирующие круглогодично с наибольшими показателями концентрации радона в воде. Основной целью было найти источники, подземные воды которых проникают на значительную глубину. Кроме того для режимных наблюдений были выбраны источники, которые выходят на дневную поверхность из бортов долин, связанных с крупными разломами. Такой выбор обусловлен тем, что

появляется возможность проследить, изменяется ли концентрация газа в воде в периоды тектонической активности. При замере больших показателей ярче прослеживаются колебания концентрации в воде, кроме того уменьшается погрешность измерений. В сеть регулярного опробования были включены: 4 источника в поселке Листвянка, 5 источников в г. Иркутске и несколько источников в Слюдянском районе (п. Култук и ст. Земляничная).

В целом подземные воды Иркутского района по содержанию радона являются нерадоновыми [3]. Средний показатель по опробованным источникам в Иркутском районе составил около 4 Бк/л (ПДК=60 Бк/л [2]). По некоторым источникам (№№ 1 и 2) концентрация этого газа превышает фоновые значения в десятки раз [5].

Результаты опробования за 18 месяцев показали, что содержание радона в подземных водах в среднем изменялось на 35-40%, что превышает среднюю погрешность измерений прибора, а, следовательно, является действительными колебаниями концентрации.

График, представленный на рис.2 (по источнику №1 в предместье Радищево) отражает общую тенденцию изменения концентрации радона в водах других пунктов мониторинга (источники №№1-3).

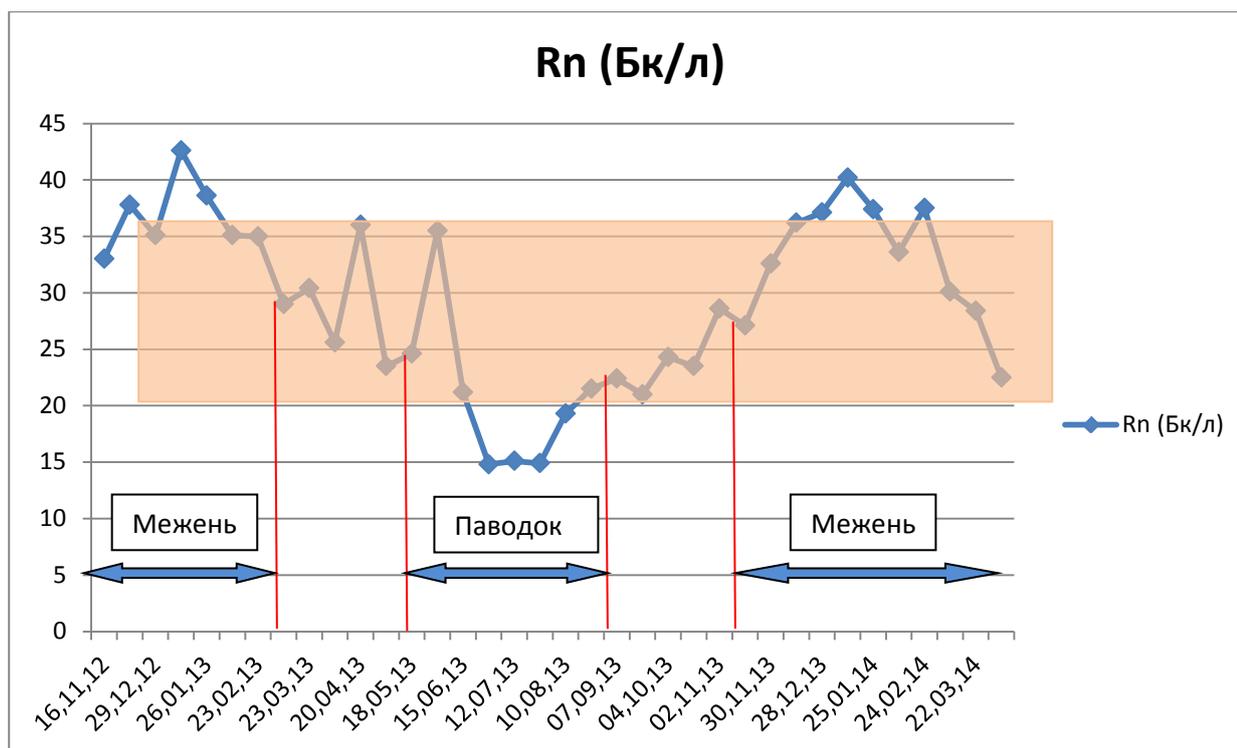


Рис 2. График временных изменений концентрации радона в подземных водах источника №1 (предместье Радищево)

- область максимальной погрешности измерений

такие скачки можно объяснить влиянием других факторов на выход газа.

Максимальное значение 42,6 Бк/л в источнике со среднегодовым показателем 29,19 Бк/л было зафиксировано в январе. Этот месяц относится к

зимней межени, когда свободный выход газа на поверхность невозможен из-за сезонного промерзания верхней части разреза. Вследствие этого газ накапливается в приповерхностном слое и выходит только вместе с водой из родников.

Минимальные значения около 14,8 Бк/л в источнике со среднегодовым показателем 29,19 Бк/л были зафиксированы в июне, июле и августе. Эти месяцы относятся к паводковому периоду, когда газ может свободно выходить на поверхность, а, следовательно, он не растворяется в подземных водах. Кроме того, в этот период присутствует питание подземных вод атмосферными осадками, которые, благодаря отсутствию в них радона, существенно снижают концентрацию газа в подземных водах.

Сценарий временных изменений концентрации газа практически по всем опробованным источникам имел явное сходство, т. к. периодические колебания графиков были характерны для всех опробуемых водопунктов.

Зависимость концентрации радона в подземных водах от других факторов, таких, как тектоническая активность, изменения содержания других газов, температура воды, метеорологические условия и др. отмечалась в некоторых публикациях [6], однако, в настоящей работе по Иркутскому району этот вопрос не освещается, т.к. исследования продолжаются.

По результатам выполненных работ можно заключить, что подземные воды опробованных источников Иркутского района по содержанию радона могут быть отнесены к нерадоновым [2]. Результаты опробования за полтора года наблюдений показали, что содержание радона по всем водоисточникам изменялось на 35-40%, это были максимально зафиксированные отклонения. Кроме периодических отклонений присутствуют и другие, для объяснения природы которых необходимы дальнейшие исследования.

Литература:

1. Методика экспрессионного измерения объемной активности ^{222}Rn в воде с помощью радиометра радона типа РРА. – М.: 2004г.
2. СанПиН 2.14.1074-01 (с изменениями от 07,04,2009г., 25,02,2010г. и 28,06,2010г.)
3. Власов Н.А., Ткачук В.Г., Толстихин Н.И. Минеральные воды Южной части Восточной Сибири. В 2 томах. – М.: Изд-во АН СССР, 1962.
4. Куликов Г.В., Желваков А.В., Бондаренко С.С. Минеральные лечебные воды СССР: Справочник. – М.: Недра, 1991.
5. Семинский А.К., Тугарина М.А. Особенности распределения радона в подземных водах байкальского региона. – Иркутск: Изд-во Иркутского государственного технического университета, 2013.
6. Султанхаджиев А.Н., Хитаров Н.И. Гидрогеосейсмологические исследования в восточной Фергане – Узбекистан: Изд-во Института сейсмологии, 1978.

УДК 556.3:628.1.(575.1)

НОВЫЙ ВЗГЛЯД НА ДРЕВНИЕ ВОДОЗАБОРНЫЕ СООРУЖЕНИЯ УЗБЕКИСТАНА

Назаров Н.В. (студент), Тугарина М.А. (доцент, к.г.-м.н.),
Иркутский государственный технический университет, г. Иркутск

Восемь тысяч лет назад в Средней Азии началось развитие орошаемого земледелия с использованием воды стекающих с гор рек и ручьев. Развитие земледелия и возрастающая потребность в воде привели к необходимости поисков новых источников водоснабжения, которыми стали искусственные водозаборные сооружения - кяризы.

Такие водозаборы галерейного типа, которые обеспечивали водоснабжение населения и орошение, были известны в Ассирии, Вавилоне и древней Персии, использовались римлянами в Сирии, затем турками в Малой Азии, а также встречаются в Средней Азии и Закавказье, на Ближнем и Среднем Востоке, Северной Африке и Центральной Азии. Только на Иранском нагорье насчитывается от 80 до 100 тыс. кяризов. В разных странах такие водозаборы имели разное название – в Средней Азии и Кавказе это кяризы, в Иране – канаты, в Африке – фоггара.

По мнению некоторых исследователей, первые кяризы на территории Средней Азии и в северных районах Ирана возникли в середине I тыс. до н.э. Легенды относят строительство кяризов ко времени Александра Македонского. Еще античный историк Полибий сообщал о кяризах Южной Парфии, отмечая, что тому, кто проведет «ключевую воду в местность, до той поры не орошенную», предоставляется вся область в пользование сроком на пять поколений.

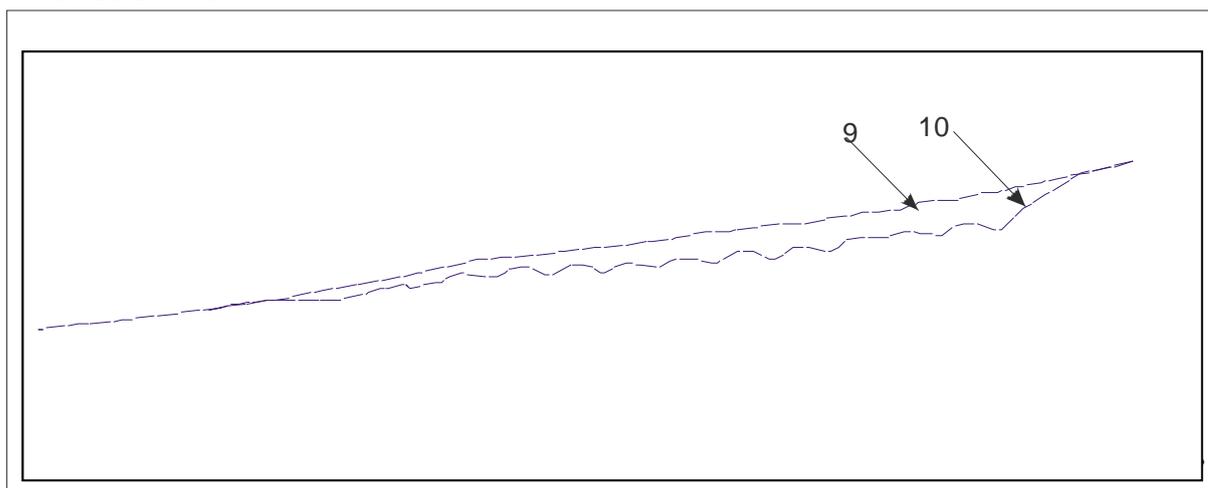


Рис.1 Схема кяриза.

1 — орошаемый участок, 2 — предгорная равнина, 3 — вентиляционные шахты, 4 — головной колодец, 5 — горизонтальная галерея, 6 — атмосферные осадки, 7 — водоносный слой, 8 — водоупорный слой, 9 - предполагаемое положение уровня подземных вод в естественных условиях, 10 – тоже при эксплуатации кяризом.

Кяриз - сложное гидротехническое сооружение, представляющее собой систему колодцев, соединенных подземными галереями. Особенностью кяризов является использование рельефа местности (рис.1). Обычно их строили на наклонных участках предгорных равнин, где в конусах выноса скапливается вода. При вскрытии первой шахтой водоносной зоны проходила водосборная подземная штольня, укрепленная камнем и деревом. Благодаря уклону $1-8^{\circ}$ вода самотеком выводится наружу и поступает в водосборный канал или водоем. С поверхностью земли горизонтальную часть кяриза соединяют вертикальные шахты. Строительство кяризов, глубина которых доходила до нескольких сотен метров, а длина галерей – десятков километров, являлось чрезвычайно трудоемким делом. Причем, мастера рыли колодцы простейшими орудиями снизу вверх, что было опасным занятием из-за частых обвалов. Строительство одного кяриза растягивалось на годы и даже десятилетия, но извлеченная по ним вода орошала десятки гектаров плодородных земель.

Глубину колодца определял мастер при помощи простого уровня (веревка с утяжелителем). Диаметр колодцев не превышал 1 – 1.5 м, высота галереи обычно составляла 1,3-1,5 м, ширина доходила до 80 см. При недостатке воздуха у колодца устанавливали кузнечный горн и при помощи камышовой трубки подавали воздух в галерею. Расстояние между колодцами было от 10 до 50 метров. И сооружение новых кяризов, и ремонтно-восстановительные работы требовали не только большого и длительного труда, но и чрезвычайного умения и упорства мастеров-кяризгенов.

Кяризы поражают своей основательностью и грандиозностью. Например, подземная галерея кяриза Минг-Булак имеет высоту до 4-х метров при ширине 2 метра. Навоинские же кяризы отличаются своей протяженностью. Они питали в древности водовод из жженого кирпича, который тянулся на десятки километров по пустыне до города Бухара.

В предгорных и пустынных местностях кяризы являлись фактически единственным источником питьевой воды. Народы средней Азии тщательно укрывали колодцы кошмой, спасая их от пустынных наносов и маскируя от врагов.

Кяризы на территории Узбекистана изучали А.Б.Бабаханов (1959), А.Мухаммаджанов (1968), М.Мерганов (1975), А.Низомов (2008) и др. Интересные сведения о Нуратинских кяризах и их возрасте приводит А.Мухаммаджанов в работе «Из истории древних водных сооружений». Автор, анализируя название кяризов, уточнил время их строительства. Если преобразовать название кяриза в цифры, перевести эти цифры с мусульманского летоисчисления на христианское, то кяриз «Зулм» построен в 1706-1707г.

В Узбекистане кяризы нашли наибольшее распространение на северных и южных склонах Нуратинских гор, особенно часто встречаются вокруг городов Газган и Нурата.

В Самаркандской, Наманганской, Сурхандарьинской областях их не много. Однако на территории Узбекистана наблюдаются такие длинные структуры кяризов, что их общая длина составляет более 6500м. В Кушрабатском районе на территории села Актепа в Кудуксае есть кяризная связка длиной 6км. Верхняя часть некоторых кяризных связок развита в разных направлениях в виде веерообразных ветвей, соединенных ниже в одну. Иногда соединяются только две ветки, образуя подземный ход. В их числе кяриз Душоха в Газгане, кяриз Калта у подножья Нуратинского мраморного месторождения. Кяризы Душоха, Сешоха, Чоршоха состоят из двух, трех и более ветвей, поэтому Кяриз Булаки Нав, который находится в Газгане, по своей структуре своеобразен. Подземный ход, пересекая кишлак Газган, протягивается на 700 м без наблюдательных колодцев, и уж затем выходит на поверхность, обеспечивая водой всё поселение. В верхней части разреза породы представлены брекчиями (отложениями временных потоков), под которыми залегают лессовые породы мощностью до 5 м. Кяриз Саргох вскрывает слой брекчий, лессовые породы и упирается в мраморизованные известняки, откуда и выходит вода с дебитом 60 л/с.

Производительность кяризов колеблется от 30 до 100 л/с. Удельный дебит (на метр подземной галереи) мог составлять в среднем 0,3-0,6 л/с.

По классификации У.У.Усманова выделяются четыре группы кяризов по водообильности: очень маловодные (до 3л/с), маловодные (3-10 л/с), средней водности (14-30 л/с) и водообильные (100 л/с). По глубине залегания кяризы подразделяются на группы: мелкие (10 м), неглубокие (10-20 м), средней глубины (20-30 м), глубокие (30-50 м).

Если предположить, что Нуратинский родник является древним кяризом (Низомов, 2008), то он может быть отнесен к водообильным с дебитом около 250 л/с. Остальные кяризы являются средне- и маловодными с расходами 4-50 л/с. Например, расход Акташского кяриза в Сурхандарье составляет весной не более 80 л/с.

Попытка решения вопроса водоснабжения за счет сооружения водозабора галерейного типа была предпринята на участке Аккишлак в верховьях бассейна р. Кичик-Урадарья в Кашкадарьинской области. Здесь в долине р. Аксу, притоке р. Кичик-Урадарья, была выкопана траншея в отложениях высокой поймы глубиной в 3-4 м и протяженностью несколько сотен метров. В траншею уложены перфорированные трубы большого диаметра (1 м), которые сверху были засыпаны ранее извлеченным грунтом. Однако дренирование подземных вод не было достигнуто, и галерея оказалась сухой на всем ее протяжении.

На данном участке в 90-х годах прошлого века была проведена разведка подземных вод в аллювиальных отложениях р. Аксу, по результатам которой были подсчитаны и утверждены в ГКЗ РУз эксплуатационные запасы подземных вод под схему скважинного водозабора. Конструкция эксплуатационных скважин предусматривала оборудование их фильтрами в интервале глубин 10-40м. В гидрогеологическом разрезе данного участка выделяются четвертичные

отложения, которые широко развиты в долине р. Урадарья и р. Кичик-Урадарья и их притоков. Мощность четвертичных отложений в горных массивах незначительны. Отложения залегают в виде отдельных островов на коренных породах с относительно высокими гипсометрическими отметками и в большинстве случаев дренированы.

Водозаборный участок Аккишлак расположен в верховьях р. Ката-Урадарья в районе слияния ручьев Аксу, Дупонхана и Кызылсу. На участке основными водосодержащими породами являются песчаники и гравелиты мелового возраста. В результате интенсивных тектонических подвижек в неогеновое время здесь образовались гетерогенные блоки различных размеров. Современные тектонические движения привели к образованию малой впадины, в дальнейшем именуемой Аккишлак. В результате различных физико-геологических процессов впадина заполнялась гравийно-галечниковыми отложениями четвертичного возраста. Результаты наземных геофизических исследований показали, что во впадине имеются мешкообразные углубления (до 60-80 м), также заполненные гравийно-галечниковыми отложениями.

Водообильность гравийно-галечниковых и валунных отложений высокая, которая, по результатам ОФР, снижается с востока на запад по течению р. Урадарья с уменьшением мощности водоносных пород. Дебиты скважин изменяются от 18,4 до 25,5 л/с при понижении на 4,6-7,1 м. Удельные дебиты составляют 3,6-5,49 л/с. Коэффициенты фильтрации гравийно-галечниковых отложений на участке Аккишлак составляют 30-35 м/сут. Минерализация воды не превышает 0,5 г/л, прогнозные ресурсы подземных вод - 96 л/с.

Основываясь на результатах комплексного анализа материалов, можно предположить, что основной причиной отсутствия воды в галерейном водозаборе является резкая фильтрационная неоднородность четвертичных аллювиально-пролювиальных отложений в плане и разрезе о чем свидетельствуют разрезы по ряду скважин. Наиболее водообильными здесь являются верхнечетвертичные отложения в интервале глубин 10-20 м или 20-30 м. В подошве этих отложений залегают слабопроницаемые верхнемеловые отложения, а в кровле - заглинизированные галечники, переходящие по отдельным скважинам в супесчано-суглинистые образования мощностью 6-8 м. Они распространены от поверхности земли на эту глубину и создают подпор грунтовых вод.

Уровни во многих скважинах устанавливаются на 0,5-1,0 м выше поверхности земли. Соответственно трубы галереи оказались в этих слабопроницаемых отложениях. Для успешной работы галереи «Аккишлак» ее необходимо заглубить ниже 8-11 м от поверхности земли.

Галерейные водозаборы последние годы получили широкое распространение в странах СНГ и за рубежом. Так в Прибалтике, на Кавказе, в Крыму, Якутии, Дальнем Востоке действуют горизонтальные водозаборы, расположенные в пределах береговой линии морей и рек. Горизонтальные

водозаборы различных модификаций существуют во многих странах Ближнего Востока, Иране, Алжире, Йемене, Северной Африки, Китае.

В Узбекистане подобная практика сооружения горизонтальных водозаборов ограничена лишь небольшими водозаборами.

Учитывая несомненные преимущества галерейных водозаборов (возможность эксплуатации маломощных водоносных горизонтов, особенно в близком расположении к рекам и водоемам, экономия электроэнергии при эксплуатации, уменьшение числа погружных насосов или вообще полное их отсутствие), а также ряд недостатков (низкая удельная производительность, невозможность глубокого заложения траншей, неизбежность засорения и заиливания труб, их коррозия и отложения солей) в Узбекистане работы, направленные на возможность применения водозаборов галерейного типа, весьма актуальны.

В предгорных районах, по-прежнему отмечается дефицит питьевой воды. При исследованиях основной упор делается на подземные воды, вскрытые скважинами, использование которых ограничено дефицитом электроэнергии, и родниковые выходы, которое активно используется населением. Уникальность способа добычи подземных вод кяризными системами, при котором вода добывается сложными цепочками подземных галерей и вертикальных смотровых колодцев с выводом воды на поверхность земли самотеком без использования традиционных источников энергии, позволяет и в настоящее время применять накопленный опыт на уже известных участках и месторождениях подземных вод. Водозаборы галерейного типа позволяют существенно сократить потребление электроэнергии.

Многовековой опыт использования подземных вод водозаборами галерейного типа (галереи, кяризы, канаты) показал высокую эффективность эксплуатации таких сооружений. Самобытная народная гидротехника совершенствовалась тысячелетиями. В настоящее время, когда мощная техника и современные технологии стали доступны, этот бесценный опыт прошлого заслуживает внимания и изучения.

Литература.

1. А. Низомов. Ўзбекистонинг қадимки гидротехник иншоотлари географияси. – Ташкент: ГИДРОИНГЕО, 2008.
2. <http://geoscape.nrcan.gc.ca>
3. <http://www.nationalatlas.gov/articles/geology>
4. Усманов У.У., З.С. Саидмуратов, С. Фарди. Особенности формирования запасов подземных вод степи Дашти Баква в Афганистане // Узбекский геологический журнал. № 4, 1984.
5. Wulff, H.E. The Qanats of Iran. Scientific American, 1988.
6. Усманов У.У. Предложения по размещению скважин и шахтных колодцев с целью обводнения пастбищ в северных провинциях Республики Афганистан // Фонды ГГП «Узбекгидрогеология». - Ташкент, 1989.

КАРТОГРАФИЧЕСКОЕ ОТОБРАЖЕНИЕ СИСТЕМ ЛИНЕЙНЫХ ПОДЗЕМНЫХ КОММУНИКАЦИИ

Аузина Л.И. доцент кафедры прикладной геологии НИ ИрГТУ
Лоншаков Г.С студент 4 курса кафедры прикладной геологии НИ ИрГТУ
Башкеев А.С. студент 4 курса кафедры технологии геологической разведки
Носырева Е.В старший преподаватель кафедры технологии геологической
разведки

Антропогенная трансформация геологической среды сопровождается различными геодинамическими процессами, среди которых наиболее широко распространенным в пределах города Иркутска является подтопление территории. Причины развития процесса различны: заполнение Иркутского водохранилища, возникновение подпора в результате сооружения переаглубленных фундаментов и изменения структуры движения потока подземных вод, а также одна из наиболее значимых на сегодня - утечки из подземных коммуникации, большая часть которых проложена более 40 лет назад.

Согласно СНиП 2.04.02-84 [1], количество воды на неучтенные расходы (в основном утечки) достигает 20% от суммарного расхода воды на хозяйственно-питьевое водоснабжение населенного пункта. По предварительным данным для Иркутска этот объем соответствует почти 12%, из которых утечки составляют 6%, т.е. 6 670 тыс.м³/год. Для сетей канализации ни нормативная, ни фактическая величины утечек не определены.

Столь значительные объемы утечек из подземных коммуникаций интенсифицируют развитие подтопления, при этом зоны максимального риска соответствуют участкам наиболее плотного расположения коммуникаций различного назначения. Сложность использования и обработки исходной информации заключается в том, что схемы подземных сетей водопроводов и канализации выполнены в векторном виде и являются объектами повышенной секретности. Таким образом, осуществить выделение участков наибольшего риска и оценить их количественно достаточно проблематично.

Решением этой задачи обусловлена **цель настоящей работы**: составление схемы плотности подземных коммуникаций в соответствии с разработанным алгоритмом с использованием специализированной программы перевода векторной информации в цифровую.

При этом плотность подземных коммуникаций рассматривается как одна из составляющих общей техногенной нагрузки на геологическую среду и является составляющей комплексного показателя состояния гидросферы (КПГ)[2].

Иркутск – крупный промышленный центр, численность населения города на конец 2013 г. составляет 606,1 тысяч человек. Площадь территории 30600 га. Геоморфологически территория относится к Ангаро-Ленскому плато, в гидрогеологическом отношении приурочена к наиболее крупной структуре Ангаро-Ленского артезианского бассейна – Иркутскому бассейну.

Основными водовмещающими отложениями являются породы четвертичного (гравийно-галечные, песчано-глинистые), юрского (песчаники, аргиллиты, алевролиты) и кембрийского (доломиты, соленосные породы) возрастов. Осадочные отложения имеют блоковую структуру, унаследованную от кристаллического фундамента. На исследуемой территории положение блоков горных пород обусловило формирование основных геоморфологических структур. В сочетании с системами тектонических разрывов и эрозионной сетью они оказали решающее влияние на формирование современных инженерно-гидрогеологических условий. Рыхлые четвертичные отложения, в пределах которых в основном развивается процесс подтопления, представлены песками, суглинками, супесями и галечниками. Среди геологических особенностей необходимо отметить широкое распространение лессовидных пород достаточно большой мощности (от 1-4 до 15-20 м.), обладающих такими опасными свойствами как просадочность, набухаемость, размокаемость, пывунность и ползучесть, которые, в свою очередь, вызывают естественное и техногенное развитие просадочных, суффозионных и эрозионных процессов [3], что в совокупности еще больше усиливает опасность подтопления.

Подземные воды, приуроченные к четвертичным отложениям, безнапорны или обладают незначительным напором локального характера. Грунтовые воды отличаются весьма пестрым химическим составом, преобладающим является гидрокарбонатный. Минерализация воды колеблется в достаточно широких пределах: от 0,2 до 3 г/дм³, т.е. максимальная величина почти на порядок превышает таковую в естественных условиях рекреационных зон. Фоновая температура грунтовых вод заметно выше зональной (4°С) и часто достигает 10-12° С. Одновременно отмечаются низко- и высокотемпературные аномалии, где температура воды соответственно достигает 4° и 45°С [3]. Грунтовые воды в границах рассматриваемой площади вскрываются на глубине от 0,2 до 6,5 м.

Вопросами подтопления территории г. Иркутска в различные периоды занимались гидрогеологи различных подразделений города, в том числе, Н.И. Демьянович (ИЗК СО РАН), в 1987 г. выполнившая оценку подтопления территории города; Л.И. Аузина (ИрГТУ) совместно с Б.М. Шенькманом (ИЗК СО РАН) в 1997-1998 гг., которые детально исследовали центральную часть города и выявили основные природные и техногенные причины развития подтопления. Работы 1997-1998 годов позволили сделать вывод о том, что подтоплена почти половина территории центральной части (47%) [3] и более 30% территории города в целом с учетом того, что в соответствии с СП 11-105-97 [4] участок считается подтопленным, если грунтовые воды формируются на глубине менее 3 метров.

Первые водопровод и канализация в г. Иркутске были введены в строй в 1903-1904 годах, а централизованное водоотведение появилось в 1955, когда началось интенсивное строительство канализационных очистных сооружений, сетей и насосных станций. На сегодняшний день на балансе МУП «Водоканал» находится 746 км сетей водопровода и 718 км сетей канализации, эти данные не учитывают коммуникации микрорайона Иркутск II (они находятся на балансе ИАПО) и частные сети, подведенные к индивидуальным водопользователям. В 2012г. ежедневный объем подаваемой в водопровод воды составил 304,36 тыс.м³, объем очищенных стоков - 218,3 тыс.м³ [5].

На сегодняшний день существуют электронные схемы сетей водопровода, канализации и теплотрассы. Работа сделана в ГИС «Панорама» и отмечена определенным уровнем секретности. Для соблюдения условий секретности схемы подземных коммуникаций заменены схемами плотности их заложения путем разработки алгоритма и составления специализированной компьютерной программы. Разработанная программа, совместимая с форматами файлов ГИС «Панорама», позволяет быстро перевести векторную информацию в цифровую форму и составить схемы плотности подземных коммуникаций путем конвертации данных о расположении линий подземных коммуникаций.

Работа проведена в соответствии со следующим алгоритмом:

1. Разбивка исследуемого участка на равномерные квадраты.
2. Автоматизированное измерение длины труб различных диаметров и типов коммуникации в пределах одного квадрата.
3. Определение значения плотности по отдельным типам и диаметрам труб подземных коммуникации по следующей формуле [3]:

$$\rho^i = \frac{l * (1 + N)}{S}$$

где: i – диаметр трубы, мм, l – длина трубопровода, м, N – число колодцев, относящихся к определенному типу труб, S – площадь квадрата, га.

4. Определение значения интегральной плотности по всем типам труб и присвоение этого значения центру квадрата:

$$\rho_{x,y} = \Sigma(n * \rho^i)$$

где: $\rho_{x,y}$ - интегральное значение плотности подземных коммуникации в пределах квадрата, м/га, n – весовой коэффициент, соответствующий диаметру трубопровода:

Диаметр трубопровода, мм:	Значения весового коэффициента n:
50	0,06

100	0,25
150	0,56
200	1
250	1,56
400	4
800	16

5. Экспорт данных в программу Surfer для построения цифровой карты плотности подземных коммуникации.

Как видно из алгоритма, расчет плотности коммуникации производится с учетом диаметра труб и наличия смотровых колодцев, поскольку наибольший риск аварий и утечек соответствует сочленениям труб, где и сооружаются колодцы.



Рис. 1. Карта плотности подземных коммуникации в м/га по одному из ключевых участков

Схема плотности подземных коммуникаций (рис.1), полученная в результате реализации алгоритма, может использоваться для решения широкого круга вопросов: выявления участков наибольшего риска развития процесса подтопления, для использования при зонировании городской территории и строительстве, для продолжения научно-исследовательских работ по разработке и уточнению структуры комплексного показателя устойчивости гидросферы.

Библиографический список:

1. СНиП 2.04.02-84. Водоснабжение. Сети и сооружения.;
2. Аузина Л.И. Комплексный показатель как основа оценки устойчивости подземной гидросферы. // Город: прошлое, настоящее, будущее: сборник научных трудов «Проблемы развития и управления на пороге III тысячелетия. – Иркутск . 2000. – С. 154 – 158.;
3. Пеллинен В.А., Щербакова Ю.А., Щербина А.Н.. Эволюция подземной гидросферы центральной части территории г. Иркутска под

влиянием техногенных нагрузок. // Геология, поиски и разведка полезных ископаемых и методы геологических исследований. Выпуск 8. Иркутск: Изд-во ИрГТУ. 2008 г. – С. 190-195.

4. СП 11-105-97. Инженерно-геологические изыскания для строительства.

5. Сайт МУП «Водоканал»: <http://www.irkvkh.ru/>.

УДК 551.24:556.114.2(571.5)

МИНЕРАЛЬНЫЕ ВОДЫ ХОНГОР-УУЛА, РЕСП. БУРЯТИЯ

Авторы: Аузина Л.И., к.г.-м.н., доц. каф. Прикладной геологии, Зверев О.Т., ПГ-11-1; Лоншаков Г.С., Андреева Т.С., РГМ-10-1.

Источники Хонгор-Уула расположены в предгорной части Хамар-Дабанского хребта, окаймляющего с юга Тункинскую котловину, в долине р. Харагун, в 9 км от с. Охор-Шибирь и в 11 км от автомобильного тракта Култук – Монды (рис.1).

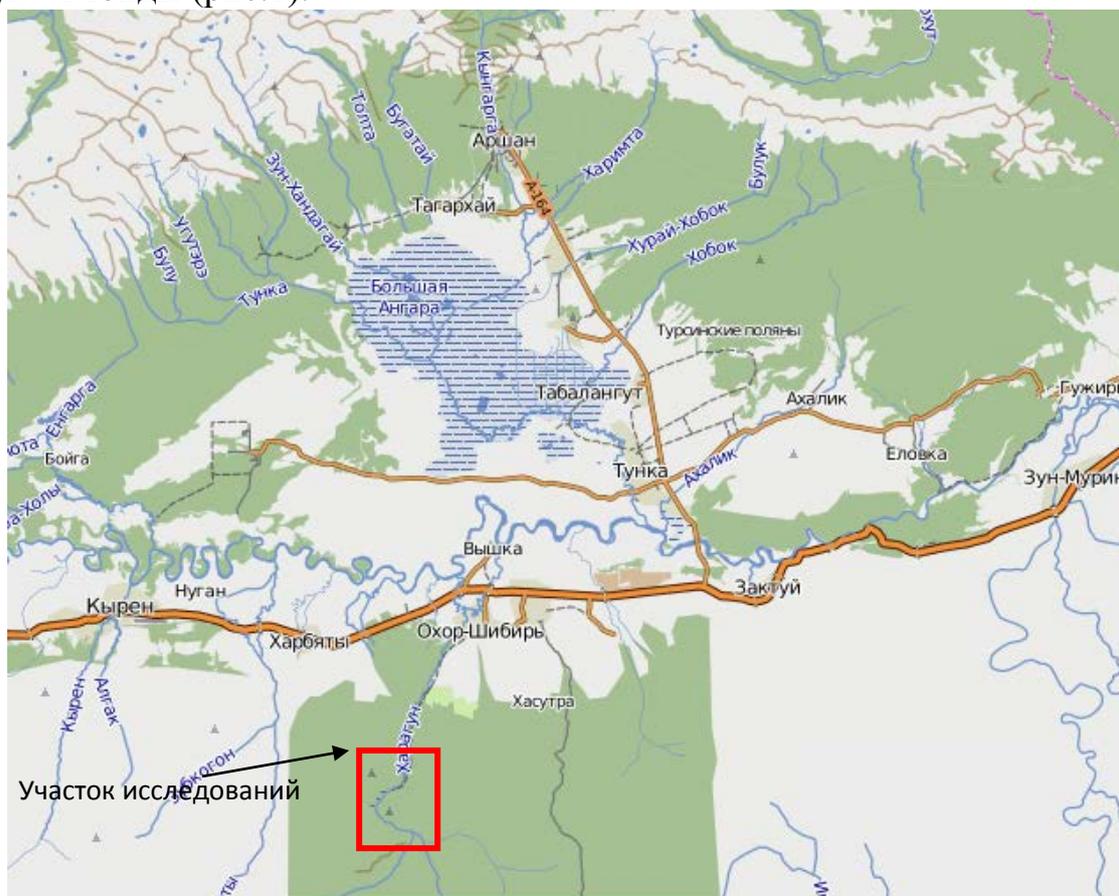


Рис. 1. Схема расположения участка исследований

В 1952 г. на железистых источниках Хонгор-Уула была организована здравница местного значения, здесь был построен колхозный дом отдыха, где отдыхали члены сельхозартели им. В.И Ленина.

С тех пор каждый из десяти источников приобрел свое уникальное название, определяющее его целебное назначение: Сердечный, Почечный,

Общеукрепляющий, Печоночный, Женский, Мужской, Нервный, Желудочный, Кишечный, Глазной (рис.2). При этом на здании здравницы прикреплена доска, на которой минеральной воды Хонгор-Уула отнесены к типу Нафтуса.

В разные периоды времени сибирские ученые-гидрогеологи изучали состав и свойства подземных вод района, в том числе В.Г. Ткачук и Н.И. Толстихин, опубликовавшие в 1961-1962гг. двухтомную монографию по результатам фундаментальных исследований «Минеральные воды Южной части Восточной Сибири», где собрали и систематизировали имеющиеся на тот момент сведения по данной теме. Работу продолжили Е.В.Пиннекер, Б.И.Писарский, Ю.К.Кустов, весомый вклад в дело изучения минеральных вод Прибайкалья внес И.С. Ломоносов, который в 1977г. в рамках крупного научного труда [1] произвел типизацию минеральных подземных вод (ПВ) Восточной Сибири, выделив Тункинский тип. Ю.Н. Диденков с коллегами с 1982 г. по настоящее время занимается исследованием структурно-гидрогеологических особенностей Тункинской котловины, приуроченностью вод к отдельным типам структур и ролью рифтогенеза в генезисе состава подземных вод Байкальской рифтовой зоны (БРЗ) [2]. Г.М. Шпейзер исследовал качественный состав источников Хонгор-Уула в 2000 и 2013 гг., А.Ю. Оргильянов проводил опробование и определение макро- и микрокомпонентного состава ПВ в 2006 г.

Выходы железистых вод выявлены по обоим берегам реки Харагун (рис.2), покрытых рыхлыми обломками базальтовых лав неогенового возраста (βN), сцементированных суглинистыми образованиями и перекрывающих скальные протерозойские отложения китойской свиты (PRkt). Базальтовые лавы представлены оливиновыми толеитами, датированными средним миоценом (16–15 млн лет) [3].

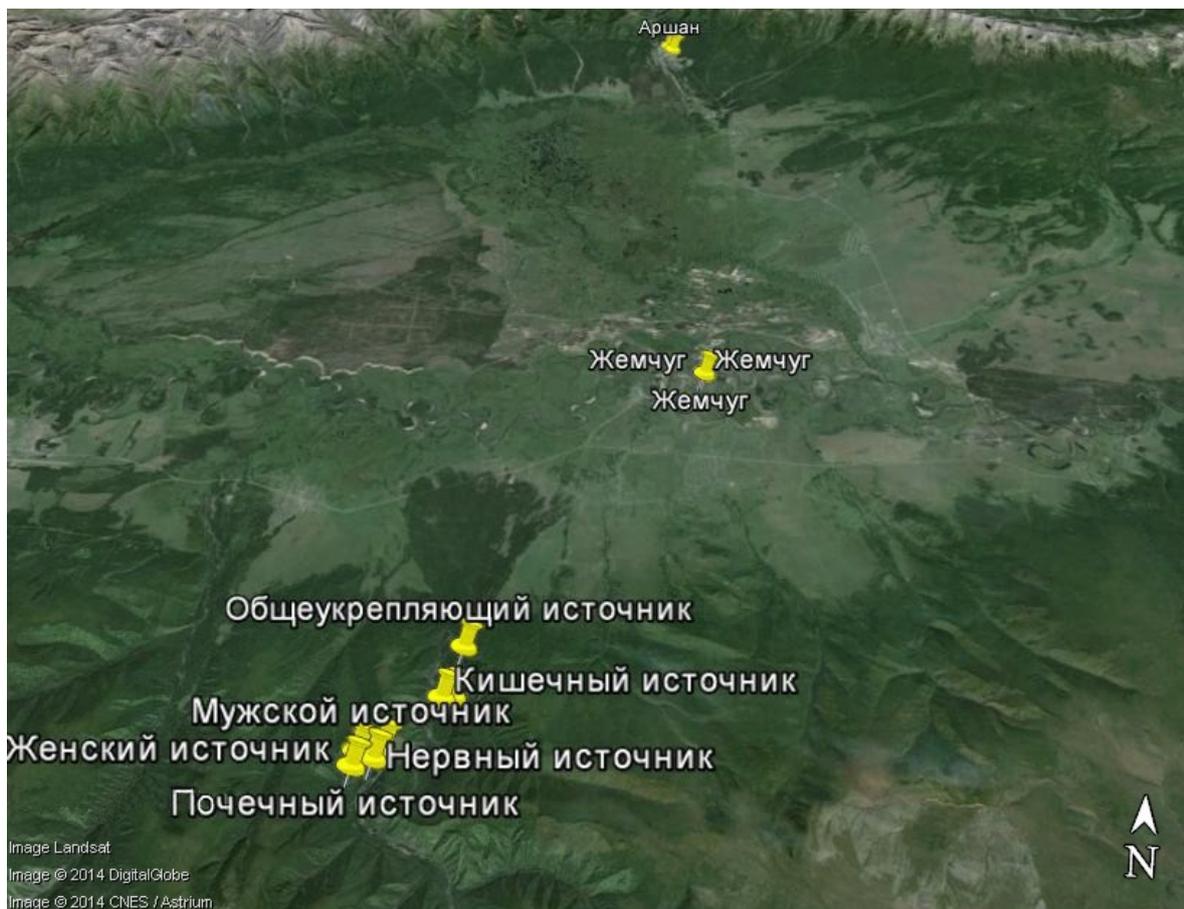


Рис. 2. Орографическое положение источников Хонгор-Уула.

Часть источников находится на правобережной пойменной террасе в пределах корытообразного расширения долины.

Источники левого борта реки Харагун приурочены к оползневому склону, выполненному суглинистыми отложениями.

В структурно-гидрогеологическом отношении выходы подземных вод расположены на границе самого крупного в пределах Тункинской ветви БРЗ Тункинского гидрогеологического бассейна и гидрогеологического массива, сформированного в пределах низкогорного отрога Хамар-Дабана Гурби-Дабана (рис.3). Судя по расположению выходов ПВ, можно предположить их приуроченность к зонам обводненных разломов субширотного и субмеридионального направлений, что вполне характерно для тектонических структур исследуемой территории.

СХЕМАТИЧЕСКАЯ
СТРУКТУРНО-ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКАЯ
КАРТА
РАЙОНА ЮЖНОЙ ЧАСТИ ТУНКИНСКОЙ КОТЛОВИНЫ
Масштаб 1:25 000

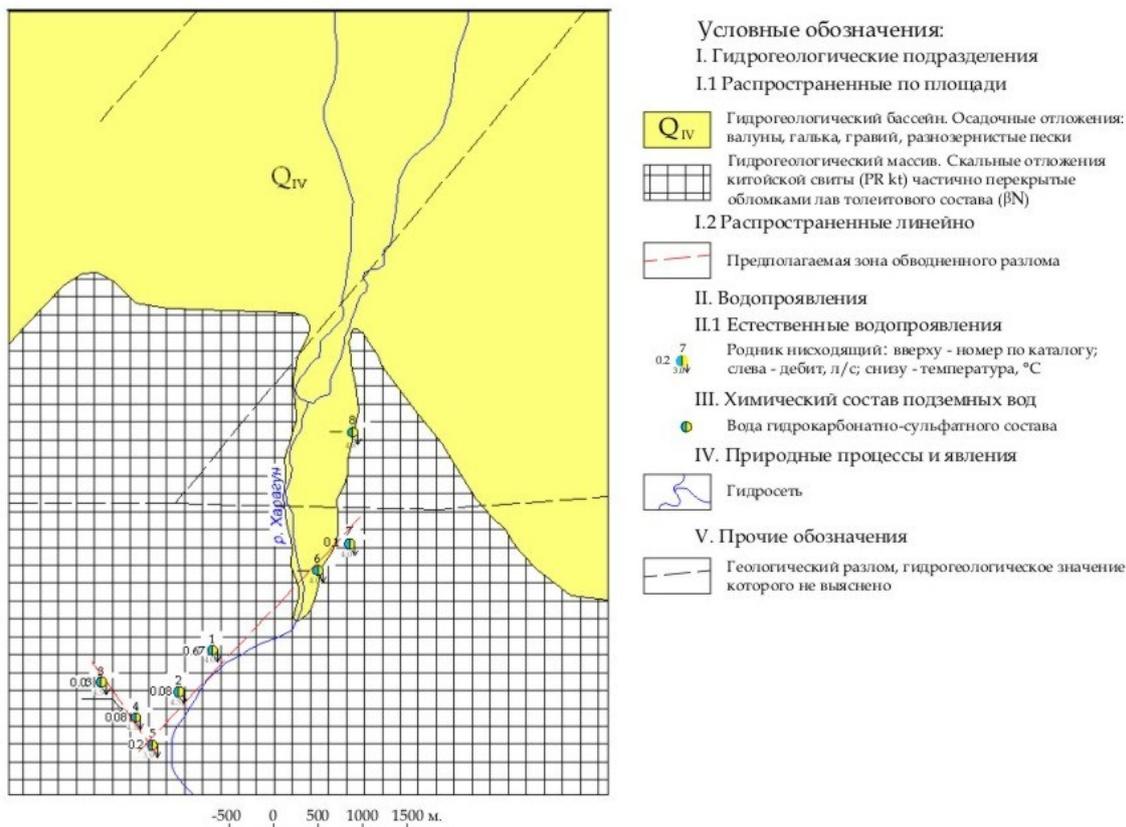


Рис. 3. Схематическая структурно-гидрогеологическая карта южной части Тункинской котловины.

В октябре 2013г. авторами представленной работы в рамках экспедиции СНО «Чистая вода Байкала» (под руководством проф. Пластинина Л.А.) изучались источники Хонгор-Уула. Большинство из них имеет нисходящий («Печеночный», «Нервный» и др.) или слабовыраженный восходящий («Кишечный» и «Желудочный») характер разгрузки. Выходы сосредоточенные, состоят в основном из одной головки, образуя воронки округлой формы. Места выхода подземных вод покрыты оксидом железа (рис.4). Источники малодобитные: 0,02 – 0,67 л/с при суммарном значении более 100 м³/сут, рН воды 7,6-7,92, электропроводность 17-35 μS, температура 3,9-4,8⁰С. Судя по результатам опробования 2000г. (Шпейзер Г.М.) и 2013г. (сотрудники ИрГТУ), режим ПВ напрямую зависит от интенсивности выпадения осадков, а их инфильтрация – один из основных источников питания ПВ. Часть родников каптирована металлическими трубами и желобами.



Рис. 4 Источник «Общеукрепляющий», дно и берега которого интенсивно покрыто оксидами железа.

Из восьми источников отобраны пробы воды. Некоторые результаты лабораторных исследований химического состава ПВ приведены в табл.1.

Основные характеристики источников Хонгор -Уула

Табл.1.

Название	Литологический состав	Q, л/с	M, г/л	pH	t, °C	Формула Курлова	Компоненты с повышенным содержанием
Печеночный	Суглинистые отложения	0,67	0,246	7,92	4	Mo,26 $\frac{HCO_3\ 55\ SO_4\ 44}{Ca\ 43\ Mg\ 43}$	Cl, Mn, SiO ₂
Нервный	Суглинистые отложения	0,08	0,311	7,92	4,5	Mo,27 $\frac{HCO_3\ 56\ SO_4\ 44}{Ca\ 50\ Mg\ 35}$	Cl, Mn, SiO ₂
Мужской	Суглинистые отложения	0,03	0,288	7,91	4,5	Mo,28 $\frac{HCO_3\ 55\ SO_4\ 44}{Mg\ 54\ Ca\ 46}$	Cl, Mn, SiO ₂
Женский	Суглинистые отложения	0,08	0,276	7,91	4,1	Mo,28 $\frac{HCO_3\ 55\ SO_4\ 44}{Ca\ 44\ Mg\ 36\ Na\ 18}$	Cl,
Почечный	Суглинистые отложения	0,2	0,231	7,96	3,9	Mo,27 $\frac{HCO_3\ 56\ SO_4\ 44}{Ca\ 47\ Mg\ 38}$	Cl, Mn, SiO ₂

Кишечный	Суглинистые отложения	-	0,288	7,6	4	Mo,19	HCO ₃ 60 SO ₄ 38 Mg 56 Ca 42	Cl, SiO ₂
Желудочный	Суглинистые отложения	<0,1	0,138	7,6	4	Mo,13	HCO ₃ 60 SO ₄ 37 Ca 48 Mg 46	Cl, Mn, SiO ₂
Общеукрепляющий	Суглинистые отложения слагают борта ручья,	-	0,189	8	4,8	Mo,2	HCO ₃ 59 SO ₄ 40 Mg 44 Ca 43	Cl, Mn, SiO ₂

Таким образом, по анионному составу воды сульфатно-гидрокарбонатные, преобладающие катионы – кальций, магний, реже – натрий, обладают невысокой минерализацией (от 0,13 до 0,28 г/дм³). Отмечается повышенное по отношению к нормативному [4] содержание отдельных компонентов: кремниевой кислоты, марганца, иона хлора.

Результаты определения органических веществ (Шпейзер Г.М., 2000г.) не позволяют отнести ПВ Хонгор-Уула к типу «Нафтуся», в соответствии с ГОСТ 54316.2011[5] они более всего сходны с Карельским Марциальным типом железистых ПВ, которые характеризуются невысокой минерализацией (до 1 г/л), повышенным содержанием железа, сульфат-иона (60- 70%) и гидрокарбонат-иона (20-30%). Недостаточно высокое содержание железа в ПВ Хонгор-Уула обусловлено, вероятнее всего, образованием большого количества оксида железа (Fe₂O₃) при разгрузке ПВ и «сгорании» трехвалентного железа в момент взаимодействия с кислородом воздуха, последствия чего наблюдаются на всех исследуемых источниках (рис.4).

При этом, как отмечает Труфанов А.И. [6], существует тесная корреляционная зависимость железа и гидрокарбонат-иона через органическое вещество, так как гидрокарбонат-ион является продуктом распада органического вещества с одновременным восстановлением содержащегося в породах железа и переводом его в растворимые формы, чему способствует состав оливиновых толеитов (пироксен, роговая обманка, оливин).

Следует отметить, что предварительный анализ химического состава ПВ позволил выявить вероятное соответствие трех источников своим «коренным» названиям и повышенному по сравнению с другими источниками содержанию в них компонентов, оказывающих определенное бальнеологическое воздействие [7]: «Нервный» (повышенное содержание Са,

Mg), «Женский» (повышенное содержание К), «Общеукрепляющий» (повышенное содержание F).

Представленные результаты носят сугубо предварительный характер. Для продолжения работы и определения бальнеологического воздействия минеральных вод Хонгор-Уула необходимо изучение гидродинамического и гидрогеохимического режимов ПВ в составе стационарных наблюдений, а также опробование ПВ в условиях естественной термодинамической обстановки.

Используемая литература:

1. Минеральные воды Прибайкалья/ Ломоносов И.С., Кустов Ю.И., Пиннекер Е.В. – Иркутск: Восточно-Сибирское книжное издательство, 1977-224с.

2. Диденков Ю., Мартынова М., Бычинский В., Ломоносов И., Алтынникова М. Влияние геодинамического режима на формирование пресных природных вод Байкальского региона // Проблемы водных ресурсов, геотермии и геоэкологии: Материалы Междунар. науч. конф., посвящ. 100-летию со дня рожд. акад. Г.В.Богомолова (г. Минск, 1-3 июня 2005 г.): в 2 т. – Минск, 2005. Т. 1. – Минск: Изд-во Ин-та геол. и геоф. НАН Беларуси, 2005. – С. 86-88. (Сб. ст.)

3. Кайнозойский континентальный рифтогенез: Путеводитель геологической экскурсии в Тункинскую рифтовую долину /С.В.Рассказов, В.А.Саньков, В.В.Ружич, О.П.Смекалкин.- Иркутск: ИЗК СО РАН, 2010.-40с.

4. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы СанПиН 2.1.4.1074-01 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества». Госкомсанэпидемнадзор России, М.: 2002г.

5. ГОСТ Р 54316-2011 Воды минеральные природные питьевые. Общие технические условия.

6. Труфанов А.И. Формирование железистых подземных вод /под ред. Маринова Н.А. – М.:Наука,1982.-139с.

7. Сонголов В.И. Минеральная вода «Аршан» в вопросах и ответах.- Ангарск: изд-во « Ангарская городская типография». 2009.- 34с.

УДК 504:574

ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ СТРУКТУРЫ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ АНГАРО-ЛЕНСКОГО КРАЕВОГО ПРОГИБА

Черенева В.А., аспирант, НИ ИрГТУ, г. Иркутск
Диденков Ю.Н., к.г.-м.н, доцент, НИ ИрГТУ, г. Иркутск

Исследуемый регион расположен в центральной части Ангаро-Ленского раннепалеозойского краевого прогиба Сибирской платформы между Пеледуйским поднятием на северо-востоке и Лено-Илимским плато

на юго-западе [1]. Здесь проходит Байкало-Амурская железнодорожная магистраль (БАМ), получающая в настоящее время «второе рождение», с сохраняющимися острыми проблемами питьевого водоснабжения ее объектов. В работе приведены результаты структурно-гидрогеологического анализа, направленного на установление закономерностей формирования подземных вод региона для успешного решения этих проблем.

В соответствии с геоструктурными элементами в центральной части прогиба выделяются следующие гидрогеологические структуры (табл.) (с востока на запад от горно-складчатого обрамления)[2]:

- Прибайкальский синклинозный бассейн;
- Лено-Киренгский антиклинозный бассейн;
- Марковско-Ичерский брахиформный бассейн;
- Непский сводовый бассейн.

Анализ структурных карт надсолевой толщи позволяет выделить в пределах бассейнов структуры более высокого порядка, которые контролируют распределение и локализацию подземного стока (табл.). Их влияние на сток наиболее отчетливо проявляется в Марковско-Ичерском брахиформном бассейне, где обводненные терригенно-карбонатные породы ордовика, наряду с подстилающим водоупором отложений верхоленской свиты, дислоцированы в серию антиклинальных валов и сопряженных синклинальных прогибов. Выделенные структуры расположены выше базиса дренирования; степень водообильности отложений возрастает от валов к прогибам. Рассчитанные модули родникового стока на порядок и более выше в синклинальных структурах по сравнению с антиклинальными. Внутри прогибов дальнейшее перераспределение подземного стока осуществляется в соответствии с ундуляцией их шарниров. Значения модулей изменяются от 0,1 до 4,2 л/с*км². Повышенные значения характерны для участков погружения шарниров.

Прибайкальский синклинозный бассейн. В его пределах широко распространены водно-ледниковые, моренные и озерно-болотные образования четвертичного возраста. Ядро бассейна составляют породы раннего ордовика. В нем выделяются узкие синклинальные структуры, вытянувшиеся вдоль горного обрамления. Литифицированные отложения перекрыты мощным чехлом четвертичных образований (100 м и более).

Таблица

Характеристика гидрогеологических структур центральной части Ангаро-Ленского краевого прогиба
(в пределах верхней гидродинамической зоны)

№ п/п	Гидрогеологические структуры	Основные формы дислокации	Мощность верхней гидродинамической зоны, м	Наличие подстилающего водоупора и его мощность, м	Структуры подрайона	Возраст водовмещающих пород	Коллекторские свойства и водообильность пород (максимальные значения)				Минерализация и химический состав воды (по преобладающим ионам)
							К _ф , м/сут	К _п , м ² /сут	Q _{род} , л/с	q, л/с	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Прибайкальский синклинорный бассейн (в границах одноименного кайнозойского краевого прогиба)	Линейные складки. Сбросы, взбросы с амплитудой субвертикальных смещений до 500-1000 м	50 – 100 (зона активной трещиноватости)	-	Валы	Перекрыты Q _{пл} Є _{1an} Є _{1-2lt}	10,24	1056	16	11,3	0,05-0,4 НСО ₃ -Na НСО ₃ -Mg НСО ₃ -Ca
					Прогибы		Є _{2-3vl} O _{1uk}	12,5	32	200	
2	Лено-Киренгский антиклинорный бассейн	Линейные гребневидные складки. Средние и мелкие разрывные нарушения без значительных вертикальных смещений	40-70 (зона активной трещиноватости)	-	Валы	Є _{1an} Є _{1-2lt}	104	676	50	5,8	0,04-13 от НСО ₃ -Ca до Cl-Na
					Прогибы	Є _{2-3vl}	0,5	24	-	0,2	
3	Марковско-Ичерский брахиформный бассейн	Антиклинальные валы и сопряженные с ними синклинальные прогибы. Разломы-расколы, затухающие в отложениях верхоленской свиты среднего- верхнего кембрия	300-500	Региональный водоупор Є _{2-3vl} до 400-600	Валы	O _{1uk} – O _{2-3mk}	3	84	40	0,71	0,04-0,3 НСО ₃ -Ca
					Прогибы		26	728	500	10	0,1-0,5 НСО ₃ -Ca
4	Непский сводовый бассейн	Локальные линейно-вытянутые антиклинальные складки. Крупные надвиги, осложняющие ядра антиклинальных структур	до 300	Относительный водоупор Є _{2-3vl} 400-600	Валы	Є _{1-2lt} Є _{2-3vl} O _{1uk} – O _{2-3mk}	90,5	1810	17	13,2	0,05-150 от НСО ₃ -Ca до Cl-Na
					Прогибы	O _{1uk} – O _{2-3mk}	20	394	70	3,2	0,1-0,5 НСО ₃ -Ca

Порово-пластовые воды четвертичных отложений обладают напором (до 3-5 м.), глубина вскрытия колеблется от 1,0-2,5 до 8-10 м. Степень водообильности различная: удельные дебиты изменяются от 0,018 до 11,3 л/с; дебиты родников – от 0,5 до 12 – 16 л/с. Вода по химическому составу гидрокарбонатная натриевая, магниевая-кальциевая с минерализацией 0,05-0,4 г/л. В местах пересечения осевых частей синклиналий структур наиболее врезанными долинами рек отмечается резкое увеличение дебитов родников до 150-200 л/с. Повышению водообильности пород и наличию высокодебитной разгрузки способствуют и дизъюнктивные дислокации, аккумулярующие и перераспределяющие подземный сток (табл.).

Лено-Киренгский антиклинорный бассейн. Горные породы, выполняющие верхнюю часть разреза бассейна, интенсивно дислоцированы. Антиклинальные валы сложены карбонатными породами ангарской и литвинцевской свит, их крылья и синклиналий прогибы – терригенными отложениями верхоленской свиты.

Незначительная водообильность отложений верхоленской свиты установлена лишь в зоне выветривания и разрывных нарушениях. Свободный водообмен характерен для крыльев структур, расположенных выше базиса дренирования. Здесь формируются пресные гидрокарбонатные кальциевые воды. На состав подземных вод в синклиналий структурах оказывают влияние поступающие по тектонически ослабленным зонам высокоминерализованные воды из нижележащих пород. При смешении состав воды в верхней части разреза становится весьма разнообразным; минерализация достигает 4,9 г/л. Обводненность пород в пределах антиклинальных структур неравномерна. В целом карбонатные отложения литвинцевской и ангарской свит, расположенные выше базиса дренирования, характеризуются высокими коллекторскими свойствами и хорошими условиями водообмена. Формирующиеся подземные воды пресные гидрокарбонатные кальциево-магниевые с минерализацией до 0,6 г/л. Изменения химического состава подземных вод происходят под влиянием разгружающихся по разломам в замках антиклинальных структур соленых вод из отложений нижнего кембрия. По мере погружения пород ниже базиса дренирования (уже в структурах прогибов) отмечается резкое ухудшение коллекторских свойств и условий водообмена. Подземные воды приобретают напор, повышенную минерализацию и хлоридный натриевый состав (табл.).

Таким образом, в пределах антиклинальных валов и синклиналий прогибов бассейна подземные воды, приуроченные к разновозрастным отложениям, принадлежат к различным гидродинамическим (свободного и затрудненного водообмена) и гидрогеохимическим (пресных и солоноватых вод) зонам.

Марковско-Ичерский брахиформный бассейн расположен к северо-западу от Лено-Киренгского бассейна на внешнем, более пологом, борту Ангаро-Ленского краевого прогиба. История развития прогиба и современные геолого-структурные условия определили формирование в его пределах

мощной зоны свободного водообмена, сопоставимой с зоной пресных вод, глубина распространения которой достигает 300-500 м.

В геологическом строении бассейна принимают участие терригенно-карбонатные отложения ордовика, а ограничивают ее мощные водоупорные породы верхоленской свиты среднего-верхнего кембрия. Вся толща пород ордовика содержит гидравлически взаимосвязанные трещинные и трещинно-карстовые коллекторы подземных вод, как в антиклинальных, так и в синклинальных структурах, а их расположение выше базиса дренирования обуславливает свободный водообмен.

Распределение и формирование подземного стока в породах ордовика полностью согласуются с существующей структурной обстановкой. Основное направление движения подземных вод – от валов к прогибам. В осевых частях синклинальных прогибов создаются благоприятные условия для формирования месторождений подземных вод. Синклинальная форма прогибов, повешенная трещиноватость пород в осевых частях, наличие подстилающего аналогично дислоцированного водоупора обуславливают существование локальных линейно-вытянутых зон с аномально высокой водообильностью. Интенсивно трещиноватая осевая часть выступает в качестве мощного водопроводящего канала, аккумулирующего и перераспределяющего подземный сток по простиранию структуры прогиба в соответствии с ундуляцией его шарнира. При вскрытии таких зон речными долинами отмечается высокодебитная разгрузка подземных вод. Дебиты родников достигают 250-300, а в отдельных случаях (Рассохинский прогиб) – 500 л/с; они приурочены к наиболее погруженным участкам прогибов. По химическому составу подземные воды, как в пределах валов, так и прогибов гидрокарбонатные кальциево-магниевые. Минерализация воды увеличивается к прогибам от 0,04 до 0,5 г/л (табл.).

Разломы в Марковско-Ичерском брахиформном бассейне, как правило, носят характер расколов, затухающих в водоупорных отложениях верхоленской свиты. Они оказывают влияние на перераспределение пресных подземных вод между складчатыми структурами.

Непский сводовый бассейн занимает крайнюю западную часть внешнего борта Ангаро-Ленского краевого прогиба. На фоне слабого погружения осадочных толщ ордовика на северо-запад линейные антиклинальные структуры отчетливо выделяются по выходам пород кембрийского возраста, слагающих их ядра. Как правило, это складки-надвиги.

В геологическом строении верхней гидродинамической зоны принимают участие: в осевых частях антиклинальных структур – карбонатные породы литвинцевской свиты и терригенные отложения верхоленской и илгинской свит кембрия; на крутых крыльях и между антиклиналями – терригенно-карбонатные породы ордовика. Максимальная мощность верхней гидродинамической зоны между антиклиналями достигает 300 м; в пределах антиклинальных структур она определяется зоной выветривания (до 70-100 м).

Лучшими условиями обводненности характеризуются породы, слагающие крутые, в ряде случаев запрокинутые, опущенные северо-западные

крылья антиклинальных структур. На этих участках образуется узкая линейно-вытянутая синклиальная структура более высокого порядка. Западнее ее породы приобретают моноклиальное залегание. Синклиальная форма структуры обуславливает аномально высокую водообильность слагающих ее пород. Максимальные ресурсы подземных вод формируются в осевых частях, при вскрытии которых речными долинами отмечаются высокодебитные родники (70 л/с и более). Вскрытые скважинами подземные воды имеют напорный характер; удельные дебиты достигают 3,2 л/с (табл.).

Таким образом, особенности складчатости горных пород в выделенных структурах определяют закономерности распределения и формирования подземных вод. Структуры обводненных разломов в зависимости от глубины заложения, либо перераспределяют подземный сток между складчатыми структурами (приповерхностные разломы), либо выводят в верхнюю часть разреза воды глубинных зон с повышенной минерализацией (глубокие обводненные разломы).

Анализ характера распределения подземного стока в пределах верхней гидродинамической зоны центральной части Ангаро-Ленского краевого прогиба позволяет сделать вывод о том, что наиболее благоприятными условиями для формирования месторождений питьевых подземных вод обладают гидрогеологические структуры Марковско-Ичерского брахиформного бассейна (табл.). Ограниченные возможности формирования значительных ресурсов пресных подземных вод характерны для Непского бассейна. В Лено-Киренгском и Прибайкальском бассейнах установлены резкое сокращение мощности верхней гидродинамической зоны, а также интенсивная дислоцированность и раздробленность нижнепалеозойских пород, способствующая разгрузке рассолов. Эти обстоятельства, наряду с развитием многолетнемерзлых пород, существенно затрудняют локализацию месторождений пресных подземных вод.

Выполненный структурно-гидрогеологический анализ формирования ресурсов и состава подземных вод в зоне освоения БАМа позволяет осуществлять целенаправленные поисково-разведочные работы как на пресные, так и минеральные воды питьевого и лечебного назначения.

Литература

1. Жарков М.А., Кузнецов Г.А. Геологическое строение и перспективы нефтегазоносности центральной части Ангаро-Ленского краевого прогиба. – В кн.: Новые данные по геологии, нефтеносности и полезным ископаемым Иркутской области. М., 1964, с.3-54.
2. Диденков Ю.Н. Условия распространения подземных вод в зоне освоения западного участка БАМ. – В кн.: Гидрогеология и инженерная геология. Новочеркасск, 1978, с.49-52.