

УДК 556.38.01(571.56+571.65-17)

ПЕРСПЕКТИВЫ ВОДОСНАБЖЕНИЯ ЗА СЧЕТ ПОДЗЕМНЫХ ВОД В ГОРНЫХ АРКТИЧЕСКИХ РАЙОНАХ СЕВЕРО-ВОСТОКА РОССИИ

© 2016 В.Е. Глотов

Северо-Восточный комплексный научно-исследовательский институт
им. акад. Н.А. Шило ДВО РАН, г. Магадан

Статья поступила в редакцию 16.04.2016

Охарактеризованы особенности условий формирования водных ресурсов двух районов арктической зоны Северо-Востока России - Заполярном и Приполярном, граница между которыми проходит по Главному водоразделу Земли. Более благоприятны эти условия в Приполярном районе. В Заполярном районе основную роль в питании рек играют воды сезонно-талого слоя, в Приполярном участвуют также и подземные воды таликов (надмерзлотных и сквозных) и подмерзлотные. Прогнозные эксплуатационные ресурсы подземных вод приняты равными 10% общего водного стока. Установлено, что в Заполярном регионе эти ресурсы в естественных условиях можно реализовать за счет подземных только до конца сентября. В Приполярном регионе негативная ситуация с их реализацией складывается во второй половине зимней межени в долинах горных водотоков с водосборными площадями 0,5-5 тыс. км², а в долинах водотоков с водосборными площадями менее 0,5 тыс. км² с начала октября. Показано, что для устойчивого водоснабжения необходимо применять методы искусственного регулирования естественных ресурсов подземных вод.

Ключевые слова: *Северо-Восток России, арктическая зона, ресурсы, пресные подземные воды, зимняя межень, искусственное восполнение*

Северо-Восток России (СВ РФ) – регион, наиболее отдаленный от центральных субъектов страны. Главный водораздел Земли (ГВЗ) делит его на примерно равные по площади области – Циркумарктическую (ЦАО) и Циркумтихоокеанскую (ЦТО). Значительные площади этих областей расположены на одних широтах, т.е. получают равные величины прямой солнечной радиации, имеют сходные черты рельефа – сглаженное низкогорье и плоскогорья с отдельными резко расчлененными массивами и хребтами. Отличия их состоят в том, что в ЦАО климат определяется поступлением холодных и сухих воздушных масс, формирующихся в акватории Северного Ледовитого океана, практически полностью закрытого льдами. В ЦТО климат связан с внедрением субмеридиональных циклонов из акватории теплых и умеренно теплых широт. Поступающие на сушу массы воздуха несут тепло и влагу. Соответственно, в ЦАО условия формирования подземного и поверхностного водного стока менее благоприятны, чем в ЦТО. Эти отличия рассматривались нами ранее при изучении общих закономерностей питания рек подземными водами на различных склонах ГВЗ [3]. Однако связь выявленных закономерностей с перспективами использования подземных вод для организации устойчивого водоснабжения не была установлена. При этом мы разграничиваем условия, сложившиеся на прибрежно-морских низменностях и в горных районах. На морском побережье подземные воды формируются в особой обстановке, которая связана с глобальными сезонными и суточными колебаниями уровня северных морей. Она была подробно рассмотрена нами ранее [4].

Цель работы: изучить особенности формирования ресурсов пресных подземных вод для обоснования возможности их хозяйственного использования в горных арктических районах, где расположены все рудные месторождения золота, олова, редких металлов.

Глотов Владимир Егорович, доктор геолого-минералогических наук, главный научный сотрудник лаборатории региональной геологии и геофизики. E-mail: geocol@neisri.ru

Объект исследования – арктическая зона территории СВ РФ в зоне сочленения двух океанов.

Предмет исследования – водотоки бассейнов стока Анадырского залива Берингова моря (ЦТО), Чукотского и Восточно-Сибирского морей восточнее устья р. Колыма (ЦАО) (рис. 1).

Актуальность и научно-практическая значимость исследования определяется тем, что изучаемые районы России решением Президента РФ отнесены к Арктической зоне. Интенсивное освоение их связано с перспективами недр на рудные и топливно-энергетические ресурсы и ожидаемой активизацией международных сообщений по Северному морскому пути. Любая трудовая деятельность невозможна без устойчивого круглогодичного водоснабжения. Вопросы организации такого водоснабжения в арктических районах СВ РФ исключительно сложны и затратны. До сих пор наиболее крупные потребители пресной воды – гг. Анадырь, Певек, Билибино, а также Эгвекинотская ТЭЦ удовлетворяют свои потребности за счет эксплуатации искусственных водохранилищ. Решение актуальной задачи экономически и экологически рационального и устойчивого водоснабжения населенных пунктов и промышленных предприятий арктической зоны Северо-Востока России и определяет актуальность нашего исследования.

Методы исследования включают в себя сбор и анализ опубликованных материалов, данные гидрометеостанций Колымского управления гидрометеослужбы (КУГМС) с длительностью наблюдений от 11-12 до 70 лет, а также результаты авторских наблюдений и расчетов в первом десятилетии 21 в. Для достижения поставленной цели мы часто использовали метод генетического расчленения гидрографов стока, модифицированный нами [1]. Особенности нашего подхода заключаются в том, что объем воды, расходуемой на образование наледей, мы относим к невосполнимым потерям подземного стока в соответствующем гидрологическом году, поскольку они будут пополнять общий речной сток только в летнее время следующего года. Такой же расходной статьей мы считаем и воду, законсервированную в сезонном ледовом покрове. Кроме того, мы придаем большое значение подземному стоку, формирующемуся в сезонно-талом слое (СТС).

Указанные особенности климата на площади ЦАО неблагоприятны для формирования ресурсов подземных вод. Среднегодовая температура воздуха в бассейне стока Восточно-Сибирского моря повсеместно ниже $-10,5^{\circ}\text{C}$, количество осадков за год менее 300 мм, на побережье Чаунской губы – до 140 мм. Это приводит к созданию климата арктической тундры и арктической пустыни на водосборной площади рек Восточно-Сибирского моря, за исключением долины р. Малый Анюй, где господствует климат лесотундры [6]. На водосборных площадях рек бассейна стока Чукотского моря климат формируется не только за счет воздушных масс, поступающих из акватории Северного Ледовитого океана. В теплое время года тихоокеанские тепловлагонесущие циклоны достигают Чукотского моря. По этой причине наиболее увлажнены площади в районе Колочинской губы и Берингова пролива. Так, в пос. Уэлен среднегодовая температура воздуха $-7,2^{\circ}\text{C}$, осадки 354 мм. На западе в пос. Мыс Шмидта эти показатели, соответственно, составляют $-10,8^{\circ}\text{C}$ и 262 мм, что определяет развитие зоны тундры за пределами леса с крайне суровыми природными условиями.

В бассейне стока рек Анадырского залива Берингова моря воздушные массы независимо от сезонов года поступают из теплых умеренных широт Тихого океана вдоль ГВЗ и проникают до Чукотского моря, делая климат более мягким. Среднегодовые температуры воздуха на морском побережье не опускаются ниже $-6,9^{\circ}\text{C}$, а среднегодовое количество осадков повсеместно больше 382 мм (г. Анадырь). В континентальных районах (пос. Новый Еропол в верховьях р. Анадырь) эти показатели, соответственно, $-9,2^{\circ}\text{C}$ и 342 мм (сайт: <http://www.meteo.ru>). Климатические отличия отражаются и на показателях общего речного и подземного стока. В соответствии с этими отличиями в Заполярном районе ЦАО нами выделены подрайоны – бассейны стока Восточно-Сибирского и Чукотского морей. В Приполярном районе ЦТО все водотоки относятся к бассейну стока Анадырского залива Берингова моря. Особенности водного стока в арктических районах достаточно наглядно видны из табл. 1.

В табл. 1 приведены данные по постам с длительностью наблюдений более 10 лет по репрезента-

тивным хорошо изученным водотокам. Есть единичные водотоки с аномальными показателями, обусловленными питанием водотоков подземными водами подозерных сквозных таликов. В бассейне стока Чукотского моря такой является р. Иультиканья с притоком – ручьем Теплый. В ручье (пост И-Т на рис. 1) с площадью водосбора $36,4 \text{ км}^2$ сток продолжается и в зимнюю межень. Минимальный сток в апреле – 2 л/с. Общий средний годовой модуль стока за 15-летний период наблюдений равен $16 \text{ л/с}\cdot\text{км}^2$, т.е. более, чем в 1,5 раза превышает модуль стока р. Амгуэма; модуль подземного стока в среднем составляет $1,5 \text{ л/с}\cdot\text{км}^2$, что соответствует показателю крупной реки. Эти признаки однозначно свидетельствуют о наличии локализованных сквозных водовыводящих таликов под руслами р. Иультиканья и руч. Теплый.

На площади ЦТО таким исключением является р. Энмываам, в зимнюю межень питаемая подземными водами зоны тектонического разлома, пересекающего оз. Эльгыгыткин. С сентября по май озеро бессточное, глубина его до 160 км. В течение всего холодного периода уровень воды в нем падает за счет инфильтрации ее в зону тектонического разлома. Река Энмываам в створе у пос. Мухоморное (пост Э-М на рис. 1) при площади водосбора $11\,400 \text{ км}^2$ [8] имела с 1958 по 1980 гг. общий средний модуль стока $8,43 \text{ л/с}\cdot\text{км}^2$, средний модуль подземного стока $1,55 \text{ л/с}\cdot\text{км}^2$, что сопоставимо с аналогичным показателем р. Амгуэма, имеющей вдвое большую водосборную площадь. К тому же, р. Амгуэма после января чаще всего пересыхает. В р. Энмываам сток продолжается круглогодично. В апреле он в среднем равен $1,44 \text{ м}^3/\text{с}$, модуль стока $0,13 \text{ л/с}\cdot\text{км}^2$. Хорошо заметные различия в особенностях питания рек подземными водами подчеркивают гидрографы стока р. Паляваам в створе «устье руч. Глубокий» (рис. 3), характеризующие водотоки Заполярного района и реки Анадырь в створе «пост Новый Еропол» (рис. 4), представительный для водотоков Приполярного района. Отчетливо видна малая значимость подземных вод таликов и преобладающая роль обводненного СТС в питании рек бассейна стока арктических морей.

Таблица 1. Данные о стоке (общем и подземных вод) в арктических районах СВ РФ (по материалам КУГМС)

№ п/п	Река, гидрологический пост; площадь бассейна (км ²)	Среднегодовой расход, м ³ /с	Среднегодовой модуль стока, л/с·км ²		Доля подземных вод в речном стоке, %
			общий	подземный	
<i>Заполярный район (ЦАО)</i>					
Бассейн стока Восточно-Сибирского моря					
1	Скрытный, 4 км от истока; 10,5	0,1	8,1	0,25	3,1
2	Паляваам, устье руч. Глубокий; 6810	433	6,4	0,74	11
3	Пыркакайваам, п. Красноармейский; 103	0,9	8,7	0,3	3,4
4	Мал. Анюй, п. Островное; 30000	176	5,87	1,1	18,7
5	Люпвеем, устье руч. Прохладный; 725	13	5,73	0,25	5,1
Бассейн стока Чукотского моря					
6	Рывеем, устье руч. Куль; 1010	6,8	6,4	0,45	6,1
7	Амгуэма; устье руч. Шумный; 26700	2,71	1,03	1,6	15,5
8	Пильхинкууль, устье руч. Астория; 202	2,5	12,5	0,1	1
Приполярный район (ЦТО). Бассейн стока Анадырского залива Берингова моря					
9	Куйвивеем, п. Чуванское; 523	6,45	11,6	1,6	13,8
10	Нырвакиновтвеем, устье; 207	3,1	15,2	1,1	7,7
11	Анадырь, п. Еропол; 47300	467	10,1	1,8	17,8
12	Изыскательский, устье; 13,2	0,34	27,3	0,44	1,6
13	Анадырь, п. Снежное; 106000	987	9,4	2,3	24,5

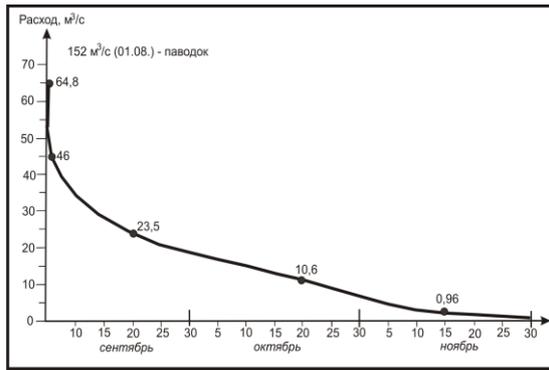


Рис. 3. Гидрограф стока р. Паляваам (устье руч. Глубокий) в осенне-зимнюю межень (с 30.08. по 03.11.1981 г.)

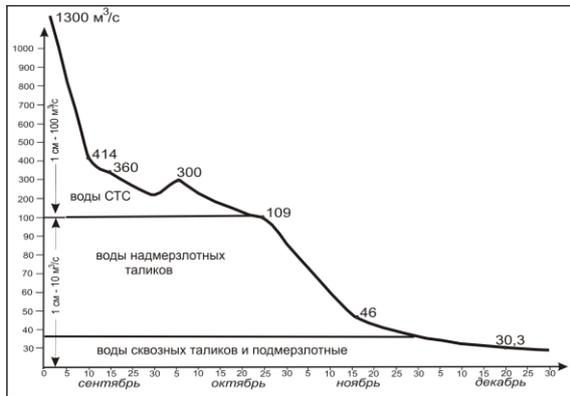


Рис. 4. Гидрограф стока р. Анадырь (пос. Новый Еропол) в осенне-зимнюю межень (с 01.09. по 30.12.1981 г.)

Для прогноза условий водоснабжения за счет подземных вод важно знать изменения стока в зимнюю межень. По нашим расчетам, основанным на генетическом расчленении гидрографов стока за многолетний период, структура подземного стока включает в себя подземные воды: СТС, полностью срабатываемые к концу октября; подрусловых таликов до глубины 5-6 м, срабатываемые к концу ноября; глубоких и сквозных таликов, определяющих сток до начала мая. Расчетные значения по водотокам, приведенным в табл. 1, по месяцам, характеризующие указанные периоды, показаны в табл. 2.

На основе выявленных закономерностей можно заметить, что условия для организации водоснабжения за счет подземных вод в Заполярном и Приполярном районах Арктики различны. Эти различия обусловлены климатическими факторами. Общая величина речного стока в этих районах значительна, но сток осуществляется в основном в короткий летний период. В зимнюю межень, длительность которой от 7 до 8 месяцев, в бассейнах стока рек с водосборной площадью менее 25 тыс. км² в арктическом Заполярном районе вода становится дефицитным ресурсом. В Приполярном районе водный дефицит возникает в бассейнах рек с водосборной площадью менее 1 тыс. км². Во всех случаях общая среднемноголетняя величина стока позволяет организовать бездефицитное водоснабжение, но только применяя методы искусственного регулирования процессов сработки естественных водных ресурсов.

Таблица 2. Показатели подземного стока в реки арктических районов

№ п/п	Водоток, гидрологический пост; площадь водосбора, км ² ; годы наблюдений	Среднемесячный модуль подземного стока по характерным месяцам, л/с·км ²			Примечание
		X	XII	IV	
Заполярный район (ЦАО)					
Бассейн стока Восточно-Сибирского моря					
1	Мал. Анюй, п. Островное; 30000; 1960-1980	6,7	0,05	0,004	сток круглогодичный
2	Паляваам, устье руч. Глубокий; 6810; 1971-1980	8,3	0,006	нет стока	сток отсутствует с конца декабря до середины мая
3	Люпвеем, устье руч. Прохладный; 725; 1960-1980	0,97	нет стока	нет стока	сток отсутствует с III-ей декады октября по III-ю декаду мая
4	Пыркакайваам, п. Красноармейский; 103; 1942-1964	3,49	нет стока	нет стока	сток отсутствует с I-ей декады октября по III-ю декаду мая
5	Скрытый, 4 км от истока; 0,0105	4,02	нет стока	нет стока	сток отсутствует с конца сентября до середины мая
Бассейн стока Чукотского моря					
6	Амгуэма; устье руч. Шумный; 26700; 1944-1980	10,6	0,12	0,0004	сток круглогодичный
7	Рывеем, устье руч. Куль; 1010; 1967-1985	3,5	нет стока	нет стока	сток отсутствует с начала ноября до конца мая
8	Пильхинкууль, устье руч. Астория; 202; 1962-1980	5,64	нет стока	нет стока	сток отсутствует с начала ноября до конца мая
Приполярный район (ЦТО). Бассейн стока Анадырского залива Берингова моря					
9	Анадырь, Снежное; 106000; 1958-1980	11,9	4,05	0,22	сток круглогодичный
10	Анадырь, Еропол; 47300; 1958-1980	6,8	2,9	0,26	сток круглогодичный
11	Куйвивеем, пос. Чуванское; 523; 1957-1980	5,53	4	0,27	сток круглогодичный
12	Нырвакинотвеем, устье; 207; 1950-1980	4,3	1,42	нет стока	сток отсутствует с начала ноября до конца мая
13	Изыскательский, устье; 13,2; 1947-1980	6,2	нет стока	нет стока	сток отсутствует с начала ноября до конца мая

Для суждения о перспективности данных методов примем за величину прогнозного эксплуатационного ресурса (ПЭР) пресных вод 10% общего среднесезонного стока. Данная величина общепринята для оценки масштаба экологически безопасного изъятия воды для хозяйственно-питьевого и промышленного водоснабжения. Соответственно, модуль ПЭР равен 0,1 модуля общего стока. Принятые показатели ПЭР с использованием количественных оценок, выведенных для репрезентативных водотоков (таблицы 1 и 2), позволяют заметить, что в Заполярном районе ЦАО только наиболее крупные реки, как Малый Анюй и Амгуэма, в створах с водосборной площадью 25-30 тыс. км² обладают средне-годовым объемом подземного стока большим, чем ПЭР. В Приполярном районе ЦТО это возможно практически повсеместно.

Вместе с тем данные в табл. 2 показывают, что в Заполярном районе ЦАО, в том числе в бассейнах рек с водосборной площадью 25-30 тыс. км², ситуация к декабрю резко меняется и для реализации ПЭР становится неблагоприятной. В пределах ЦТО критическая ситуация с организацией водоснабжения возникает к окончанию зимней межени. Вместе с тем, повышенная водность СТС ко времени окончания летней межени и началу зимней позволяет использовать способы искусственного регулирования процессов расхода подземных водных ресурсов. Среди этих способов наиболее разработаны: искусственное торможение стока путем сооружения временных фильтрующих перемычек в русле и подземных барражей в подрусловых отложениях; аккумуляция воды в искусственно создаваемых таликах и т.д. Способы разработаны в основном для рек бассейна стока р. Колыма, но могут применяться и в Арктике [2].

Выводы: Арктическая зона СВ РФ разделена Главным водоразделом Земли на 2 района – Заполярный Циркумарктической области и Приполярный Циркумтихоокеанской. Они различаются климатическими факторами формирования водных ресурсов. Более благоприятны эти факторы в Приполярном районе, в то время как в Заполярном средний многолетний модуль общего стока и средний годовой модуль подземного в 2 и более раз меньше. Различна и структура подземного стока. В Заполярном районе основную роль в питании рек играют воды сезонно-талого слоя; в

Приполярном – дополнительно участвуют подземные воды таликов надмерзлотных и сквозных. Считая прогнозные эксплуатационные водные ресурсы равными 10% общего речного стока, установлено, что в Заполярном регионе ПЭР в естественных условиях можно реализовать за счет подземных вод только до конца сентября. Для устойчивого водоснабжения необходимо применять методы искусственного регулирования естественных водных ресурсов. В Приполярном регионе негативная ситуация с реализацией ПЭР складывается во второй половине зимней межени в долинах малых горных водотоков с водосборными площадями менее 0,5 тыс. км² и с начала октября в водотоках с водосборными площадями менее 0,1 тыс. км². Организация устойчивого экологически безопасного водоснабжения при водо-потребности 1000 л/с и более возможна повсеместно только с использованием способов искусственного регулирования стока.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Глов, В.Е. Особенности питания рек подземными водами на арктическом склоне Чукотки: теоретические и практические аспекты / В.Е. Глов, Л.П. Глова // Вестник СВНЦ ДВО РАН. 2010. № 1. С. 89-98.
2. Глов, В.Е. Особенности применения метода магазинирования пресных подземных вод в бассейне р. Колыма / В.Е. Глов, Л.П. Глова // Известия Самарского научного центра РАН. 2012. Т. 14. № 1 (9). С. 2331-2335.
3. Глов, В.Е. Общие закономерности подземного питания рек на Северо-Востоке России / В.Е. Глов, Л.П. Глова // Известия Самарского научного центра РАН. 2013. Т. 17. № 6. С. 63-69.
4. Глов, В.Е. Гидрогеология зоны активного водообмена на арктическом побережье Севера Дальнего Востока / В.Е. Глов, Л.П. Глова // Вестник СВНЦ ДВО РАН. 2015. № 1. С. 28-36.
5. Калабин, А.И. Вечная мерзлота и гидрогеология Северо-Востока СССР. – Магадан: ВНИИ-1, 1960. 470 с.
6. Клюкин, Н.К. Климат // Север Дальнего Востока. – М.: Наука, 1970. С. 101-132.
7. Кузнецов, А.С. Особенности формирования стока на реках Верхней Колымы / А.С. Кузнецов, Ш.С. Насыбуллин // Сб. работ Магаданской Гидрометеорологической обсерватории. – Магадан: КУТМС, 1970. С. 52-65.
8. Многолетние данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. Т.1. РСФСР. Вып. 17. Ч. 1 и Ч. 2. – Л.: Гидрометеиздат, 1985. 430 с.

PROSPECTS OF THE GROUNDWATER SUPPLY IN ARCTIC MOUNTAIN AREAS IN THE NORTH-EAST RUSSIA

© 2016 V.E. Glotov

North-East Interdisciplinary Scientific Research Institute named after N.A. Shilo FEB RAS,
Magadan

The features of water resources formation conditions of the two areas of the Arctic zone of North-East of Russia - Overpolar and Underpolar, the boundary between which passes along the Main Watershed of the Earth. More favorable conditions there are in the Underpolar region. In the Overpolar region a major role in feeding the rivers play underground water of seasonally thawed layer; in the Underpolar also involved and groundwater taliks (supra-permafrost and through) and sub-permafrost. The forecasted operational resources of groundwater has been to take equal to 10% of the total runoff. It was established that in the Overpolar region, those resources in natural conditions can be realized by underground water to the end of September. In Underpolar region the negative situation with their realization develops in the second half of the winter low level water in the valleys of mountain streams from the catchment area of 0,5-5 thousand. km², and in the valleys of the streams from the catchment area of less than 0,5 thousand. km² since the beginning of October. It is shown that for a sustainable water supply is necessary to apply the methods of artificially-regulation of natural groundwater resources.

Key words: North-East of Russia, Arctic zone, fresh groundwater resources, winter low water, the artificial replenishment

Vladimir Glotov, Doctor of Geology and Mineralogy, Main Research Fellow at the Laboratory of Regional Geology and Geophysics. E-mail: geocol@neisri.ru