

УДК 556.3(571.65)

РЕСУРСЫ ПРЕСНЫХ ПОДЗЕМНЫХ ВОД НА СЕВЕРООХОТОМОРСКОМ ПОБЕРЕЖЬЕ

© 2016 Л.П. Глотова, В.Е. Готов

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

Статья поступила в редакцию 16.04.2016

Охарактеризована специфика формирования ресурсов пресных подземных вод на северном побережье Охотского моря. Значительную роль при этом играет расположение территории южнее Главного водораздела Земли. Распространения многолетнемерзлых пород здесь прерывистое и слабо прерывистое, поэтому основными элементами зоны активного водообмена являются: водоносный сезонно-талый слой, надмерзлотные и сквозные талики, а также подмерзлотная водоносная зона гипергенной трещиноватости. В связи с этим на изученной территории модуль подземного стока достигает наибольших значений на Северо-Востоке России. Общая величина прогнозных эксплуатационных ресурсов подземных вод, принятая равной 10% минимального стока в зимнюю межень, оценена в 768 тыс. м³/сут.

Ключевые слова: Северо-Восток России, североохотоморское побережье, подземные воды, водоснабжение

К североохотоморскому побережью мы относим часть территории Северо-Востока России, ограниченную с севера Главным водоразделом Земли (ГВЗ), а с юга – береговой линией северного сегмента Охотского моря. Она протягивается полосой шириной 100-150 км на расстояние почти 1500 км от устья р. Урак на западе до устья р. Пенжина на северо-востоке (рис. 1). Данная территория наиболее промышленно освоена, здесь сосредоточено около 80% населения всей северо-восточной окраины России. Перспективы увеличения численности населения и роста промышленного потенциала весьма велики [2], прежде всего, за счет использования рудных месторождений. Последние чаще всего расположены в долинах и на склонах малых горных водотоков 1-3-го порядков (по Р. Хортону). Это позволяет планировать резкое возрастание потребности в пресных питьевых водах для гражданского и промышленного водоснабжения. Обычно для этих целей используются речные или гидродинамически связанные с ними подземные воды зоны активного водообмена. Вместе с тем известно, что в зимнюю межень около 7 мес. в году общие ресурсы пресных вод определяются разгрузкой подземных. Поэтому изучение особенностей формирования ресурсов пресных подземных вод зоны активного водообмена является актуальным в научном и практическом отношении.

Цель работы: выявить особенности формирования и распространения ресурсов пресных подземных вод на северном побережье Охотского моря, оценить вклад подземных вод в общий речной сток.

Для достижения цели исследования использованы материалы, полученные автором, а также опубликованные результаты наблюдений на гидрометрических постах Колымского управления Гидрометеослужбы СССР и РФ (КУТМС) [7], гидрогеологических отрядов и партий бывшего Северо-Восточного территориального геологического управления (СВТГУ).

Методы исследования традиционные для обобщающих работ: анализ и синтез накопленных материалов, сравнительные оценки, генетическое расчленение гидрографов стока для выявления подземной составляющей общего стока рек.

Глотова Людмила Петровна, старший научный сотрудник лаборатории региональной геологии и геофизики. E-mail: glotova@neisri.ru

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

Процессы формирования подземных вод на североохотоморском побережье связаны с географическими, геологическими, гидрогеологическими и геокриологическими условиями. Специфика *географических условий* проявляется в том, что территория Северного Приохотья является преимущественно гористой. Поэтому все реки относятся к типу горных, даже в тех случаях, когда долины их заложены в межгорных впадинах. Заозеренность территории не превышает 0,1%. При этом наиболее крупные озера - Глухое, Солёное находятся вблизи побережья и являются отшнурованными лагунами.

Особенности *климатических условий* создаются субмеридиональными циклонами и переносом тепла тихоокеанским (западно-камчатским) течением. По этой причине на охотоморском побережье повсеместно более теплая температура и больше осадков, чем в бассейне р. Колымы даже на одних и тех же широтах. Самая низкая среднегодовая температура воздуха на морском побережье зафиксирована в п. Талон в 33 км севернее устья р. Тауй (-7,2°C). Наиболее высокая - на посту Тайгонос (-2,8°C). Основной источник тепла и осадков - тихоокеанские циклоны, траектории которых ортогональны по отношению к морскому побережью на участке от устья р. Охота на западе до устья р. Яма, имеющего координату, близкую к 60° с.ш. Величина осадков здесь больше 558 мм/год. Восточнее устья р. Яна основные географические объекты (Охотско-Колымский водораздел, залив Шелихова, Пенжинская и Гижигинская губа) меняют субширотное простирание на северо-восточное. Это приводит к уменьшению выпадения осадков на побережье залива Шелихова до 453 и меньше мм/год при общем циклоническом увеличении температуры воздуха, которое накладывается на тепловое воздействие океанического течения.

Геологическое строение характеризуемого района определяется тем, что большая часть его площади занята эффузивными покровами Охотско-Чукотского вулканогенного пояса (ОЧВП). В состав ОЧВП включены массивы гранитов и гранодиоритов. Терригенные и туфогенные образования позднепермского, триасового и юрского возрастов слагают фрагменты Вилигинского и Кони-Тайгоносского террейнов. В соответствии с геологическим строением здесь развиты гидрогеологические массивы (ГМ), адмассивы (АМ), вулканогенные супербассейны (СБ) с трещинными водами зоны гипергенеза (зоны выветривания) и трещинно-жильными водами зон тектонической трещиноватости.

Горные склоны и их подножия покрыты сезонно-водоносными щебенчатыми, древесно- или глыбово-щебенчатыми образованиями разного происхождения, преимущественно делювиального и коллювиального. В

долинах рек и ручьев грунтовые воды залегают преимущественно в аллювиальных гравийно-галечниковых отложениях.

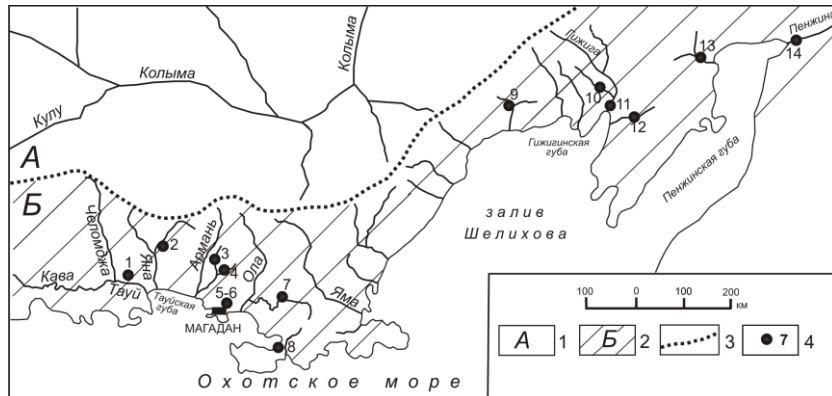


Рис. 1. Схематическая карта североохотоморского побережья (Северное Приохотье):

1 – водосборная площадь р. Колымы, 2 – водосборная площадь Северного Приохотья; 3 – Главный водораздел Земли (фрагмент); 4 – гидрологические посты, их номера в табл. 1

Геокриологические условия. По соотношению мощности толщи многолетнемерзлых пород (ТМП) и глубины развития гипергенной трещиноватости изученный район можно разделить на два подрайона – севернее широты 60° и южнее. Севернее широты 60° в горных районах побережья породы на водоразделах проморожены до значительных глубин. В днищах водотоков 2-го и большего порядков (по Р. Хорнтону) образовались сквозные талики. Водоносными являются аллювиальные гравийно-галечниковые отложения мощностью до 10 м и трещиноватые породы зоны гипергенеза. Глубина сезонного промерзания 4,5 м. Боковые границы сквозных таликов не субвертикальные, как, например, в колымских районах, а имеют уклон под водоразделы. В поперечном сечении такой талик представляет собой трапецию, нижнее основание которой в 3-5 раз больше верхнего (рис. 2а).

Южнее широты 60° в горных районах территории имеет также прерывистое распространение, но породы на водоразделах проморожены до глубины чаще всего не более 100 м, реже до 150 м. К нижним частям склонов мощность ТМП сокращается до 5-10 м.

Сквозные талики существуют под руслами всех водотоков. Они выявлены и на горных склонах южной экспозиции вне связи с водотоками. Такие талики приурочены к зонам тектонической трещиноватости [5]. По результатам бурения скважин, глубина развития гипергенной трещиноватости больше современной мощности ТМП на склонах гор и на приводораздельных участках. Это определяет повсеместную обводненность зоны гипергенеза (рис. 2б). Изучение закономерностей пространственного распространения ТМП на североохотоморском побережье позволяет сделать вывод, что в данном районе прерывистость и мощность ее контролируются климатическими условиями, прежде всего, величиной выпадающих атмосферных осадков, а также фильтрационными свойствами приповерхностных слоев и их мощностью. Если последняя превышает глубину сезонного промерзания, то мощность ТМП при прочих равных условиях сокращается, возникает сквозной талик. В свою очередь, параметры ТМП отражаются на количественных показателях участия подземного стока в питании рек.

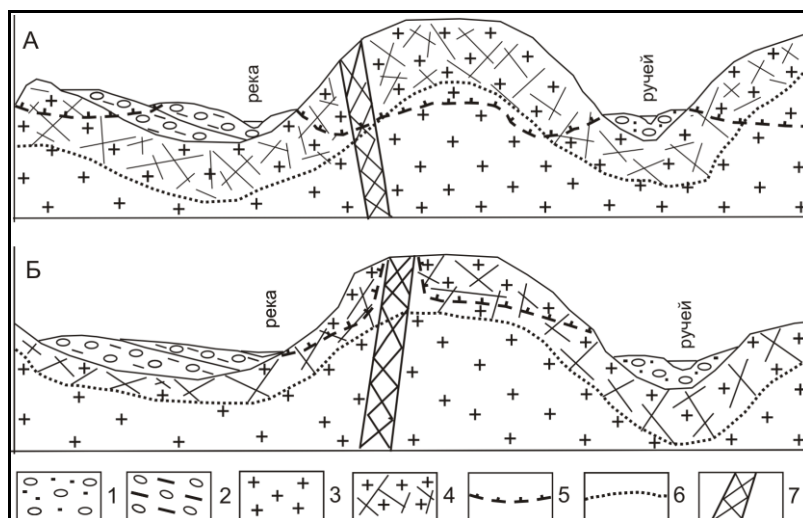


Рис. 2. Схематические геокриологические разрезы на площади североохотоморского побережья:

А – севернее 60° с.ш., Б – южнее 60° с.ш.: 1 – рыхлые преимущественно аллювиальные отложения четвертичного возраста; 2 – рыхлые кайнозойские отложения возраста; 3 – гидрогеологические массивы; 4 – то же в зоне гипергенеза; 5 – нижняя граница многолетнемерзлых пород; 6 – подошва зоны гипергенеза; 7 – зона разлома

Результаты исследований. Многолетнее изучение стока рек на Северо-Востоке России показало, что реки, дренирующие Северное Приохотье, отличаются повышенной водностью. Среднегодовые модули стока их повсеместно больше 10 л/с·км². Для сравнения, близкие по широтному положению реки бассейна Верхней Колымы имеют модуль стока меньше 10 л/с·км² (табл. 1). Характеристики подземного стока в реки, представленные в табл. 1, рассчитаны с использованием метода генетического расчленения годового гидрографа стока для года, отвечающего по средним многолетним характеристикам для водотоков с водосборной площадью более 10 тыс. км² (рис. 2).

По этим данным видно, что доля подземного питания рек составляет 25-27% общего, а с водосбором 380 тыс. м³ – 21%. Вместе с тем, в табл. 1 показано увеличение доли подземных вод до 77% общего стока по мере сокращения водосборной площади. Это отражает специфику питания рек в районах с прерывистой и островной криолитозоной [4].

Обсуждение результатов исследования. Для объяснения выявленных особенностей питания рек мы провели сравнительную оценку североохотоморского побережья с внутренними и арктическими районами Северо-Востока России, исходя и того, что общий (поверхностный и подземный) сток контролируется в основном климатическими условиями, прежде всего, температурой воздуха и количеством осадков. Как показано ранее [2, 3], ГВЗ разделяет Северо-Восток России на Циркумарктическую мерзлотно-геологическую область (ЦАО) и Циркумтихоокеанскую (ЦТО). В первой господствует континентальный климат с очень морозной зимой. Средняя годовая температура воздуха повсеместно ниже минус 10°С,

количество осадков от 300 до 140 мм на побережье Чанунской губы Восточно-Сибирского моря. Криогенный водоупор имеет сплошное распространение, достигая глубины 500-600 м на водоразделах и 200-250 м в межгорных впадинах. Сквозные талики очень редки. По этим причинам зона активного водообмена охватывает только сезонно-талый слой (СТС) и надмерзлотные талики. В долинах крупных рек активный водообмен осуществляется по таликовым окнам как водопоглощающим, так и водовыводящим и соединяющим подмерзлотные каналы трещиноватых пород. Надмерзлотные талики в поперечном разрезе имеют форму ванны, достигая наибольшей мощности под руслом реки. Соответственно, уменьшение водосборной площади приводит к сокращению объема водоносных отложений СТС и надмерзлотных таликов – основных элементов зоны активного водообмена. Поэтому подземное питание снижается до ничтожных значений в водотоках начальных порядков.

В ЦТО на североохотоморском побережье климат определяется влиянием тепловлагонесущих субмеридиональных циклонов, формирующихся в умеренных и низких широтах Тихого океана. Средняя годовая температура воздуха здесь выше минус 7,2°С, достигая на североохотоморском побережье минус 2,5°С, обычно минус 4-5,5°С. Среднегодовые осадки часто составляют более 500 мм. Характерны дожди в конце теплого периода года, поэтому промерзает СТС, насыщенный водой. Данный факт в сочетании с повышенной снегозаносимостью подножий речных долин способствует сокращению мощности криогенного водоупора и возрастанию ширины талика по всей поверхности днища речной долины.

Таблица 1. Сравнительные среднегодовые характеристики водотоков североохотоморского побережья и бассейна Верхней Колымы (по материалам КУТМС)

№ п/п	Водоток, замыкающий створ	Водосборная площадь, км ²	Среднегодовой модуль стока, л/с·км ² .		Среднегодовой слой стока (числ. - мм; знамен. -%)	
			общий	подземный	общий	подземный
Северное Приохотье						
1	р. Пенжина, с. Каменское	71 600	13,2	2,35	<u>232</u> 100	<u>49</u> 21
2	р. Гижига, 20 км выше устья	11 700	13,5	3,8	<u>418</u> 100	<u>120</u> 29
3	р. Дукча, устье	330	16,1	8,4	<u>507</u> 100	<u>280</u> 35
4	р. Каменушка, 4 км выше устья	58,8	16,3	12,5	<u>515</u> 100	<u>343</u> 66
5	руч. Спутник, устье	2,25	16,6	12,7	<u>523</u> 100	<u>400</u> 77
Верхняя Колыма						
1	р. Колыма, пост. Усть-Среднекан	99400	9,2	2,4	<u>232</u> 100	<u>49</u> 21
2	р. Кулу, пос. Кулу	10 300	9,2	2,4	<u>290</u> 100	<u>85</u> 29
3	руч. Контактный Нижний	21,2	8,6	0,9	<u>273</u> 100	<u>27,4</u> 10
4	руч. Северный, Лоток	0,43	6	0,1	<u>180</u> 100	<u>3</u> 1,6

В ЦТО на североохотоморском побережье климат определяется влиянием тепловлагонесущих субмеридиональных циклонов, формирующихся в умеренных и низких широтах Тихого океана. Средняя годовая температура воздуха здесь выше минус 7,2°С, достигая на североохотоморском побережье минус

2,5°С, обычно минус 4-5,5°С. Среднегодовые осадки часто составляют более 500 мм.

Характерны дожди в конце теплого периода года, поэтому промерзает СТС, насыщенный водой. Данный факт в сочетании с повышенной снегозаносимостью подножий речных долин способствует сокращению мощности криогенного водоупора и возрастанию

ширины талика по всей поверхности дна речной долины. По указанным причинам в долинах всех водотоков Северного Приохотья, вплоть до элементарных, талики приобретают форму полос. В зону активного водообмена входят подземные воды СТС, надмерзлотных и сквозных таликов, а также подмерзлотные зоны региональной трещиноватости на участках с мощностью криогенного водоупора меньше глубины распространения этой зоны. Примечателен и тот факт, что

сезонная водоносность СТС не принимается во внимание, хотя общая доля грунтового стока в речной превышает вклад подземных вод таликов. Как выяснено А.С. Кузнецовым и Ш.С. Насыбулиным, в бассейне р. Кулу на площади Колымской воднобалансовой станции (КВБС), при достижении глубины протаивания на склонах около 20 см поверхностный склоновый сток полностью трансформируется в грунтовой, даже при обильных и продолжительных дождях [6].

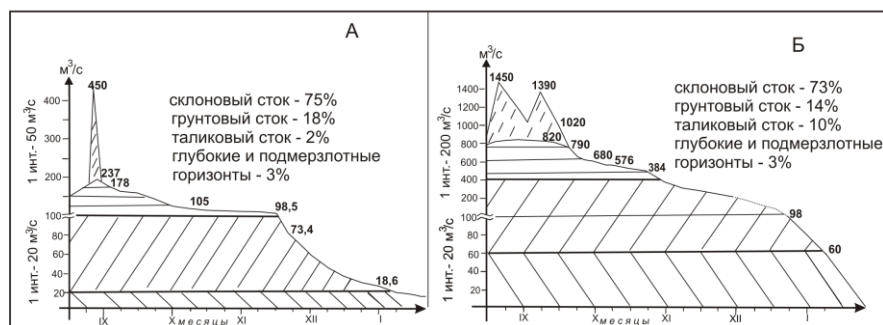


Рис. 3. Гидрографы стока рек Гижига (А) и Тауй (Б)

Таблица 2. Прогнозные минимальные эксплуатационные ресурсы подземных вод североохотоморского побережья

№ п/п	Водотоки, замыкающий створ; период наблюдений (годы)	Площадь водосбора, км²	Средние за 30 сут. миним. зимнего стока		Минимальные ПЭРПВ (10% миним. среднего за зимнюю межень)		Минимальные ПЭР ПВ, м³/сут.
			расход, м³/с	модуль стока, л/с·км²	расход, м³/с	модуль стока, л/с·км²	
<i>Участок побережья Тауйской губы</i>							
1	Тауй, пос. Талон; 1941-1981	25100	25,5	1,016	2,55	0,101	220 320
2	Лев. Яна (приток р. Яна), пос. Яма 1971-1987	1170	0,14	0,12	0,014	0,012	1210
3	Хасын, пос. Стекольный; 1941-1981	682	0,04	0,059	0,004	0,0059	345,6
4	Уптар, пос. Уптар; 1940-1980	265	0,32	1,208	0,032	0,121	2765
5	Магаданка, г. Магадан; 1938-1957	155	0,38	2,45	0,038	0,245	21168
6	Дукча, устье; 1961-1981	330	0,7	2,12	0,07	0,212	6048
7	Ланковая (бассейн р. Ола); 1979-1987	2020	2,75	1,36	0,275	0,136	13760
8	Омчуг, пос. Мелководный; 1945-1968	312	0,003	0,0096	0,003	0,00096	25,9
	Средние по рекам	30034	29,83	0,993	2,983	0,1	257 731
<i>Участок побережья залива Шелихова</i>							
9	Трог (бассейн р. Вилига); 1955-1956	37,5	0,074	1,25	0,0074	0,125	639
10	Туромча (бассейн р. Гижига); 1975-1979	188	0,37	1,97	0,037	0,197	3 197
11	Гижига, 20 км выше устья, 1951-1985	11 700	7,73	0,66	0,77	0,066	66 528
12	Авекова, 0,8 км выше устья р. Пылгин; 1950-1952	1730	0,68	0,393	0,07	0,039	5 875
13	Пылгин, 0,6 км ниже устья руч. Ры-бачий; 1949-1952	268	0,05	0,19	0,005	0,019	432
14	Пенжина, устье, с. Каменское; 1956-1980	71 600	15	0,21	1,5	0,021	130 000
	Средние по рекам	85 523	23,904	0,28	0,996	0,07	206 896
<i>Участок северо-западного побережья Охотского моря (вне схемы)</i>							
1	Охота, пос. Медвежья Головка; 1945-1946	18800	6,96	0,37	0,696	0,037	60 134
2	Уда, ГМС; 1960-1989	55380	28,1	0,507	2,81	0,0507	242 784
ИТОГО							767 545

В Примагаданье в бассейне р. Гижига на всех склонах протаивание достигает глубины 20 см к концу второй декады июня, а в бассейне р. Магаданка - в конце первой декады июня. Наши наблюдения в бассейнах рек Магаданка, Дукча, Каменушка показывают, что примерно до конца июля в речном стоке участвуют воды от таяния снежников и наледей, но в августе весь межпаводочный сток обеспечивается подземными водами, в том числе СТС и грунтовыми на участках таликов [1].

С учетом выявленных особенностей распространения и формирования подземных вод можно подсчитать не только общие запасы модулем подземного стока, но и определить их прогнозные эксплуатационные ресурсы (ПЭР). В целом они по общепринятой норме составляют 10% общего речного стока. Данный подход к оценке ПЭР пригоден для рек бассейна р. Колыма и рек, впадающих в арктические моря восточнее нижнего течения Колымы. Реки бассейна Охотского моря являются крупнейшими на планете местами воспроизводства стад лососевых рыб - горбуши, кеты, кижуча. По этой причине прогнозные эксплуатационные ресурсы подземных вод должны быть равными 10% не общего, а минимального стока за 30-суточный маловодный период зимней межени. С учетом указанных особенностей выполнен подсчет ПЭР подземных вод по участкам (таблица 2), которые могут быть изъяты без экологических угроз водным обитателям. На североохономорском побережье выделяются три таких участка: залива Шелихова, Тауйской губы и северо-западного сектора. В целом по всем трем участкам минимальные ПЭР не достигают 1 млн. м³/сут. Предполагаемый отбор экологически безопасен и не ставит под угрозу гибели все речные биологические объекты.

Выводы: гидрогеологическая специфика североохономорского побережья заключается в том, что организовать водоснабжение за счет пресных подземных вод здесь возможно и в верховьях рек, и в долинах малых горных водотоков. Это обусловлено особенностями формирования ресурсов подземных вод и возрастанием доли подземного питания рек по мере сокращения водосборной площади водотока. Выявленная закономерность обусловлена расположением побережья южнее ГВЗ, что благоприятствовало прерывистому распространению криогенного водоупора и сокращению его мощности до величины, меньшей глубины распространения региональной гипергенной

трещиноватости. Элементами структуры зоны активного водообмена на морском побережье являются: водоносный сезонно-талый слой, надмерзлотные и сквозные талики, подмерзлотная водоносная зона гипергенной трещиноватости. На большей части территории Северо-Востока России на арктическом склоне ГВЗ в состав зоны активного водообмена входят в основном водоносная зона сезонно-талого слоя и надмерзлотные талики.

Выявленная специфика формирования водных ресурсов была учтена для обоснованного экологически безопасного использования на всей площади региона. Мы принимаем во внимание, что все водотоки характеризующего района являются нерестилищами лососевых рыб мирового уровня. Поэтому в качестве безопасной для использования перспективных эксплуатационных ресурсов взяли не общепринятую норму 10% общего стока, а 10% минимального модуля стока в конце зимней межени, что гарантирует охрану подземных вод от истощения и загрязнения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. *Глотов, В.Е.* Районирование Северо-Востока России по степени участия подземных вод в формировании общего речного стока // Сб. Факторы формирования общего стока малых горных рек в Субарктике. - Магадан: СВКНИИ ДВО РАН, 2002, С. 182-201.
2. *Глотов, В.Е.* Мерзлотно-гидрогеологические области Северо-Востока Евразии // Подземные воды Сибири и Дальнего Востока: мат-лы XVII Всерос. совещ. по подземным водам Востока России. - Иркутск: ИрГТУ, 2003. С. 102-104.
3. *Глотов, В.Е.* Гидрогеология осадочных бассейнов Северо-Востока России. - Магадан: Кордис, 2009. 232 с.
4. *Глотов, В.Е.* Роль подземных вод в формировании стока рек бассейна Примагаданского шельфа / В.Е. Глотов, Л.П. Глотова // Криосфера Земли. 2012. Т. 16. № 3 (4). С. 57-66.
5. *Зуев, И.А.* Геокриологические, геотермические и сейсмические особенности Приохотской рифтовой зоны в районе Тауйской губы // Колыма. 1995, № 9-10, С. 8-15.
6. *Кузнецов, А.С.* Особенности формирования стока на реках Верхней Колымы / А.С. Кузнецов, Ш.С. Насыбулина // Сб. работ Магаданской гидрометеорологической обсерватории (МГМО). Магадан: МГМО, 1970. С. 52-65.
7. Многолетние данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. Т. 1. РСФСР. Вып. 17. Бассейны Колымы и рек Магаданской области. - Л.: Гидрометеоздат, 1985. 428 с.

THE FRESH GROUNDWATER RESOURCES OF THE OKHOTSK SEA NORTH COAST

© 2016 L.P. Glotova, V.E. Glotov

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

The specificity of formation of fresh groundwater resources on the north coast of the Sea of Okhotsk is characterized. A significant role is played by the location of the territory to the south of the Main Watershed of the Earth. There are discontinuous and little discontinuous permafrost, therefore the main elements of the active water exchange zone are aquifer of seasonal thawed layer, suprapermafrost and through taliks, as well as water-bearing zone of supergene subpermafrost fracture. In this regard, in the study area the groundwater runoff module reaches the highest values in the North-East of Russia. General-rank were predictive maintenance of groundwater resources, accepted equal to 10% of the minimum runoff in the winter time, is estimated at 768 thousand. m³/day.

Key words: North-East of Russia, northern coast of Okhotsk sea, ground water, water supply