

Природные опреснители морской воды на территории Крыма и РФ

Ковалев Н.И., Солдатова С.В., Лукина Л.И. ФГАОУВО Севастопольский государственный университет, РФ.

Рассматриваются результаты работ по обнаружению природных опреснителей морской воды во вторичных очагах потухших вулканов, расположенных в прибрежной части территории РФ. Даны характеристики подземных вод, предложение по их использованию и разработке природоохранных мероприятий для их сохранения.

Введение. Поиск и использование подземных пресных вод - одна из актуальных задач для стран, расположенных в засушливых регионах с пустынными и полупустынными почвами.

В настоящее время в питьевом водоснабжении населения все большее значение начинают приобретать подземные источники (на них основано водное хозяйство более 25% городов мира, в том числе мегаполисов. Многие страны для получения питьевых вод используют опреснители морской воды.

Специалистами научно-исследовательской лаборатории ядерно-химических технологий (НИЛ ЯХТ) Севастопольского госуниверситета выполнены пятнадцать проектов по поиску подземных питьевых вод на засушливых территориях различных стран (Монголия, Кипр, Мавритания, ОАЭ, Турция, Иран, Украина, РФ и др.) с использованием геофизической аппаратуры дистанционного резонансно-тестового комплекса «Поиск». В период этих работ были выявлены и подтверждены бурением крупные потоки подземных пресных вод. Многие подземные потоки пресных вод имеют большую протяженность, пересекают территории пустынь (Сахара, Гоби, Аравийская) или территории нескольких смежных государств. Как правило, эти потоки впадают в моря, океаны на различных глубинах или выклиниваются в крупные пресные озера [1].

Поэтому исследование процесса формирования крупных потоков подземных пресных вод высоко качества, пригодные для питья, а также их защита от загрязнений представляют научный и практический интерес.

Постановка задачи.

- 1) Изучить первичные источники формирования крупных подземных питьевых вод на прибрежных территориях Крыма и РФ с применением дистанционных средств поиска.
- 2) Рассмотреть механизм определения морской воды в прибрежных вторичных очагах затухших вулканов.
- 3) Определить геологические характеристики залегания подземных водных горизонтов, схемы их движения и выклинивания.
- 4) Подтвердить наличие потоков пресных подземных вод, в том числе геотермальных путем бурения скважин, произвести из них отборы проб и оценить пригодность вод для питьевого обеспечения населения.

Методика и технические средства исследования.

Для поиска скоплений подземных вод на больших территориях использовались методы геокосмической фоторазведки, способ дистанционного резонансно-тестового глубинного поиска и оконтуривания подземных вод с применением геофизической аппаратуры комплекса «Поиск» (разработка НИЛ ЯХТ, Севастопольского госуниверситета). Методики обнаружения скоплений подземных вод различной солености и различных типов пород с использованием аппаратуры этого комплекса утверждены Государственным головным институтом Минтопэнерго Украины-УкрНИПИпромтехнологии, а также подтверждены на практических работах в США, Австралии, Монголии, РФ и в Украине [1, 2, 3, 4].

Технические характеристики комплекса позволяют дистанционно определить следующие геологические параметры залегания подземных вод на глубинах до 3000 м [2, 3]:

- границы контуров участков скоплений подземных вод и подземных водных потоков на дневной поверхности крупных территорий;
- глубины залегания водонасыщенных горизонтов и их мощности;
- границы тектонических разломов, заполненных водой, а также границы потоков подземных минерализованных вод и геотермальных вод;
- направление миграции вод под грунтом в горизонтальных потоках;
- степень минерализации подземных вод (пресная, слабоминерализованная, соленая);
- температуру подземных соленых и пресных вод до +150 °С с шагом измерения температур $+3 \div 5^{\circ}\text{C}$;
- участки образования пара (кипение воды) под землёй, направление миграции пара по вертикальным разломам или трещиноватым породам.

Идентификация скопления подземных вод предварительно выполнялась с помощью геокосмических средств [2, 3]. Первоначально изучались космические фотоснимки, охватывающие территории обследования площадью 3600 км² (60×60 км). На космоснимках визуализировались границы потоков подземных вод [2, 3], затем проводились полевые работы по измерению необходимых геологических характеристик залегания подземных вод полевой геофизической резонансно-тестовой аппаратурой «Поиск» [4, 5].

Работы выполнялись в период с 2004 по 2017 год и совмещались с работами по поиску подземных пресных вод в различных странах [5, 6] в соответствии с Госпрограммами по использованию пресных и геотермальных вод (Монголия, Украина, Мавритания, Иран), а также по заказам коммерческих фирм различных государств (Испания, Греция, Монголия, США, Кипр, Турция, ОАЭ, Россия, Украина, Австралия, Латвия, Крым и др.). Установлено, что потоки подземных вод либо сбрасываются снова через несколько сот и даже тысяч километров в моря на определенных глубинах и расстояниях береговой линии, либо выклиниваются в пресные озёра [3, 6]. Во всех случаях подземные питьевые воды, образованные в магматических очагах, имеют высокое качество, пригодны для питья и для бутилирования.

В данной статье уделяется более детальное изложение итогового материала по результатам поисковых работ, выполненных на побережьях

территории РФ - в Крыму, на северо-западном, северном и дальневосточном регионах [Рис.-4].

Актуальность

В Крыму всегда ощущался дефицит пресной воды. С введением в строй Северо-крымского канала проблема питьевой и пресной воды для народнохозяйственных нужд, орошения засушливых территорий северной части Крыма была решена. Однако в последние годы из-за прекращения подачи воды в Северо-Крымский канал из р. Днепр остро стоит вопрос водообеспечения Крыма.

В северных регионах РФ в связи с программой освоения Арктики предполагается урбанизация, что неизбежно повлечет проблему водообеспечения и особенно горячего водоснабжения, для которого могут применяться геотермальные воды, изыскание которых актуально.

Актуальной также является проблема сохранения самого большого на планете резервуара пресной воды - озера Байкал. В последнее время поступают тревожные сведения о его обмелении. Поэтому изыскание и исследование источников пресной воды, подпитывающей оз.Байкал, представляет научный и практический интерес.

Результаты работы

Геологические характеристики залегания выявленных подземных пресных и соленых вод, их качественные показатели представлены в таблице 1. Некоторые данные подтверждены бурением скважин и отбором проб подземных вод.

Таблица 1

Результаты исследования источников образования подземных вод
вблизи магматических очагов затухших вулканов.

№ п/п	Номер обследуемого магматического очага и его местонахождения	Результаты измерения геологических характеристик залегания обнаруженных подземных вод			Наличие скважин в потоках пресных вод	Состав пресных вод по результатам бурения
		Соленые воды	Геотермальные	Пресные воды		
1	№2, Крым (Черное море, побережье)	- ширина потока - 5 км, забор воды из Черного моря; - мощн. горизонта Дь=100 м	- крупный поток геотермальн. пресных вод из Айпетринской Яйлы (зап. часть); - мощн. гориз. Ah=80 м; - глубина залег. H=1000 м	- многочисл. мелкие потоки пресных вод на глубине H=380-400 м; - мощн. горизонта 45-60 м	>15 скв. пресных вод на глубинах до 400 м; 2 скв. геотерм, пресных вод на глубине H=1000-1100 м	- питьевые без очистки; - геотермальные пресные - без очистки
2	№3, Крым (Черное море, побережье)	- ширина потока ~7 км, забор воды из Черного моря, - мощн. горизонта Ah=60 м	- многочисл. геотерм, пресн. потоки на глуб. H=980-1100м; - геотерм, солен, потоки на глуб. H=2500 м	- многочисл. потоки пресных вод на глуб. H=380-450 м; - мощн. горизонта Ап=20-50 м	>80 скв. пресн. вод и 4 скв. геотерм, вод, 1 скв. геотермал. соленая вода. H _г =2300 м	- питьевые и геотермальные (t=86Т) пресные, без очистки; - соленые (t=52°) на расстоянии 70 км от очага
3	№ 15-Р, северо-зап. часть РФ (Коми)	- ширина потока >8км, забор воды из Баренцева моря	несколько потоков солен, вод на глубине H>2500 м	- многочисл. потоки пресных вод на глубине №230 м; - крупный поток доходит до Азовского моря	известно 4 скв. пресных вод	питьевые, без очистки

4	№ 16-Р, северная часть РФ (Коми)	1.ширина потока >8км, забор воды из Баренцева моря	Несколько потоков сол.вод H>2500 м	Многочислен. потоки пресных H≈230 м крупный поток доходит до Азовского моря	Нет данных	Питьевая, бурение не выполнялось
5	№ 17-Р, Дальний Восток (РФ)	1.ширина потока >10км, забор воды из Охотского моря	Несколько потоков геотермальных соленых вод H>2500 м	1.Многочисл. потоки и один крупный выклинивается в оз.Байкал 2.Глубина залегания пресных вод 300÷370 м	> 100 скв. пресных вод в Монголии, на глубинах 160 м до 320 м (в период работ пробурены 6-скв. пресн.вод в Южной Гоби)	Питьевая, без очистки
6	№18Р (Кольский п-р, РФ)	1.ширина потока >8км, забор воды из Белого моря	Два потока геотермальных соленых вод H>2300 м	Два крупных потока Hв=250-270 м	Нет данных	

При исследовании прибрежных территории Черного моря были установлены 3^{-и} источника формирования подземных пресных вод вблизи вторичных магматических очагов затухших вулканов - два в Крыму и один вблизи г. Одесса [3]. Наиболее детально были изучены два магматических очага в Крыму (табл-1, Рис.-1).

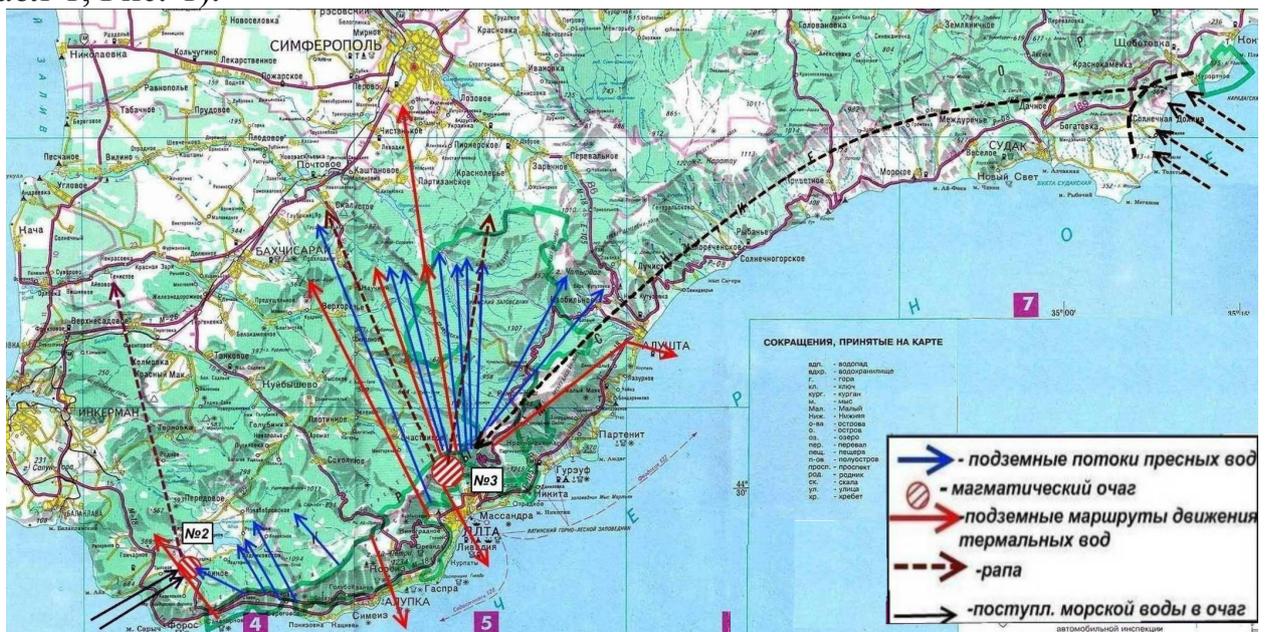


Рис. 1. Карта Крымского полуострова с выявленными магматическими очагами №2 и №3 и нанесением путей движения пресных и геотермальных вод по территории Крыма

Было установлено, что на высокотемпературную часть вторичных магматических очагов затухших вулканов поступают крупные потоки морской воды из Черного моря. Морская вода дренируется по водопроницаемым породам и тектоническим разломам с глубин моря 380÷400 м. Ширина потоков морской воды составляет от 7 км до 10 км. Длина потоков достигает нескольких километров, а иногда до сотни километров.

По мере движения потоки соленой воды постепенно углубляются и достигают высокотемпературной части вторичных магматических очагов на глубинах 1000-1200 м от уровня моря (> 2000 м от поверхности земли). Вода

здесь вскипает. Площади зоны подземного парообразования достигают в диаметре до 4÷8 км. Пар, под избыточным давлением и с температурой в зоне кипения более + 100°С, поднимается вверх по тектоническим разломам (выше уровня моря) на различные глубины, в зависимости от залегания трещиноватых водопроницаемых пород (трещиноватые известняки, карсты, крупнозернистые песчаники и др.). В трещиноватых породах пар охлаждается и конденсируется. Примерно на глубинах от поверхности земли 950÷1100 м образуются горячие (геотермальные) озера пресной воды с $t_{\text{в}}=56\div 86^{\circ}\text{C}$. Избыточный напор на этих глубинах достигает 12÷15 кг/см². На глубинах 380÷400 м формируются озера пресной воды с температурой +25÷30°С и незначительным напором. По мере движения потоков подземных пресных вод по тектоническим разломам или по трещиноватым породам они охлаждаются до их температуры.

Схематически механизм образования подземных вод вблизи вторичным магматических очагов потухших вулканов представлен на рис.-2.

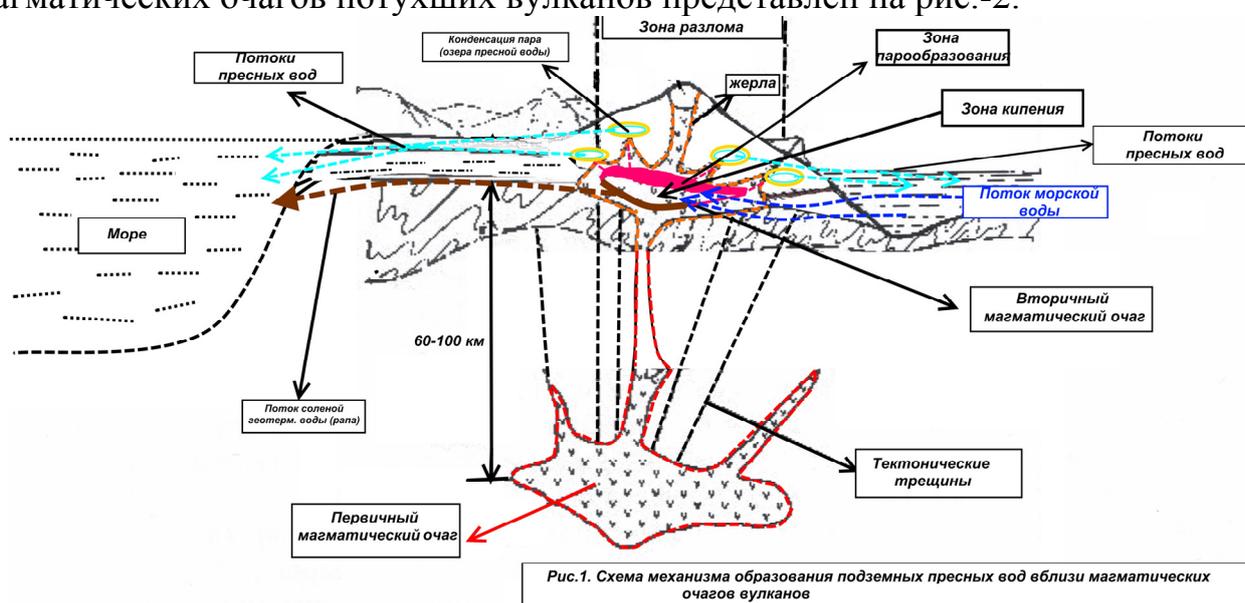


Рис.1. Схема механизма образования подземных пресных вод вблизи магматических очагов вулканов

Рис.2. Схема механизма образования подземных пресных вод вблизи вторичных магматических очагов потухших вулканов

Установлено, что конденсация пара, образованного в очагах №2 и №3, происходит в горном районе (в Ай-Петринской Яйле, где имеются карстовые породы). Образовавшиеся подземные потоки пресных вод расходятся в разные стороны по многочисленным тектоническим разломам. Эти потоки пересекают территорию Крыма (200÷300 км), а затем впадают в Черное море на различных глубинах (120 ÷ 200 м) и удалениях от берега 1÷1,5 км. Выклинки крупных потоков подземных пресных вод в Черном море подтверждены исследованиями академика НАН Украины Шнюкова Е.Ф. (с помощью глубоководного аппарата «Омар»). Ширина потоков при выклинках в море составляла от 100 м до 200 м, а мощности горизонтов потоков достигали от 20 м до 40 м.

По отдельным тектоническим разломам на больших глубинах (2÷2,5 км) от очагов кипения морской воды фиксируются потоки соленых вод с температурой более 95°С. Подземные геотермальные пресные воды в Крыму

подтверждены в трёх потоках бурением четырёх скважин (на глубинах 980÷1100 м). Геотермальные потоки пресных вод, залегающих на глубинах 1000-1100 м и расположенные в границах г. Севастополя показаны на Карте -4.

Таким образом, в результате работ были выявлены несколько природных опреснителей морской воды на территории Крыма (рис.-3).

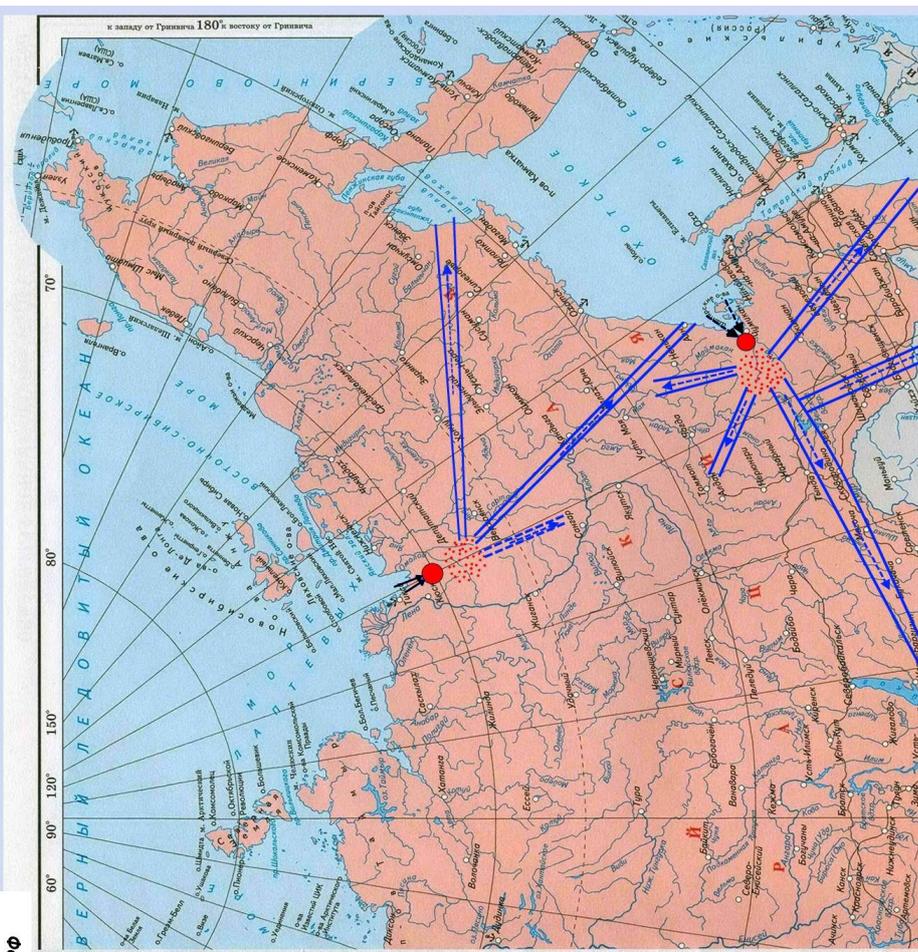
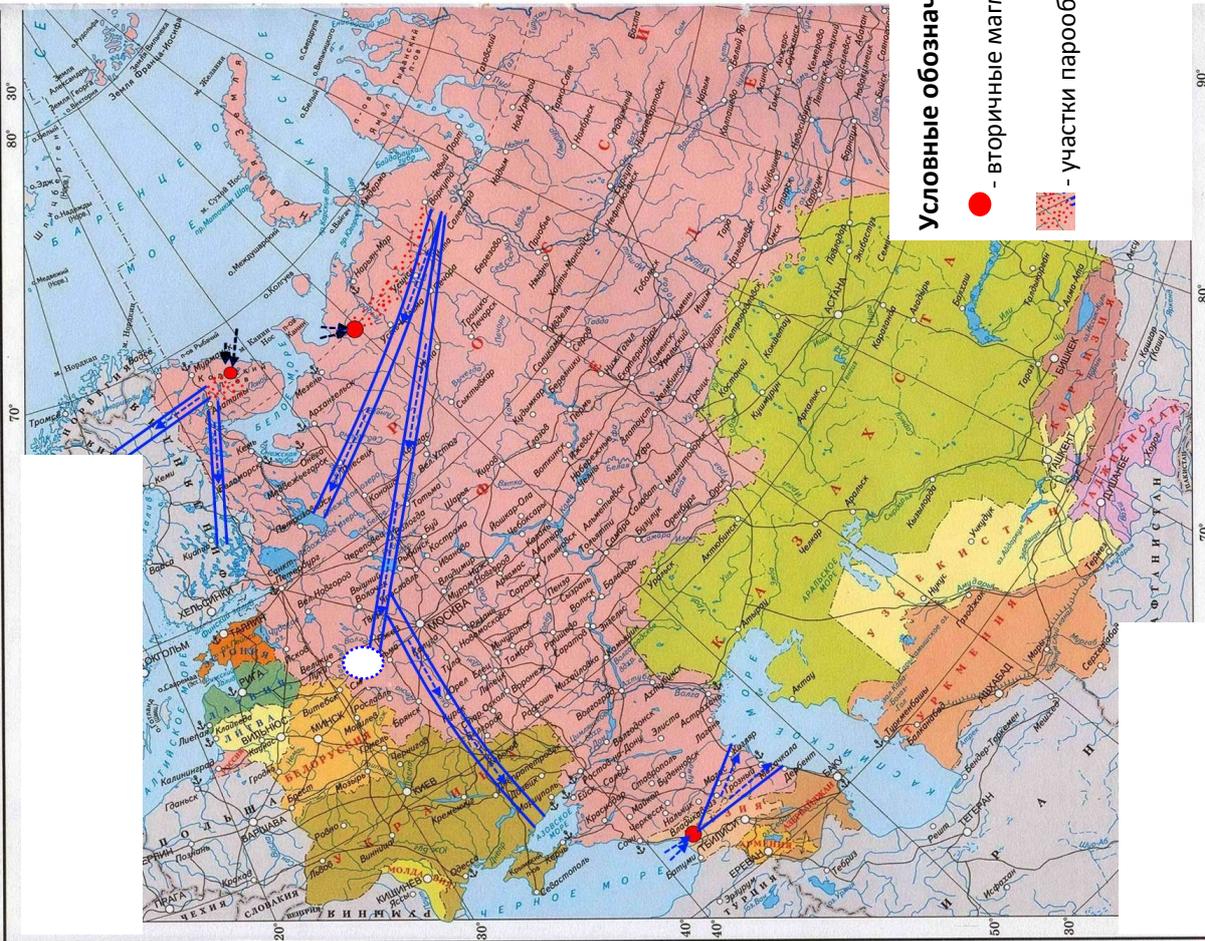


Рис.3. Карта г.Севастополя с населёнными геотермальными потоками пресных вод

Аналогичный механизм формирования подземных пресных вод обнаружен на прибрежных территориях РФ (северная часть – магматические очаги № 15-Р, № 16-Р, на Дальнем Востоке – магматический очаг № 17-Р, на Кольском полуострове – очаг №18-Р), (Табл.-1, Рис.-4).

Пар в очагах №15-Р, №16-Р и №18-Р конденсируется на незначительных расстояниях от зоны парообразования из-за очень холодных пород. От магматического очага № 15-Р (Коми) крупный поток подземных питьевых вод подпитывает (выклинивается) Онежское озеро, проходит западнее Москвы (ведется с него добыча питьевой воды высокого качества с глубин $H=280\div300$ м), питает Валдайскую возвышенность, где берут начало крупные реки Волга, Зап. Двина, Днепр. В дальнейшем, подземный поток пресных вод высокого качества еще продолжает идти в южном направлении и выклинивается в северной части Азовского моря на глубинах 4÷5 м. К этой зоне сброса пресных вод в Азовском море стремятся на нерест многие морские и пресноводные рыбы, которых в Азовском море 50 видов.

Очаги формирования подземных вод в магматических очагах затухших вулканов на территории РФ



Условные обозначения:

- - вторичные магматические очаги.
- (красная) - участки парообразования.
- - направление движения морской воды к очагам.
- (синий) - границы подземных потоков пресных вод и их направление движения.

В магматический очаг № 17-Р (Дальний Восток, Россия) морская вода поступает из Охотского моря по подземному потоку шириной более 10 км. Сформированный во вторичном магматическом очаге, крупный подземный поток перемещает пресные воды на запад, пересекает Читинскую область и выклинивается в оз. Байкал на глубине 300÷370 м. От данного потока в южном направлении ответвляется еще 3^й потока, один из этих потоков (западный) пересекает под землей территории Забайкалья (РФ), Монголии (в т.ч. южное Гоби) и Китая, а затем выклинивается в Южно-Китайское море. Второй и третий потоки (восточные) пересекают под землей территорию Китая и выклиниваются в Желтое и Японское моря.

Во всех случаях, по пути движения крупных потоков пресных вод происходит их разветвление на более мелкие, чем охватываются подземными водами значительные площади территории. Но если загрязняется техногенными токсичными веществами основной поток, то практически огромная территория может оказаться с загрязненными подземными водами. Так в Греции из пяти потоков пресных вод – три засолены при проведении нефтегазоразведки. Нет смысла доказывать какую серьезную экологическую угрозу будут представлять для рыб потоки подземных пресных вод, впадающих в озера или в прибрежную акваторию моря, если они окажутся загрязнены токсичными веществами или засолены, за счет нарушения технологии проведения поисковых буровых работ при разработке нефтегазовых месторождений. Это требует не только рационального использования подземных пресных вод крупных потоков, но и разработку нормативных документов, регламентирующих защиту этих вод высокого качества от техногенных загрязнений, а также от засолений при проведении разведочного бурения на больших глубинах.

Вблизи магматических очагов №15-Р, 16-Р, 17-Р, 18-Р не обследовались потоки геотермальных вод, которые всегда образуются. При необходимости такие работы могут выполнены.

Исходя из результатов работ на территориях РФ и Крыма можно обосновать следующий механизм образования подземных пресных вод высокого качества вблизи вторичных магматических очагов затухших вулканов:

1. Испарение морской воды поступающей к очагу, с последующей конденсацией пара в охлажденных трещиноватых породах.
2. Из образованных «подземных озер» пресные воды мигрируют под землей по тектоническим разломам на большие расстояния и выклиниваются снова в моря или озера.
3. По мере движения потоков подземных вод они разветвляются и охватывают большие площади территории.

Выводы:

1. Проведение исследования с помощью геокосмических средств поиска подземных вод и полевой геофизической аппаратуры резонансно-тестового дистанционного комплекса «Поиск» позволили установить один из механизмов природного образования подземных питьевых и геотермальных вод вблизи

вторичных магматических очагов затухших вулканов, расположенных на побережье морей и океанов.

Механизм образования этих вод состоит в том, что морская вода по тектоническим разломам и трещиноватым породам поступает к вторичному магматическому очагу на глубины ~ 2000 м, где она вскипает. Образованный пар под давлением поступает по тектоническим трещинам к более верхним охлажденным водопроницаемым породам (на глубинах 400÷1000 м), где конденсируется и образует «подземные озера». Из данных озер затем истекают по тектоническим разломам потоки пресной воды. Из нижней части зоны парообразования по тектоническим трещинам истекает соленая геотермальная вода на глубинах 2000÷2500 м от поверхности земли.

2. Данный источник образования подземных пресных вод, в природном опреснителе, следует внести в общий баланс круговорота воды на планете и отнести к устойчивым, возобновленным ресурсам пресных вод, которые могут активно использоваться, для сельскохозяйственных нужд и в качестве источников питьевого водоснабжения городов.

3. Целесообразно проблему выявления и рационального использования источников природных ресурсов пресной воды высокого качества и геотермальных вод, образующихся в природных опреснителях морской воды, отнести к приоритетной задаче государств с засушливыми регионами. Необходима законодательная база, регламентирующая рациональное использование этих вод и защиту их от загрязнений и засолений при разработке углеводородных месторождений.

Список литературы:

1) Н.И. Ковалев, А.М. Акимов, И.А. Черкашин и др. «Дистанционное определение контуров развития подземных пресных вод в Шинэ-Усны-Гоби на территории Мондах Сомона Дорногобийского аймака Монголии» отчет НИР «Гоби», СНУЯЭиП, г. Севастополь, 2008 г., с.65.

2) В.А. Пухлий, Ж.А. Пухлий, Н.И. Ковалев. Применение дистанционного комплекса зондирования Земли «Поиск» для поиска и разведки полезных ископаемых, Монография «Ядерно-магнитный резонанс», г. Севастополь: Издат. «Черкасский ЦНТЭИ», 2012, гл. XXIV, с. 437÷456.

3) Д. Кудрик, Н.И. Ковалев и др., Экологический мониторинг курортно-туристических ресурсов. Монография, гл. VI («Использование подземных питьевых и геотермальных вод в Крыму»): Из-во, Черкасский ЦНТИ, г. Севастополь, 2013 г, с. 148-166.

4) Н. И. Ковалев, В.А. Пухлий, С.В. Солдатова. Применение дистанционного геофизического комплекса «Поиск» (Решение инженерных и геолого-поисковых задач), Монография. Изд: Palmarium Academic Publishing, Дюссельдорф, 2016, с. 170.

5) Н. И. Ковалев, Пухлий В.А., С.В. Солдатова. Результаты исследований механизма образования подземных пресных вод вблизи вторичных магматических очагов потухших вулканов с применением аппаратуры «Поиск».

Международная конференция XII. Академические науки-проблемы и достижения.
15-16 мая 2017 г. 48-60 стр. том 1.