

УДК 556.3.01(571.65)

ОСОБЕННОСТИ ПИТАНИЯ РЕК ПОДЗЕМНЫМИ ВОДАМИ НА АРКТИЧЕСКОМ СКЛОНЕ ЧУКОТКИ: ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И ПРАКТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ

В. Е. Глотов, Л. П. Глотова

*Северо-Восточный комплексный научно-исследовательский институт ДВО РАН, г. Магадан
E-mail: geoecol@neisri.ru, glotova@neisri.ru*

Количественно оценены основные гидрогеологические параметры – модуль и объем стока подземных вод зоны активного водообмена на площади бассейнов арктических морей Чукотки. Сплошное распространение многолетнемерзлых пород предопределило участие в этих зонах вод сезонно-талого слоя, надмерзлотных и сквозных таликов. Средний годовой объем подземного стока достигает 52% от общего речного при минимальном значении 7%. Основная масса стока формируется водами сезонно-талого слоя. Крайне мала доля вод сквозных таликов и подмерзлотных. Впервые установлено, что при прочих равных условиях наиболее водообильны породы зон активного водообмена в пределах развития кратонов, а наименее обильны в пределах террейнов – фрагментов зон субдукции океанической коры, островных дуг. Соответственно модуль подземного стока в сентябре в Омудевском геолого-гидрогеологическом районе составил в среднем $11 \text{ л/с} \times \text{км}^2$, а в Анюйском – $7 \text{ л/с} \times \text{км}^2$. В зимнюю межень повсеместно значение показателей стока падает до ничтожных величин. На площади Омудевского района, наиболее перспективного на пресные подземные воды, модуль прогнозных ресурсов с июля по сентябрь достигает $1037 \text{ м}^3/\text{сут} \times \text{км}^2$, что более чем в 20 раз превышает средний показатель по России в целом. К концу зимней межени он сокращается до $1,03 \text{ м}^3/\text{сут} \times \text{км}^2$, а в Северо-Чукотском районе – до 0,08. Сделан вывод о перспективности применения методов искусственного пополнения запасов пресных подземных вод и необходимости дальнейших региональных гидрогеологических исследований.

Ключевые слова: Северо-Восток РФ, Чукотка, подземные воды, зона активного водообмена, подземный сток, ресурсы подземных вод.

ВВЕДЕНИЕ

На арктическом склоне Чукотки, в области сплошной криолитозоны, находятся водосборы рек, впадающих в Восточно-Сибирское и Чукотское моря (рис. 1), с суммарной площадью около 430 тыс. км².

Цель статьи – выявить закономерности питания рек подземными водами, обратив особое внимание на осенне-зимнюю межень. Научная актуальность работы в том, что полученные результаты увеличат наши знания о природных водах одного из наименее освоенных уголков северо-восточного окончания Евразийского континента. В практическом отношении ее актуальность связана с использованием новых знаний для разработки способов рационального и комплексного использования подземных вод, решения задач охраны природной среды.

Методы и объект исследований включали изучение и анализ опубликованных материалов наблюдений за расходами водотоков на постах

Колымского управления гидрометеослужбы (КУГМС), рукописных отчетов гидрогеологических отрядов и партий, изучавших подземные воды в долинах чукотских рек на арктическом склоне. Для выделения объемов подземного стока в реки использовали метод генетического расчленения гидрографов стока (Глотов, 2005), дополнительно применяя некоторые допущения, связанные с особенностями природных условий изучаемой территории. В качестве репрезентативного примера на рис. 2 показан гидрограф речного стока р. Олой (пост Уточан) за 1988 г. В этот год средний расход воды в реке составил $101 \text{ м}^3/\text{с}$, что близко к среднему многолетнему за 1975–1988 гг., который равен $113 \text{ м}^3/\text{с}$.

Исходя из особенностей формирования надмерзлотных вод, мы приняли, что в многолетнем плане средний расход воды в реках в сентябре обеспечивается в основном водами сезонно-талого слоя (СТС) и таликов речных долин. Этот расход мы считаем равным среднему минимальному объему питания рек подземными водами в июле и августе. После сработки запасов воды в

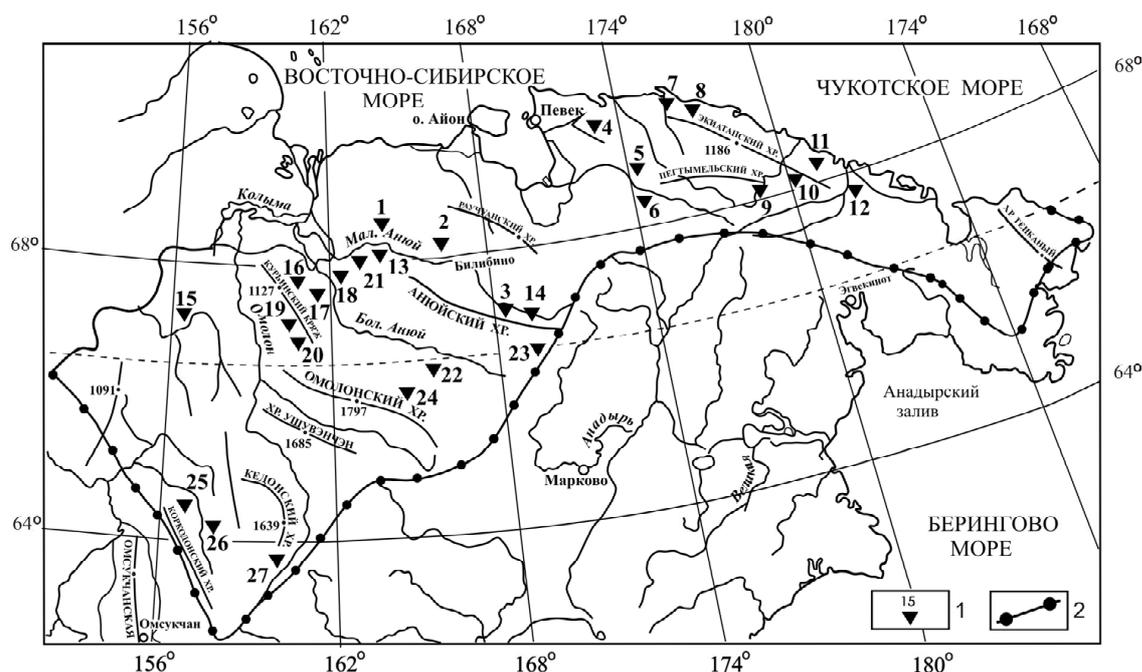


Рис. 1. Расположение арктического склона Чукотки: 1 – граница района исследований; 2 – гидрологические посты и их номера в табл. 1

Fig. 1. The Arctic Slope in Chukotka: 1 – the study area; 2 – hydrologic stations and their numbers in Table 1

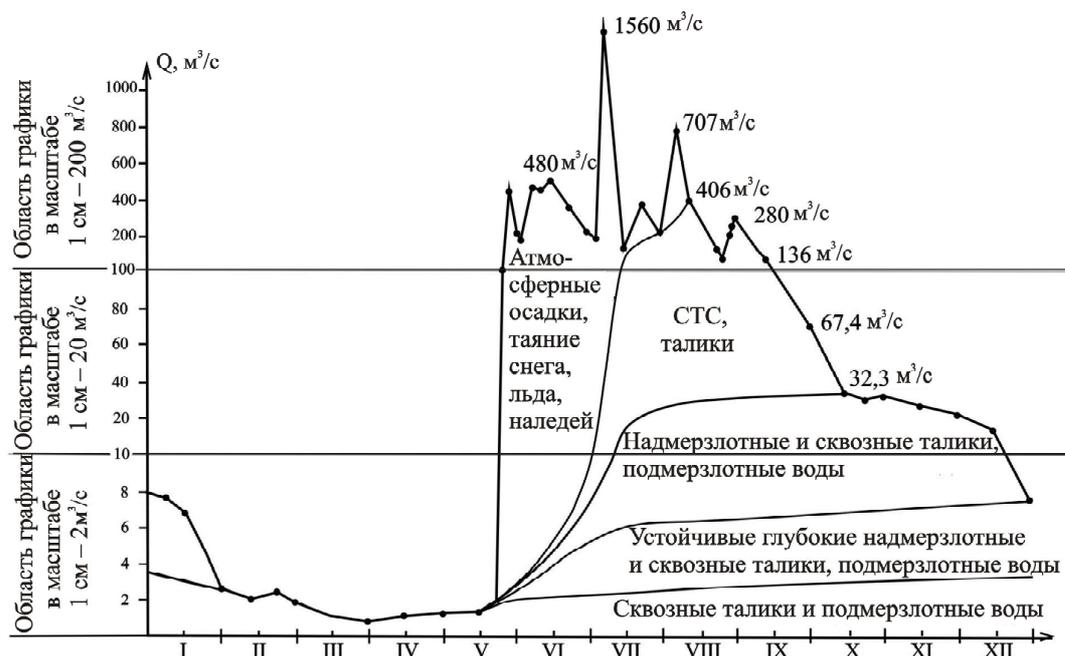


Рис. 2. Гидрограф стока р. Олой (пост Уточан) за 1988 г.

Fig. 2. The Oloi R. runoff hydrograph (Utochan Station), 1988

СТС в октябре расход в основном будет обеспечиваться водными запасами в надмерзлотных таликах и СТС в руслах водотоков 1–2-го порядка (по Р. Хоргону). В декабре реки питаются за счет водоносных устойчивых и сквозных таликов, а в апреле – только сквозных с возможным участием подмерзлотных.

Количество воды, расходуемой на образование наледей, мы относим к невозполнимым потерям

подземного стока в конкретный гидрологический год, поскольку они будут пополнять общий речной сток только в летнее время следующего года. Такой же расходной статьей водного баланса можно считать воду, законсервированную в сезонном ледовом покрове на реках. Однако в теоретических исследованиях (например, при изучении водоносности гидрогеологических структур) наледный сток нужно учитывать.

Следует обратить внимание на то, что из-за малой заозеренности горных районов криолитозоны, где озера занимают общую площадь менее 0,1% от площади этих районов, мы не выделяем объем воды, поступающей в реки из горных и пойменных озер, включая его в подземный сток. Данный источник вычленил в самостоятельную составляющую пока нельзя, но мы имеем его в виду, объясняя особенности питания рек в тех случаях, когда роль озера регулирования стока очевидна. На низменностях заозеренность достигает 30–40%, но озера преимущественно термокарстовые, питаются водами СТС тундровых пространств и в первой половине холодного периода года перемерзают, т. е. не оказывают существенного влияния на объем подземного стока в зимнюю межень.

Исходя из изложенных методических представлений, мы рассчитали ряд показателей подземного стока, которые относятся к числу характерных. Это среднемесячные модули стока (л/с×км²) и суточные расходы воды (тыс. м³/сут) в переломные месяцы года: за сентябрь, отражающие водоносность СТС; за декабрь, характеризующие наименьшие притоки воды из устойчивых надмерзлотных таликов неглубокого залегания (3–4 м); за апрель – последний календарный месяц зимней межени, водный сток которого связан с разгрузкой сквозных и глубоких надмерзлотных таликов и возможным притоком подмерз-

лотных вод. Показателями подземного водного стока также являются: объем его за год (млн м³), доля этого объема в общем речном стоке по замыкающему створу и объемы стока в теплый и холодный периоды года.

Основными факторами формирования подземных вод, участвующих в питании рек в обстановке сплошного распространения многолетнемерзлых пород (ММП) мощностью больше глубины развития гипергенной трещиноватости, остаются геологическое строение, рельеф и климат изучаемой территории.

Особенности геологического строения обуславливают структурно-гидрогеологическую специализацию территорий, слагающих водосборные площади рек изучаемого региона. Учитывая геодинамическую ситуацию этих территорий, мы выделили следующие геолого-гидрогеологические районы (ГГР): Омолонский, Аноуйский, Северо-Чукотский (рис. 3).

Омолонский геолого-гидрогеологический район соответствует одноименному кратонному рельефу (Горячев, Бялобжеский, 2006).

Постаккреционный комплекс образуют ранне- и позднемиоценовые вулканогенные породы Охотско-Чукотского вулканогенного пояса (ОЧВП), представленные лавами и туфами основного и кислого состава.

Наложённые впадины в пределах кратона выполнены терригенными и вулканомиктовыми по-

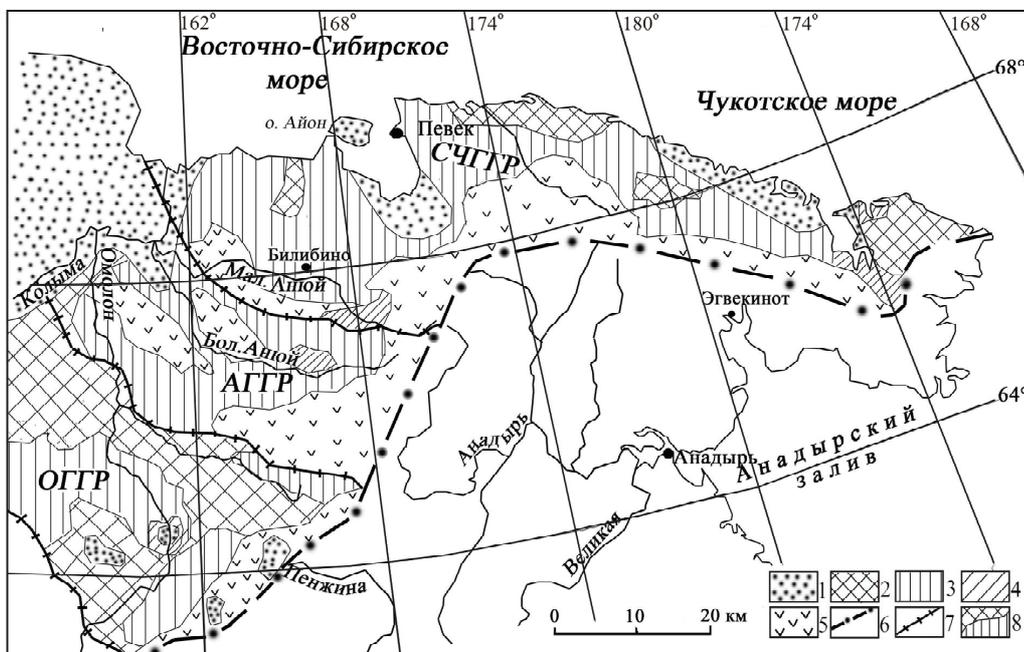


Рис. 3. Расположение геолого-гидрогеологических районов арктического склона Чукотки: 1 – артезианские бассейны; 2 – гидрогеологические массивы; 3 – адмассивы; 4 – адартезианские бассейны; 5 – вулканогенные супербассейны; 6 – Главный водораздел Земли; 7 – границы ГГР, в том числе: ОГГР – Омолонский, АГГР – Аноуйский, СЧГГР – Северо-Чукотский; 8 – границы гидрогеологических структур

Fig. 3. Schematized distribution of geologic-hydrogeologic areas over the Arctic Slope in Chukotka: 1 – artesian basins; 2 – hydrogeologic massifs; 3 – admassifs; 4 – adartesian basins; 5 – volcanism-related superbassins; 6 – the Main Divide; 7 – geologic-hydrogeologic area limits: ОГГР – Omolon, АГГР – Anuy, СЧГГР – Severo-Chukotsky; 8 – hydrogeologic structure limits

родами, угленосным верхнеюрско-нижнемеловым комплексом. Катагенетическая преобразованность пород превышает градации средних степней мезокатагенеза, на отдельных участках достигая апокатагенеза. Характерны протяженные зоны разломов, с которыми связаны речные долины Омолона, Олоя, Олойчана и других рек. Интрузивные образования представлены мелкими телами кислого и основного состава.

В гидрогеологическом отношении район является системой преимущественно гидрогеологических массивов, в том числе вулканогенных, с трещинно-жильными водами в зонах тектонических нарушений и адмассивов с трещинно-жильными и, возможно, пластово-трещинными водами. В эту систему входят адартезианские и артезианские бассейны с кайнозойским осадочным чехлом, развитые в основном в верховьях рек и на приводораздельных пространствах. Значимость их для питания подземных вод всего района показана ранее (Глотов, 2006).

Ануйский геолого-гидрогеологический район представлен группой террейнов, в том числе Нутесынским, Южно-Ануйским, Яракваамским, Хетачанским, Олойским, Березовским. На юге и юго-востоке района они перекрыты верхнемеловыми вулканитами ОЧВП (Бялобжеский и др., 2006).

В гидрогеологическом отношении Ануйский район представляет собой систему преимущественно адмассивов, наложенных вулканогенных гидрогеологических массивов с преобладающим развитием трещинно-жильных подмерзлотных вод.

Северо-Чукотский геолого-гидрогеологический район с геологических позиций представлен Чукотским террейном – фрагментом позднелазовской – раннемезозойской пассивной окраины (Бялобжеский и др., 2006).

С позиций структурной гидрогеологии на базе Чукотского террейна и перекрывающих комплексов ОЧВП сформировалась система адмассивов с трещинно-жильными и пластово-трещинными водами, гидрогеологических массивов, в том числе вулканогенных, адартезианских бассейнов с осадочным чехлом мезозойского возраста и артезианских бассейнов с мезо-кайнозойским или кайнозойским осадочным чехлом. Эти бассейны относятся к субмаринным.

Рельеф арктического склона Чукотки преимущественно гористый, по С. Ф. Бискэ (1975), отражает характер геологического строения территории. По геологическим признакам выделены Колымо-Чукотская горная область на мезозойском складчатом основании, древних массивах и поднятиях и Охотско-Чукотская – на покровах ОЧВП с наибольшими абсолютными отметками 1800 м.

Климат отличается суровостью. По Н. К. Клюкину (1970), на территории Северо-Чукотского ГГР господствует климат арктической тундры и лесотундры. В Ануйском и Омолонском ГГР –

климат хвойных лесов, тундры и лесотундры с очень морозными зимами. Длительность теплового периода года около 4 мес (вторая половина мая – первая половина сентября), на морском побережье или в горных районах – 3 мес (июнь – август). Среднегодовая температура воздуха от $-8,2$ (пос. Уэлен) до $-13,2^{\circ}\text{C}$ (пос. Омолон). Среднегодовое количество осадков – от 129 (пос. Певек) до 537 мм (пос. Иультин) (Чукотка..., 1995). При этом бассейн стока Чукотского моря отличается большим количеством осадков и более высокими среднегодовыми температурами, чем остальная часть арктического побережья, благодаря влиянию тепловлагонесущих циклонов из акватории Тихого океана.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

С учетом указанных природных характеристик представляется возможным выявить особенности питания рек арктического склона Чукотки подземными водами по геолого-гидрогеологическим районам, используя приведенные в табл. 1 показатели речного стока.

В Омолонском геолого-гидрогеологическом районе обращает на себя внимание повышенная обводненность СТС, которая, на примере руч. Туфовый, обеспечивает высокую долю подземного стока (0,44) от общего речного. Однако большая часть этого стока приходится на теплое время года. Участие вод сквозных таликов и подмерзлотных на площади гидрогеологических массивов в этом стоке мала, что отражается в отсутствии его во второй половине зимней межени в р. Омолон (пос. Лабазная) и почти 10-кратное уменьшение стока в р. Олой (модуль стока в апреле $0,06 \text{ л/с}\times\text{км}^2$) по сравнению с объемом стока в эту же реку вод надмерзлотных таликов в декабре ($0,59 \text{ л/с}\times\text{км}^2$). Данный факт мы объясняем высокой водопроницаемостью трещиноватых пород в зонах тектонических разломов, где сработка естественных водных запасов в зимнюю межень осуществляется быстро.

В Ануйском геолого-гидрогеологическом районе водообильность СТС, в сравнении с Омолонским, в целом уменьшается. Это сказывается и в том, что доля подземных вод в годовом речном стоке понижается в среднем до 0,37. Модуль стока ни на одной из изучаемых рек не превышает $10 \text{ л/с}\times\text{км}^2$. Закономерной связи этого показателя водообменных процессов с размерами водосборной площади нет. Например, руч. Короткий с водосбором 19 км^2 имеет модуль стока в сентябре, близкий к модулю стока достаточно крупной р. Березовка ($15\,460 \text{ км}^2$). В то же время модуль стока руч. Сохатиный (71 км^2) превышает модуль стока подземных вод в сентябре такой реки, как Большой Ануй ($49\,600 \text{ км}^2$). Эти факты указывают на то, что на значительных площадях водоносность отложений СТС не связана с осо-

Таблица 1. Показатели подземного стока в реки арктического склона Чукотки
Table 1. The subsurface runoff indices for rivers over the Arctic Slope in Chukotka

№ п/п № по рис. 1	Репрезентативные водотоки; площади водосбора по замыкающему створу (F, км ²); годы наблюдений	Модуль стока подземных вод по характерным месяцам, л/с·км ²				Среднесуточный подземный сток по характерным месяцам, тыс. м ³				Объем стока подземных вод			
		IX	XII	IV	IX	XII	IX	IV	IX	Средний за год, млн м ³	Доля в общем речном стоке	По периодам года (млн м ³ – над чертой) к годовому (% – под чертой) в теплый период в холодный период	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
Омолонский геолого-гидрогеологический район													
1 25	руч. Туфовый; F = 151; 1976–1988	10,13	Нет стока	Нет стока	132,2	Нет стока	Нет стока	12,6	0,44	12,4 98	0,2 2		
2 27	р. Омолон, пост. Лабазная; F = 3710; 1970–1988	16,68	0,96	То же	5348,2	То же	То же	626,4	0,52	528,3 85	98 15		
3 26	р. Коргодон; F = 7670; 1977	7,41	0,1	«	4911,2	«	«	506,4	0,32	454,1 90	52,3 10		
4 24	р. Олой; F = 15700; 1975–1988	11,08	0,59	0,06	15034	812,2	86,4	1782	0,43	1502 85	280 15		
Ануйский геолого-гидрогеологический район													
5 17	руч. Королкий; F = 19; 1977–1988	3,7	Нет стока	Нет стока	6,05	Нет стока	Нет стока	0,61	0,24	0,605 99	0,005 1		
6 21	руч. Сохатиный; F = 71; 1968–1980	9,85	То же	То же	60,5	То же	То же	6,3	0,4	6,3 99	0,03 1		
7 12	руч. Бамка; F = 480; 1963–1988	9,6	«	«	398,3	«	«	38,3	0,39	37,5 97	0,82 3		
8 10	р. Тополовка; F = 141; 1976–1988	4,04	«	«	44,93	«	«	4,267	0,21	4,16 97	0,11 3		
9 23	р. Нутесын; F = 1020; 1959–1980	5,65	0,051	«	498,5	4,5	«	49,46	0,27	47,56 96	1,9 4		
10 20	р. Пеймына; F = 1480; 1968–1988	8,17	0,0007	«	1045,4	86,4	«	73,17	0,32	71,54 97	1,63 3		
11 19	р. Олойчан; F = 4300; 1968–1988	9,65	0,07	0,0002	3585,6	26,78	0,9	341,9	0,45	331 96	10,8 4		
12 15	р. Березовка; F = 15460; 1965–1997	4,01	0,01	0,0025	5348	13	0,3	522	0,27	506 96	16 4		

Окончание табл. 1

		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
13	р. Бол. Анюй; F = 49 600; 1978–1999	7,35	0,13	0,042	31622	543,5	179,7	3330,5	0,36	3060	270,5	
18										91	9	
Северо-Чукотский геолого-гидрогеологический район												
14	руч. Кривой; F = 29; 1972–1988	2,96	Нет стока	Нет стока	7,4	Нет стока	Нет стока	0,684	0,1	0,684	Нет стока	
6								100		100		
15	руч. Медвежий; F = 21,8; 1959–1970	5,04	То же	То же	13	То же	То же	1,2	0,33	1,2	2,5	
2								99,8		99,8	2	
16	руч. Останцовый; F = 27,3; 1959–1980	3	«	«	7,1	«	«	0,614	0,18	0,614	Нет стока	
3								100		100		
17	р. Алярмагтыг; F = 420; 1952–1964	6,2	«	«	224,6	«	«	20,7	0,07	20,7	0,7	
8								97		97	3	
18	р. Пильхинкууль; F = 202; 1962–1967	5,64	«	«	97,5	«	«	9,02	0,13	9,02	0,4	
9								95		95	5	
19	р. Пыржакай; F = 103; 1942–1957	3,49	«	«	30,2	«	«	3	0,1	3	0,02	
4								99		99	1	
20	р. Рывем; F = 1010; 1967–1985	3,5	«	«	305,9	«	«	28,8	0,12	28,8	0,74	
7								98		98	2	
21	р. Малый Анюй, пос. Илрней; F = 8060; 1958–1960	7,07	0,022	«	5002,6	15,6	«	325,2	0,18	325,2	41,2	
14								89		89	1,1	
22	р. Паляваам; F = 6810; 1971–1980	8,3	0,0065	«	4873	552,1	«	448,2	0,35	448,2	36	
5								93		93	7	
23	р. Погынден; F = 120 000; 1960–1980	3	0,0045	«	3914	270,4	«	375,9	0,13	375,9	17,7	
1								95		95	5	
24	р. Амгуэма, пост 174-й км; F = 26 700; 1944–1980	10,6	0,12	0,00004	24451,2	278,2	0,086	2250	0,29	2250	215,8	
12								91,2		91,2	8,8	
25	р. Малый Анюй, пос. Островное; F = 30 000; 1960–1980	6,7	0,05	0,004	17280	4687	285,1	1660,7	0,31	1660,7	79,6	
13								96		96	4	
26	р. Иуликанья; F = 55,4; 1950–1968	11,6	Нет стока	Нет стока	55,3	Нет стока	Нет стока	5,1	0,18	5,1	0,2	
11								96		96	4	
27	руч. Теплый; F = 36,4; 1944–1968	19,2	0,35	0,055	60,5	39,4	5,2	6,17	0,23	6,17	0,5	
16								92		92	8	

бенностями рельефа, определяясь долей пелитовых частиц в составе отложений СТС, образовавшихся при выветривании скальных пород. В том случае, когда эти породы слагают террейны геодинамически активных окраин (зоны субдукции, фрагменты океанической коры, островных дуг), доля тонких фракций в глубоководных рыхлых образованиях выше, чем на площадях, не претерпевших всестороннего сжатия, в том числе и постааккреционных вулканогенных массивов. В расчлененных горных сооружениях с крутыми склонами речных долин СТС дренируется в первые дни осенней или летне-осенней межени, с чем связано уменьшение модулей подземного стока в сентябре – до $6 \text{ л/с} \times \text{км}^2$ и менее. Обратим внимание на то, что в первой половине холодного периода года модуль стока уже в декабре падает до тысячных долей $\text{л/с} \times \text{км}^2$, что на порядок меньше аналогичного показателя в реках Омолонского района. По нашему мнению, это может быть связано со снижением емкостных и водоотдающих свойств рыхлых и трещиноватых пород в зонах разломов, вызываемым большим количеством глинистых частиц в составе цемента этих отложений в таликах речных долинах на площади рассматриваемого ГГР. Глинизация проявляется и в общем уменьшении подземного стока в большую часть рек Анойского района в зимнюю межень – до 3–4% относительно теплого сезона года, а в Омолонском районе объем стока в зимнюю межень обычно составляет 10–15% от объема подземного стока в этот же период.

В *Северо-Чукотском районе* бассейна стока Восточно-Сибирского моря интенсивность подземного стока сокращается по сравнению с Анойским в 1,5–2 раза. В годовом объеме речного стока общая доля подземных вод в среднем равна 0,18. Как видно из табл. 1, модуль подземного стока в сентябре, обеспечиваемого водами СТС, наиболее часто изменяется в пределах 3–5 $\text{л/с} \times \text{км}^2$, что связано с сокращением глубины сезонного оттаивания до 1–1,5 м и меньшим временем существования слоя (июль – сентябрь). В долинах рек с площадью водосбора около 1 тыс. км^2 и меньше водные потоки сокращаются до ничтожно малых величин уже в октябре–ноябре.

Гидрогеологические работы, проведенные в данном районе, выявили достаточно неожиданный факт – существование локализованных сквозных таликов в верховьях многих горных рек при выклинивании их до надмерзлотных вниз по течению. Известны, например, замкнутые сквозные талики под руслами малых рек и руч. Двойной, Кэпэрвеем, Кувет, Пегтымель, Млелуевеем и др. По данным О. К. Бутомо и Г. С. Глазырина (1970 г.), О. К. Бутомо (1988 г.), Д. В. Ефимовой и Н. И. Васильева (1979 г.), Т. Ю. Щитниковой (1979 г.), Г. Ю. Фейгина (1972 г.) и других исследователей, в сложении таких таликов обычно принимают участие аллювиальные галечники мощностью до 10 м,

водопроницаемостью 400–500 $\text{м}^2/\text{сут}$. Глубже залегают трещиноватые осадочные, вулканогенно-осадочные или магматические породы разного возраста. Их водопроницаемость 100–150 $\text{м}^2/\text{сут}$. В тектоническом отношении они приурочены к зонам активных современных разломов. В межразломных блоках водопроницаемость пород падает до десятых и сотых долей $\text{м}^2/\text{сут}$. Уровни подземных вод в сквозных таликах в период открытого русла соответствуют уровню воды в водотоках. С наступлением зимней межени и прекращением поверхностного стока уровень падает до глубины 8–12 м от поверхности дна водотока. Эти данные указывают на то, что сквозные талики являются водопоглощающими. Такой талик был установлен в долине р. Вывыткар в 1982 г. М. К. Шумихиной в горной части водосбора при отсутствии в устье даже подруслового надмерзлотного. В сквозном талике аллювиальные отложения залегают на трещиноватых песчаниках, алевролитах и глинистых сланцах нижнего триаса. До глубины 250 м породы талые, водоносные, воды безнапорные, минерализация их 0,2–0,8 г/дм^3 при гидркарбонатном натриевом и магниевом составе.

Водовыводящие сквозные талики в долинах рек с водосборной площадью до 200 тыс. км^2 , впадающих в Восточно-Сибирское море, достоверно не установлены.

Мы объясняем изложенные факты тем, что сплошное оттаивание в долинах рек пришлось на период последнего межледниковья. Во время позднеплейстоценовой криоаридизации климата возникшие горные ледники способствовали сохранению сквозных таликов от перемерзания. В нижних течениях рек подобных термоизоляторов не было, что и привело к вымерзанию талых отложений. При таянии ледников на большей части речных долин сквозные талики преобразовывались в надмерзлотные, чему способствовали длительные морозные зимы и короткие летние периоды. Только на участках с высокими фильтрационными свойствами пород при падении уровня подземных вод в зимнюю межень глубже сезонного промерзания могли сохраниться сквозные таликовые «окна» и «щели».

В бассейнах рек, впадающих в Чукотское море, условия питания рек благоприятнее, чем в бассейне стока Восточно-Сибирского. Например, количество осадков в бассейне р. Амгуэма более чем в 2 раза превышает количество осадков на водосборных площадях рек бассейна стока Восточно-Сибирского моря. В связи с этим глубина сезонного оттаивания на склонах и в днищах речных долин достигает 2,5 м севернее Полярного круга. Этим обеспечиваются аномально высокие сентябрьские модули подземного стока, составляющие 19,2 $\text{л/с} \times \text{км}^2$ (руч. Теплый). На водосборной площади Чукотского моря выявлены сквозные водовыводящие талики, но существование их связано с приуроченностью к зонам разломов в пре-

делах гидрогеологических массивов, связанных с локальными метаморфическими куполами, а также с подтоком термальных вод с большой глубины. Именно этот фактор обеспечивает круглогодичное функционирование руч. Теплый ($36,4 \text{ км}^2$) с модулем подземного стока в апреле $0,06 \text{ л/с} \times \text{км}^2$, что несколько превышает апрельский модуль стока такой крупной реки, как Большой Анюй ($0,04 \text{ л/с} \times \text{км}^2$).

Естественные ресурсы пресных подземных вод. На основе изложенных представлений количественно определен подземный сток зоны активного водообмена (ЗАВ) на арктическом склоне Чукотки. При этом использовались рекомендации И. С. Зекцера и Р. Г. Джамалова (1989), что для условий, когда испарение с уровня грунтовых вод не превышает величины атмосферных осадков, среднемноголетние данные о подземном стоке могут служить мерой естественных ресурсов подземных вод для крупных территорий. В свою очередь, подземный сток в горных районах криолитозоны в целом, в том числе и на арктическом склоне Чукотки, формируется преимущественно под дренирующим воздействием гидрографической сети в условиях свободной связи подземных вод с атмосферой и поверхностными водами. Основной объем подземных вод, поступающих в реки, по сезонам меняется. Изменяется и структура питания подземных вод. В летнее время при оттаивании СТС воды этого слоя питаются инфильтрацией не только выпадающих дождей и талых вод от снежников и дождей, но и вод от таяния подземного льда, конденсации водяных паров воздуха в порах талых грунтов. Последняя в континентальных условиях Чукотки (бассейн р. Малый Анюй), по И. М. Папернову (1965), достигает 80 мм в каменистых осыпях.

В сентябре при снижении минимальной температуры воздуха до 0°C и радиационном балансе не выше $3 \text{ ккал/см}^2 \times \text{мес}$ (Клюкин, 1970) прекращается выпадение дождей, таяние снежников и подземных льдов, конденсация водяных. В общем плане можно полагать, что начиная с октября на питание рек расходуются естественные запасы воды преимущественно надмерзлотных таликов неглубокого залегания, достигая своего минимума в декабре. Во второй половине зимней межени расходуются естественные запасы надмерзлотных таликов глубокого залегания и сквозных. В соответствии с этим следует различать общие естественные ресурсы подземных вод, соответствующие объему подземного стока за год, а также выделять ресурсы в период открытого русла, которые определяются подземным питанием рек преимущественно в июле – сентябре, и в зимнюю межень или холодный период года (октябрь – апрель). Для сравнительных оценок целесообразно знать порядок ресурсов в декабре и апреле, поскольку они определяют обеспеченность региона пресной водой в холодное время года.

Попытки оценить водные ресурсы изучаемой территории препринимались и ранее (Зеленкевич, 1966; Гидрогеология..., 1972). Специалистами Гидроспецгеологии в 2008 г. рассчитан модуль прогнозных ресурсов подземных вод для хозяйственно-питьевого водоснабжения на территории Чукотского АО в объеме $0,6 \text{ м}^3/\text{сут} \times \text{км}^2$, или $0,007 \text{ л/с} \times \text{км}^2$. Заметим, что эта величина заведомо больше аналогичного показателя для арктического склона, поскольку природные условия тихоокеанского склона Чукотки более благоприятны для питания подземных вод. По данным указанных исследователей, подземный сток ЗАВ для территории Северо-Востока СССР обеспечивает модуль прогнозных ресурсов, равный $1,5 \text{ м}^3/\text{сут} \times \text{км}^2$ по В. А. Зеленкевичу, а по В. М. Пигузовой, с учетом объема воды, затраченной на образование наледей, для площади Омолонского района – $35,4 \text{ м}^3/\text{сут} \times \text{км}^2$, для Анюйского и Чукотского – $3,4 \text{ м}^3/\text{сут} \times \text{км}^2$. В обоих случаях водообеспеченность Чукотки, по данным более ранних исследователей, превышала современные оценки.

С позиций нашего подхода к выявлению активности водообмена в приповерхностных слоях литосферы в криолитозоне, показатели прогнозных ресурсов подземных вод, как параметры водообменного процесса, следует рассчитывать не в целом за год, а по указанным периодам года. Необходимые для расчета объема стока площади геолого-гидрогеологических районов мы определили по картам масштаба $1:1\,000\,000$, модули стока подземных вод для ГГР оценили с использованием метода экспертных оценок на основе данных табл. 1. Результаты расчетов естественных запасов подземных вод в холодный период года приведены в табл. 2.

Приняв величину модуля прогнозных ресурсов подземных вод в Чукотском АО в $0,6 \text{ м}^3/\text{сут} \times \text{км}^2$, указанную специалистами Гидроспецгеологии, за уровень для сравнения, заметим, что наши данные в среднем за год, в теплый и холодный периоды года превышают все предыдущие оценки. Однако к концу зимней межени этот показатель только в Омолонском ГГР превышает средний чукотский уровень. На остальной площади арктического склона сток становится ничтожно малым. В этих условиях для обеспечения устойчивого водоснабжения рационально применять методы искусственного пополнения запасов пресных подземных вод (Готов, Глотова, 2008).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Изучение и анализ материалов многолетних исследований позволили выявить ряд новых закономерностей в процессах питания рек подземными водами:

- 1) установлена связь водообильности отложений в зоне активного водообмена при сплошном распространении ММП с геодинамической историей террейнов, дренируемых конкретной рекой.

Таблица 2. Показатели естественных ресурсов подземных вод ЗАВ на арктическом склоне Чукотки
Table 2. Natural ground water reserves indices within active water exchange zone over the Arctic Slope in Chukotka

Геолого-гидрогеологический район, его площадь, тыс. км ²	Объем стока за расчетное время, млн м ³			Модуль прогнозных ресурсов, в расчетное время, м ³ /сут·км ²				
	многолетний средний за год	за период открытого русла, VII–IX	в зимнюю межень X–IV	годовой	в летний сезон, VII–IX	в холодный период	зимой	
							XII	IV
Омолонский, 150	18922	14308	4617	345,6	1037	112,7	20,7	1,03
Анюйский, 120	8704	6617	2087	198,7	604,8	63,7	3,45	0,25
Северо-Чукотский, 160								
В т. ч. бассейн моря:								
а) Восточно-Сибирского, 84	2330	2098	235	84,3	270,4	13,21	3,45	0,08
б) Чукотского, 76	4705	4425	280	170,4	635,4	17,46	9,5	0,02
Итого 430	34834	27448	7389	2121				

При прочих равных условиях наименее водоносны отложения, сформировавшиеся за счет выветривания пород, слагающих террейны активных континентальных окраин – зон палеосубдукций, фрагментов океанической коры, островных дуг и т. д. Наибольшая водообильность гидрогеологических структур и максимальные значения модулей подземного стока свойственны кратонам;

2) в климатических условиях арктического побережья, присущих Северо-Чукотскому району, геодинамическая история террейнов теряет свою значимость. Здесь большую гидрогеологическую роль играет палеогляциологическая защищенность сквозных таликов от перемерзания в период позднеплейстоценового оледенения и отсутствие этой защиты в настоящее время;

3) гидрогеологические, возможно, и геокриологические различия западной и восточной частей Северо-Чукотского геолого-гидрогеологического района обусловлены более благоприятными климатическими и неотектоническими условиями формирования подземных вод на водосборной площади Чукотского моря, чем Восточно-Сибирского;

4) выявленные особенности питания рек арктического побережья Чукотки подземными водами отчетливо показывают зависимость геоэкологической безопасности этой обширной площади Северо-Востока России от количественных, соответственно, и качественных параметров зоны активного водообмена, включающей водоносные отложения СТС, надмерзлотных и сквозных таликов, емкостные свойства которых контролируются не только экзогенными, но и эндогенными факторами. Именно по этой причине природные условия Чукотки, в том числе процессы формирования подземных вод, прежде всего на участках, перспективных для развития водопоглощающих сквозных таликов в горных районах, нуждаются в дальнейшем изучении и мониторинге.

ЛИТЕРАТУРА

Бискэ С. Ф. Палеоген и неоген Крайнего Северо-Востока СССР. – Новосибирск : Наука, 1975. – 265 с. – (Тр. Ин-та геологии и геофизики ; вып. 241).

Бялобжеский С. Г., Горячев Н. А., Шпикерман В. И. Олойско-Чукотский орогенный пояс // Геодинамика, магматизм и металлогения Востока России : в 2-х кн. / под ред. А. И. Ханчука. – Владивосток : Дальнаука, 2006. – Кн. 1. – С. 144–153.

Гидрогеология СССР. Т. 26. Северо-Восток СССР / ред. О. Н. Толстихин. – М. : Недра, 1972. – 297 с.

Глов В. Е. Гидрограф речного стока как инструмент геокриологического мониторинга на примере горных районов Северо-Востока РФ // Приоритетные направления в изучении криосферы Земли : тез. докл. междунар. конф. (г. Пущино, 25–28.05.2005 г.). – Пущино : ПНЦ РАН, 2005. – С. 30–31.

Глов В. Е. Гидрогеологические особенности приводородных осадочных бассейнов на Северо-Востоке России // Подземная гидросфера : материалы XVIII Всерос. совещ. по подземным водам Востока России. – Иркутск, 19–23.06.2006 г. – Иркутск : ИГТУ, 2006. – С. 162–165.

Глов В. Е., Глотова Л. П. Решение вопросов водоснабжения золотодобывающих предприятий в Арктике // Золото северного обрамления Пацифики / Междунар. горно-геол. форум : тез. докл. Всеколым. горно-геол. конф. (Магадан, 10–14.09.2008 г.). – Магадан : СВКНИИ ДВО РАН, 2008. – С. 141–143.

Горячев Н. А., Бялобжеский С. Г. Омолонский террейн // Геодинамика, магматизм и металлогения Востока России. – Владивосток : Дальнаука, 2006. – Кн. 1. – С. 111–114.

Зекцер И. С., Джамалов Р. Т. Подземные воды в водном балансе крупных регионов. – М. : Наука, 1989. – 125 с.

Зеленкевич А. А. Основные закономерности распространения и формирования подземных вод Крайнего Северо-Востока СССР : автореф. дис. ... канд. геол.-минер. наук. – М., 1966. – 23 с.

Клюкин Н. К. Климат // Север Дальнего Востока / отв. ред. Н. А. Шило. – М. : Наука, 1970. – С. 101–132.

Михайлов В. М. Пойменные талики Северо-Востока России : автореф. дис. ... д-ра географ. наук. – 2005. – 42 с.

Панернов И. М. Расчет и распределение осадков в бассейне Малого Анюя. – Л. : Гидрометеоздат, 1965. – 46 с.

GROUND WATER ALIMENTATION OF RIVERS OVER THE ARCTIC SLOPE IN CHUKOTKA: THE THEORETICAL AND PRACTICAL ASPECTS

V. E. Glotov, L. P. Glotova

The principal hydrogeologic characters as specific discharge and runoff values of ground waters are quantitatively assessed for the active water exchange zone over the arctic sea basins in Chukotka. Due to continuous permafrost there, waters from seasonal gelisol and non-frozen rocks above permafrost and within it participate in these water exchange processes there. The annual average subsurface runoff makes up 52% of the total river runoff value and has its minimum of 7%. The runoff mass is basically formed by waters of a seasonal gelisol, whereas the share of non-frozen rocks within and beneath permafrost is negligible. The new fact is that, within the active water exchange zones, the most water-abundant rocks occur within craton areas, whereas the least water-abundant rocks occur within terrane areas (fragmentary subduction zones of the oceanic crust and island arcs), any other conditions being equal. Thus, the average subsurface specific discharge in Omulyovka and Anuy geologic-hydrologic areas in September was 11 and 7 l/s \times km², correspondingly. In winter drought period, the runoff indices become negligible everywhere over the territory. In Omulyovka territory, which has the best fresh ground water prospects, the inferred specific discharge since July through September makes up 1037 m³/day \times km², that is more than 20 times greater than the average value over the territory of Russia. By the end of the winter drought period, it becomes as low as 1.03 m³/day \times km², and, in Severo-Chukotsky area, it is 0.08. The conclusion is made about expedient methods of ground water reserves replenishment and necessity to continue regional hydrogeologic studies.

Key words: northeastern Russia, Chukotka, ground waters, active water exchange zone, subsurface runoff, ground water reserves.