

УДК 556.3.01(571.65)

## ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДОВ МАГАЗИНИРОВАНИЯ ПРЕСНЫХ ПОДЗЕМНЫХ ВОД В БАССЕЙНЕ РЕКИ КОЛЫМА

©2012 В.Е. Глотов, Л.П. Глотова

Северо-Восточный комплексный научно-исследовательский институт ДВО РАН,  
г. Хабаровск

Поступила в редакцию 10.05.2012

Рассмотрены различные способы искусственного восполнения запасов пресных подземных вод в бассейне р. Колымы. Дано объяснение их особенностей в условиях распространения многолетне-мерзлых пород. Отмечена актуальность вопросов водоснабжения в зимнее время. Обращено внимание на возможность создания искусственных запасов подземных вод с заданными качественными характеристиками.

Ключевые слова: пресные подземные воды, водоснабжение, сквозные талики, водные ресурсы, искусственное восполнение запасов

Бассейн реки Колымы относится к числу регионов – основных поставщиков золота и серебра в казну России и на международные рынки. За период промышленного освоения региона было добыто около 3 тыс. т золота, в основном из россыпных месторождений в долинах рек разных порядков. В настоящее время внимание инвесторов смещается к отработке рудных месторождений благородных металлов. Однако эти месторождения часто расположены в верховьях рек, которые, по классификации Р. Хортон, относятся к водотокам 1-4-го порядков с водосборными площадями до 150 км<sup>2</sup>. В зимний период года, который в бассейне р. Колымы длится не менее 7 месяцев, водотоки с водосборными площадями менее 10 тыс. км<sup>2</sup> перемерзают или пересыхают. Ресурсы пресных подземных вод в таликах речных долин срабатываются естественным путем до очень малых величин. В этих условиях водоснабжение населенных пунктов и промышленных предприятий возможно путем создания искусственных аккумуляторов пресных вод, либо поверхностных (в водохранилищах), либо подземных (например, методом торможения стока) [1]. Однако водохранилища пресной воды в горных районах достаточно часто приходят в аварийное состояние из-за обходной фильтрации, непредвиденного оттаивания основания дамбы и т.д. Но основной недостаток водохранилищ – легкая подверженность пресной

воды загрязнению, в том числе при случайных авариях техногенного или естественного характера на водосборной площади. Применение искусственного регулирования подземного стока в зимний период времени достаточно часто приводят к активизации наледеобразования в речной долине, что способствует ускоренной сработке накопленных запасов подземных вод. Основная причина таких неудач, по нашему мнению, заключается в том, что данные мероприятия выполнялись без учета особенностей уровня режима подземных вод в естественных условиях.

**Цель работы:** обосновать способы магасинирования, соответствующие особенностям режима уровней подземных вод в подрусовых таликах рек бассейна р. Колымы в зимнюю межень.

**Общая характеристика таликов бассейна р. Колымы.** В орографическом отношении водосборная площадь р. Колымы представлена низкогорьями с отметками водораздельных гряд до 1000-1200 м. Рельеф в основном сглаженный, только верховья водотоков имеют V- и каньонообразные долины. Многолетнемерзлые породы имеют сплошное распространение. Мощность их превышает глубину распространения трещин выветривания (гипергенной трещиноватости), достигая 400-450 м под водоразделами и 150-180 м у подножия склонов. В гидрогеологическом отношении наибольшим развитием пользуются гидрогеологические массивы, адмассивы, вулканогенные супербассейны. Преимущественный тип вод – трещинно-жильный, связанный с трещиноватостью пород в зонах тектонических разломов, по которым обычно заложены речные долины. Здесь в трещиноватых породах

---

Глотов Владимир Егорович, доктор геолого-минералогических наук, заведующий лабораторией геологии нефти и газа и геоэкологии. E-mail: geocol@neisri.ru  
Глотова Людмила Петровна, старший научный сотрудник лаборатории геологии нефти и газа и геоэкологии. E-mail: glotova@neisri.ru

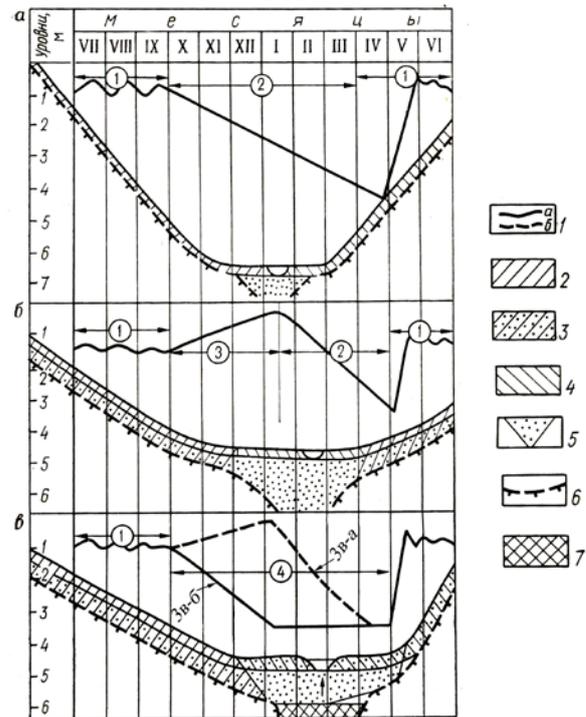
формируются линейные водоносные зоны, гидравлически связанные с надмерзлотными таликами и поверхностными водами. Подмерзлотные порово-пластовые и порово-трещинно-пластовые воды артезианских бассейнов встречаются редко. По составу и минерализации они часто не соответствуют требованиям СанПин «Вода питьевая». В целях хозяйственно-питьевого водоснабжения в бассейне р. Колымы могут быть использованы грунтовые воды надмерзлотные и сквозных таликов, залегающие в рыхлых аллювиальных отложениях. Развиты и напорные трещинные воды линейных водоносных зон в пределах таликов, редко подмерзлотные артезианские порово-трещинные воды межгорных артезианских бассейнов.

Наиболее широко в долинах малых рек – притоков р. Колымы распространены надмерзлотные талики, приуроченные к пойменным отложениям. Размеры таликов зависят от времени года, площади речного бассейна, мощности и состава рыхлых отложений. В долинах рек 4-го порядков (рр. Аркагала, Бурхала и др.) ширина таликов уменьшается в течение всей зимы и составляет от 70 до 200 м в среднем течении; в реках 2-3-го порядков с площадью водосбора менее 30 км<sup>2</sup> талики располагаются только под руслами водотоков, ширина их соответствует ширине русла в межень. Примером такого водотока является ручей Контактный, правый приток р. Кулу – истока р. Колымы. В бассейне его более 50 лет функционировала Колымская воднобалесная станция.

Мощность водоносных аллювиальных отложений в долинах малых рек не превышает 10-15 м. Глубина слоя сезонного промерзания меняется в течение ряда лет от 2 до 4 м, достигая иногда 5 м. Это зависит от зимней температуры воздуха, режима выпадения, накопления и толщины снежного покрова, влажности грунтов и т.д. Водопроницаемость отложений, слагающих талики речных долин, изменяется в вертикальном направлении. Если в верхней части разреза аллювиальных отложений коэффициент фильтрации составляет в среднем 200-600 м/сут., то вблизи подошвы он снижается до 3 м/сут. Глубина вскрытия надмерзлотных вод, их напор и режим уровня резко колеблется по сезонам года. Летом уровни свободные и, как правило, соответствуют урезу воды в реке, меняясь от 0 м вблизи русла до 4 м в пойме. При этом процесс падения уровня протекает по-разному. Поскольку любое искусственное регулирование пресных подземных вод отражается на особенностях режима уровня воды в надмерзлотном талике, рассмотрим детальнее особенности этих режимов применительно к способам магазинирования подземных вод.

**Результаты исследований.** Анализ фактического материала по таликам речных долин с периодическим поверхностным стоком позволяет

выделить 3 наиболее типичные разновидности режима, отражающие особенности питания и разгрузки подземных вод (рис. 1).



**Рис. 1.** Схематические разрезы речных долин с различным режимом уровней подземных вод:

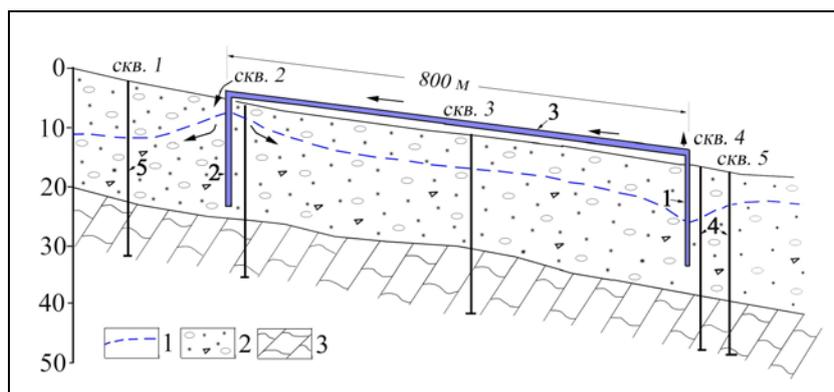
1 – графики уровней подземных вод, в т.ч. Зв-а – установленный, Зв-б – возможный; 2 – сезонно-талый слой; 3 – сезонно-талый слой, водоносный в период промерзания; 4 – сезонно-промерзающий слой; 5 – талик; 6 – граница многолетнемерзлых пород; 7 – раздробленные породы в зоне разлома. Цифры в кружках: 1 – период поверхностного питания, 2 – критический период, 3 – период питания водами сезонно-талого слоя, 4 – период подземного питания

**Первый тип.** После прекращения поверхностного стока начинается прогрессирующее падение уровня, которое продолжается до начала таяния снега (рис. 1а). Снижение достигает 10 м, иногда и более. Уровни надмерзлотных вод обычно свободные. Такой режим характерен для узких долин каньоно- или V-образной формы, где запасы вод сезонно-талого слоя весьма незначительны и единственный источник их питания – поверхностные воды. К концу зимы расходы подрусловых потоков значительно сокращаются. Так, в устьевой части долины руч. Хевкандя расход подруслового потока в августе-сентябре составлял 2208 м<sup>3</sup>/сут, а в конце апреля-начале мая всего 6,3 м<sup>3</sup>/сут. С началом таяния снега уровни и расходы надмерзлотных вод быстро увеличиваются и в период половодий достигают максимума.

В долинах с данной разновидностью уровня режима перспективны все виды торможения стока, в том числе устройство временных запруд для улучшения и увеличения времени

инфильтрации поверхностных вод. В долине руч. Кадыкчан во второй половине XX в. выше створа водозаборных скважин ежегодно в сентябре поперек русла с помощью бульдозера возводили насыпи из галечника высотой 30-50 см от дна. Вода фильтровалась через насыпь, выше которой возникал временный водоем (пруд). Создавали 10-15 таких водоемов на расстоянии до 1000-1500 м вверх по течению от водозаборных скважин, что позволяло перенести время падения уровня воды в талике с конца сентября на начало ноября. Годовая амплитуда колебания уровня с 8 м сокращалась до 6 м, что обеспечивало более стабильную работу водозабора.

Оригинальный метод торможения стока был разработан В.Г. Гольдтманом со своими сотрудниками [2]. По этому способу в долине р. Иультиканья перекачивали воду из колодца в нижнем (по течению реки) створе в верхний. Расстояние между створами было 800 м. В сентябре-октябре таким путем перекачивали около 90 тыс. м<sup>3</sup> воды, за счет чего в критический водный период увеличивали дебиты скважин в нижнем створе в 2 раза, а суммарная производительность каптажной системы к концу зимы выросла на 30% (рис. 2).

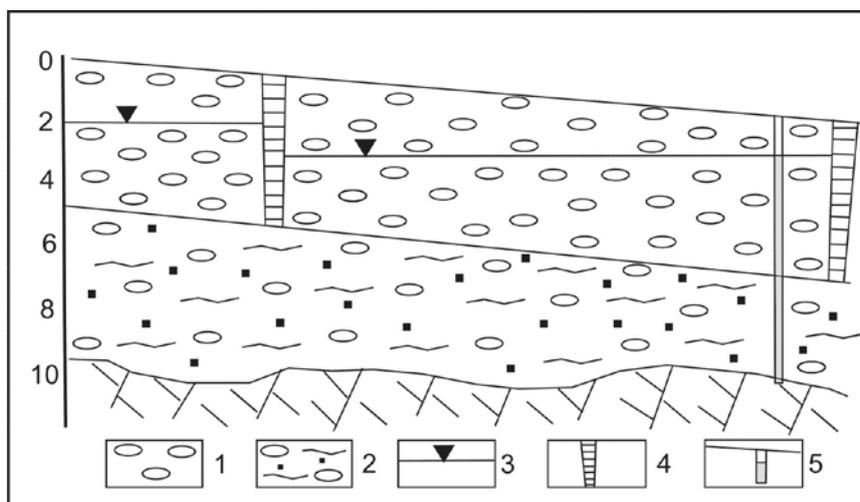


**Рис. 2.** Схема искусственного восполнения ресурсов подземных вод методом торможения стока (водозабор пос. Иультин) по способу В.Г. Гольдтмана:

1 – уровень грунтовых вод в период перекачки, 2 – аллювиальные отложения, 3 – трещиноватые песчано-глинистые сланцы. Цифры на рисунке: 1 – водозахватывающий колодец; 2 – поглощающий колодец; 3 – водовод; 4 – эксплуатационные скважины; 5 – наблюдательная скважина

Весьма перспективен способ создания постоянных «висячих» барражей в надмерзлотном талике выше водозаборных сооружений. Барражи создаются из местных скоплений супесей или суглинков. Глубина траншеи (канавы) должна быть достаточной для того, чтобы

перегородить поток грунтовых вод, приуроченный к наиболее водопроницаемым галечникам. Тем самым сток воды по приповерхностному слою галечников будет затруднен (рис. 3), что создает предпосылки более устойчивой работы водозабора.



**Рис. 3.** Схема торможения стока путем создания искусственных «висячих» барражей:

1 – аллювиальные галечниковые отложения; 2 – галечники с супесями и суглинками; 3 – уровень грунтовых вод; 4 – висячие барражи; 5 – водозаборное сооружение

Второй тип. С началом промерзания уровни начинают повышаться, и надмерзлотные воды становятся напорным (рис. 1б). Продолжительность нарастания напора прямо зависит от размеров водосборной площади, иногда напор увеличивается до марта. Наивысший уровень нередко на 2-3 м выше поверхности земли. К концу декабря-началу января уровень опускается ниже подошвы слоя сезонного промерзания, и воды становятся не напорными. Этот вид уровенного режима свойствен таликам речных долин корытообразной формы. В пологих бортах таких долин в теплый период развивается сезонно-талый слой мощностью 1-3 м и более. С наступлением зимы вблизи дневной поверхности образуется мерзлый прослой – возникает временный водонапорный бассейн, что отражается на уровенном режиме. Расходы подрусловых потоков к концу зимнего периода меньше летних в 2-5 раз. Так, в долине р. Утиной в 21 км от устья максимальный расход потока равен  $410 \text{ м}^3/\text{сут}$ , минимальный  $206 \text{ м}^3/\text{сут}$ . В устье р. Туманной наибольший расход грунтовой воды в сентябре 1956 г. составлял  $990 \text{ м}^3/\text{сут}$ , наименьший в конце апреля – около  $200 \text{ м}^3/\text{сут}$ .

В долинах водотоков, где проявлена подобная разновидность уровенного режима, наиболее приемлем описанный выше способ перекачивания подземных вод из нижнего по течению створа в верхний. Однако перекачивание следует производить не в начале холодного периода года, а после достижения максимального уровня подземных вод. В водотоках со вторым типом изменений уровня воды в талике нельзя устраивать постоянные барражи, в том числе и висячие. Пренебрежение этим условием может вызвать активизацию наледных процессов. Например, во второй половине XX в. в долине р. Кэпэрвеем (бассейн нижнего течения р. Колымы) было принято решение о торможении стока в зимнюю межень за счет сооружения подземного барража. Зимой стока в реке не было, уровни в зимнюю межень менялись по 2-му типу. Был построен барраж длиной 320 м, пересекающий талик в долине указанной реки. Сооружение барража позволило поднять уровень подземных вод в талике к концу зимы на 0,9-1 м (выше, чем в естественных условиях), а отбор воды для водоснабжения пос. Билибино увеличить с 300 до  $1000 \text{ м}^3/\text{сут}$ . Однако содержание подземной плотины, как и наземной, через 5-7 лет вызвало оттаивание многолетнемерзлых пород на участках сопряжения барража с боковыми границами талика и возникновению практически неустраняемых путей обходной фильтрации воды. Кроме того, сооружение барража производилось без учета особенностей формирования подземного стока в зимнее время, что при-

вело к большим затратам на устранение возникших наледей в пределах автодорог и других ответственных инженерных сооружений. С нашей точки зрения при таких обстоятельствах нужно было создать временные барражи, которые позволили бы тормозить сток во второй половине зимней межени. Для этой цели применимы известные способы создания сезонных мерзлотных поясов, например, путем зачистки снега полосами поперек простирания талика. Можно по профилям пробурить скважины для установки постоянных термосифонов до глубины залегания слабофильтрующих галечников. Запуск термосифонов в работу производить в декабре-январе для создания временной льдистой завесы, затрудняющей течение грунтовой воды в верхнем наиболее водопроницаемом слое галечников.

Третий тип уровенного режима возникает в долинах водотоков, где происходит разгрузка подмерзлотных вод. После прекращения поверхностного питания и полного перемерзания сезонно-талого слоя уровни и расходы грунтовых вод снижаются до величины, соответствующей производительности очага разгрузки (рис. 1в), и стабилизируются, что обычно наблюдается в феврале-марте. Минимальные расходы вод таликов при данном уровенном режиме всегда больше, чем при первых двух. В долинах малых водотоков такой тип уровенного режима надмерзлотных вод встречается очень редко. В зависимости от видов изменений уровня в первую половину зимней межени выбирают способы создания искусственных запасов пресных подземных вод, соответствующие виду этих изменений. Если удастся выявить место разгрузки подмерзлотных вод, то применим способ магазинирования их для увеличения дебита скрытой разгрузки по сквозному талику. Принудительная закачка в подмерзлотные слаботрещиноватые толщи в опытном порядке проводили в 70-х гг. XX в. [2]. Для этой цели в долине нижнего течения руч. Кадыкчан пробурили скважину глубиной 273 м. Подземные воды были вскрыты на глубине 190,3 м в трещиноватых песчано-глинистых сланцах позднего триаса. Высота напора составила 204 м, дебит самоизлива около 2 л/с. В скважину было закачено 68 тыс.  $\text{м}^3$  воды из руч. Кадыкчан. Дебит самоизлива после закачки составил в январе 5 л/с, в марте 4 л/с, в апреле 2,5 л/с. Таким образом, доказана возможность искусственного влияния на запасы пресных подземных вод в талике, питаемом подмерзлотными водами по водовыводящему сквозному талику. Описанный способ позволяет в более сжатые сроки восстановить сработанные запасы пресной воды и в сквозном талике, связь которого с поверхностными водами в естественных условиях затруднена.

**Обсуждение результатов.** Магазинирование пресных подземных вод относится к числу распространенных способов повышения устойчивости работы водозабор, прежде всего, за пределами криолитозоны. В основном используется фильтрация воды из специальных сооружений капитального типа. В горных районах криолитозоны количество воды в теплое время года многократно превышает потребности, восполнение сработанных запасов происходит в течение нескольких дней после начала массового таяния снега. Дефицит возникает в осенне-зимнюю межень. Для накопления и сохранения пресных вод в водоемах нужно выполнить технически сложные работы по предохранению оттаивания грунтов в основании и ограждающей дамбе водоемов, чтобы избежать неконтролируемых потерь воды. Кроме того, зимой водохранилища промерзают с образованием ледового покрова мощностью до 2 м. Вода легко загрязняется. Специфика магазинирования пресной питьевой воды в криолитозоне в создании «подземных» водонепроницаемых перемычек, в том числе сезонных, состоящих из льдистых пород. Такие перемычки замедляют процесс естественной сработки ресурсов подземных вод, что используется для повышения надежности водоснабжения. Перспективны способы создания искусственных сквозных таликов для эксплуатации подмерзлотных вод, при этом закачиваемые ультрапресные поверхностные воды смешиваются

с подмерзлотными, доводя качество последних до соответствия требованиям СанПиН «Вода питьевая».

**Выводы:** рассмотренные способы магазинирования пресных подземных вод могут стать составной частью качественно нового направления, позволяющего получить дополнительные ресурсы пресной питьевой воды с заданными свойствами, соответствующими индивидуальным особенностям здоровья потребителей. Хотя магазинирование пресных подземных вод еще не нашло широкого применения в практике водоснабжения на Северо-Востоке России, но перспективность его использования не подлежит сомнению.

*Работа выполнена при поддержке гранта ДВО РАН №12-III-A-09-196.*

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. *Глотов, В.Е.* Решение вопросов водоснабжения золотодобывающих предприятий / *В.Е. Глотов, Л.П. Глотова* // Золото северного обрамления Пацифики. Междунар. горно-геол. форум: тез. докладов Всеколымск. горно-геол. конф. (Магадан, 10-14.09.2008 г.) – Магадан: СВНЦ ДВО РАН, 2008. С. 141-142.
2. *Гольдтман, В.Г.* Особенности разработки полезных ископаемых в связи с мерзлотно-гидрогеологическими условиями / *В.Г. Гольдтман, П.Н. Калмыков* // Гидрогеология СССР. Т. 26 / ред. *О.Н. Толстихин* – М.: Недра, 1972. С. 239-262.

## FEATURES OF APPLICATION THE METHODS OF FRESH UNDERGROUND WATERS STORAGE AT KOLYMA RIVER BASIN

© 2012 V.E. Glotov, L.P. Glotova

Northeast Complex Scientific Research Institute FEB RAS, Khabarovsk

Various ways of artificial completion the storage of fresh underground waters in Kolyma river basin are considered. The explanation of their features in the conditions of distribution the many years frozen soils is offered. The urgency of questions of water supply during winter time is noted. It is paid attention to possibility of creation the artificial storages of underground waters with the given quality characteristics.

*Key words: fresh underground waters, water supply, through shreds, water resources, artificial completion of storages*

---

*Vladimir Glotov, Doctor of Geology and Mineralogy, Chief of the Laboratory of Oil and Gas Ecology and Geoecology. E-mail: geoecol@neisri.ru*

*Lyudmila Glotova, Senior Research Fellow at the Laboratory of Oil and Gas Ecology and Geoecology. E-mail: glotova@neisri.ru*