УДК 556(571.56)

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ И ХОЗЯЙСТВЕННОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ МАГАДАНСКОЙ ОБЛАСТИ

© 2013 В.Е. Глотов, Л.П. Глотова

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

Поступила в редакцию 29.04.2013

В статье даны характеристики доминантных факторов формирования как поверхностных, так и подземных вод в Магаданской области, климата и особенностей распространения многолетнемерзлых пород. Впервые показано, что эти факторы проявляются по-разному в Циркумарктической и Циркумтихоокеанской областях стока, что определяет различия в количественных и качественных показателях ресурсов природных вод. Общие прогнозные эксплуатационные запасы 14,25 км^3/год, из них используется не более 0,1%. Среди подземных выявлены термальные и холодные бальнеологические воды. Возможно использование холодных бальнеологических вод для изготовления напитков, лечебных столовых вод. Впервые обращено внимание на пресные воды региона, как на перспективный товар для экспорта. Обозначен комплекс научных задач, связанных с хозяйственным использованием водных ресурсов.

Ключевые слова: *Магаданская область, криолитозона, водные ресурсы, речные воды, подземные воды, геоэкологические проблемы*

Магаданская область обладает комплексом природных условий, обеспечивающих водное изобилие Северо-Востока России, что дает возможность использовать пресные воды и для экспорта. Вместе с тем, для нашей территории характерны значимые сезонные колебания ресурсов природных вод, излишнее изъятие которых может привести к крайне негативным экологическим последствиям.

Цель работы: рассмотреть особенности формирования природных вод региона, наметить направления их хозяйственного использования, сделать прогноз возможной реакции гидросферы на освоение водных ресурсов.

Методы исследования: изучение и анализ ранее выполненных наблюдений, в проведении которых авторы принимали непосредственное участие, на гидрологических и гидрогеологических постах и станциях, при поисках и разведке месторождений пресных подземных вод.

Доминантные факторы формирования водных ресурсов. Магаданская область занимает юго-западный сектор Северо-Востока России, который разделен Главным водоразделом Земли (ГВЗ) на две области стока природных вод (рис. 1) – Циркумарктическую (ЦАО) и Циркумтихоокеанскую (ЦТО) [2].

Для каждой области характерны свои орогидрографические, климатические, мерзлотные и геологические обстановки формирования природных вод даже на одних и тех же географических широтах. Это связано с тем, что траектории тепло-влагонесущих циклонов, поступающих из акватории Тихого океана, полностью контролируются географическим положением главного водораздела Земли (ГВЗ). В ЦТО климат холодный, по термическим характеристикам отчетливо делится на морской и резко континентальный. Первый классически проявляется на побережье Охотского моря. По мере удаления от моря на 10-15 км и более он приобретает черты континентального. Среднегодовая температура воздуха повсеместно отрицательная – от -2,5 до -5,5°С. Среднегодовое количество осадков от 434 до 539 мм в год. В ЦАО климат повсеместно континентальный. Средняя годовая температура воздуха от -10 до -13,2°С. Среднегодовое количество осадков от 283 до 450 мм/год. Отрицательные среднегодовые температуры воздуха, установившиеся в регионе около 1 млн. лет назад, привели к повсеместному распространению многолетнемерзлых пород (ММП). В настоящее время ММП в пределах Циркумарктической области стока имеют слабо прерывистое

Глотов Владимир Егорович, доктор геолого-минералогических наук, заведующий лабораторией геологии нефти и газа и геоэкологии. E-mail: geoecol@neisri.ru

Глотова Людмила Петровна, старший научный сотрудник лаборатории геологии нефти и газа и геоэкологии. E-mail: glotova@neisri.ru

распространение. Мощность их в горных районах под водоразделами достигает 500 м, уменьшаясь к подножиям речных долин до нескольких десятков м. Уменьшение мощности ММП вплоть до образования сквозных таликов вблизи водоразделов происходит в зонах новейших тектонических разломов [8]. В ЦТО распространение ММП прерывистое и островное. Степень прерывистости возрастает от Охотско-Колымского водораздела к морскому побережью и от северо-востока (верховья рек Гижига и Парень) на юг (п-ова Хмитевского и Кони). В отдельных открытых в море межгорных впадинах, выполненных крупнообломочными материалами (Магаданская, Арманская, Ольская, Ямская), ММП приобретают островной характер, мощность ее 100-150 м.

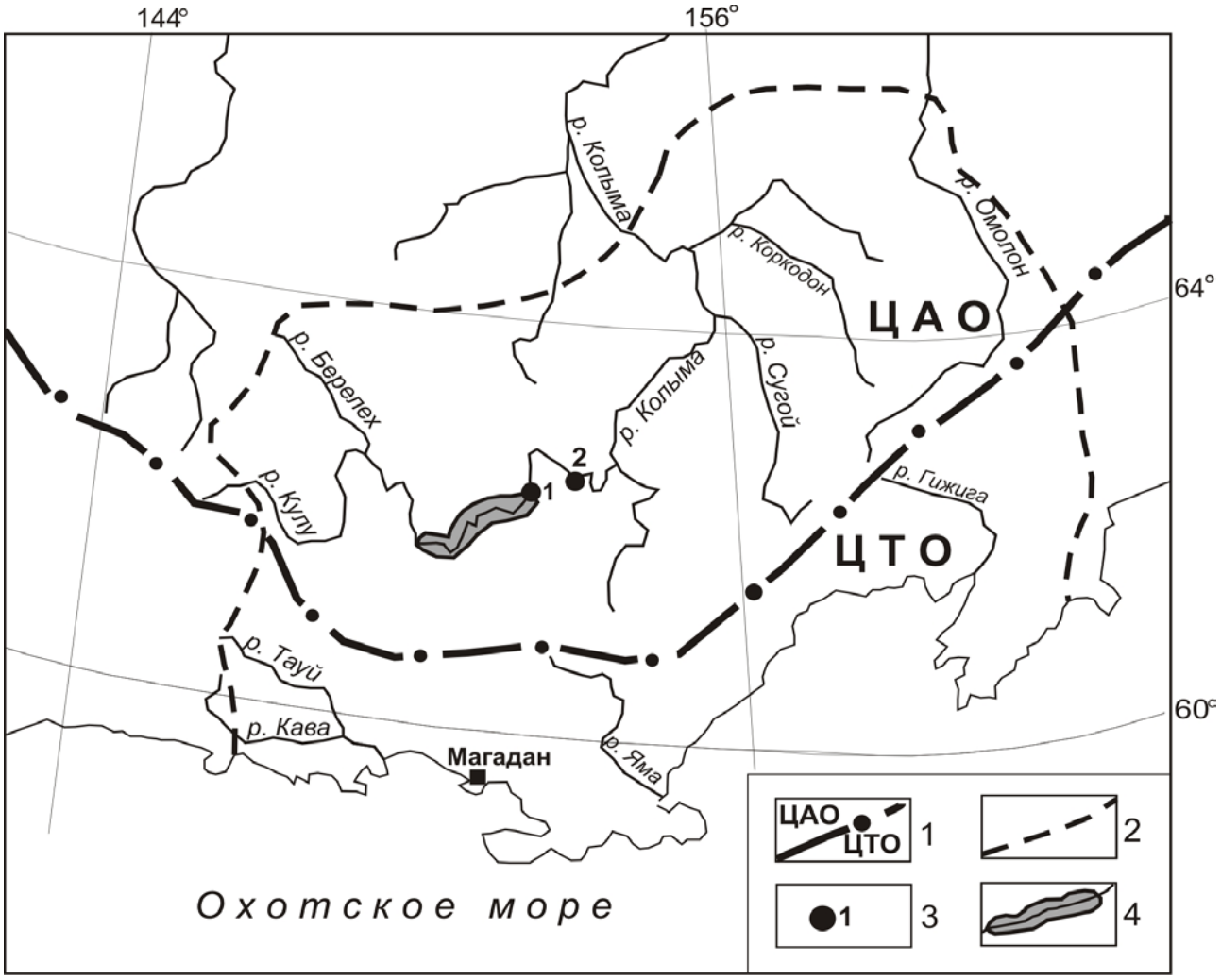

Рис. 1. Схема распределения стока природных вод Магаданской области:
1 – Главный водораздел Земли (ЦАО – Циркумарктическая, ЦТО – Циркумтихоокеанская области стока природных вод); 2 – границы Магаданской области; 3 – ГЭС, в том числе 1 – Колымская, 2 – Усть-Среднеканская; 4 – водохранилище Колымской ГЭС

С характером неотектонических движений, изменениями глобального климата связаны колебания уровня моря относительно суши. В четвертичное время уровень Охотского моря, как и Мирового океана, неоднократно понижался в ледниковые периоды на 125-150 м [11], в межледниковья происходили и его подъемы на 20-25 м относительно современного. В наши дни наблюдается повышение уровня моря. На побережье Тауйской губы Охотское море наступает со скоростью 0,5 см в год. Современные естественные изменения природных вод тормозятся (ослабляются) или усиливаются при инженерной деятельности людей, в том числе и при освоении водных ресурсов [3].

Ресурсы поверхностных вод, направления их использования. Ресурсы природных вод в Магаданской области из-за повсеместного распространения ММП в основном сосредоточены в поверхностных водотоках. Питаются реки водами выпадающих дождей, таяния снега и наледей. Объем питания подземными водами зависит

от величины водосборной площади каждого водотока, при этом в ЦАО зависимость имеет прямой характер, в ЦТО – обратный [2]. Общий объем стока рек Магаданской области на площади ЦАО составляет 81400 млн. м^3/год, средний модуль стока 7,16 л/с·км^2. Общегодовой объем стока рек в Охотское море (ЦТО) равен 74779 млн. м^3/год [9]. Столь значительная разница в ресурсах поверхностных вод двух частей Магаданской области связана с различиями в современном климате, который более влажный и теплый на площади влияния тихоокеанских циклонов, по сравнению с бассейнами стока рек, впадающих в арктические моря.

Речные воды мало минерализованы, ультрапресные; сумма растворенных солей менее 0,1 г/дм^3. Воды чаще всего гидрокарбонатные и сульфатно-гидрокарбонатные, вблизи морских побережий – хлоридно-гидрокарбонатные. Среди катионов преобладают натрий и кальций. Но даже в случае кальциевого состава вод воды остаются мягкими и очень мягкими из-за малого содержания растворенных солей кальция и магния. Воды слабокислые или нейтральные (pH от 6,2 до 6,8). Естественная мутность вод не выше 50 г/м^3, обычно 20 г/м^3. Поверхностные воды по своим свойствам воды пригодны для хозяйственно-питьевого водоснабжения, для питания котлов ТЭЦ и котельных, как охладитель, для осуществления ряда производственных процессов: извлечения золота из руд и россыпей, транспортировки отходов золотоизвлекательных фабрик. Используется также потенциальная энергия водных потоков. Электроэнергия, вырабатываемая на Колымской ГЭС, почти на 90% покрывает как промышленные, так и хозяйственные потребности области. Сооружается вторая очередь – Усть-Среднеканская ГЭС (см. рис 1).

На все нужды в 2000 г. из поверхностных объектов забрано 78,41 млн. м^3 свежей воды (менее 0,1% общего стока) [9]. Из общего объема потребляемых вод сбрасывается без очистки 11,21 млн. м^3, недостаточно очищенных – 27,64 млн. м^3. Остальные стоки нормативно очищенные и чистые. За прошедшие 10 лет существенных изменений в объемах потребления свежих и сброса загрязненных вод не произошло. Следует отметить, что в конце зимней межени в реках с круглогодичным стоком расход воды уменьшается в 40-50 и более раз по сравнению со среднегодовым. Реки с водосборной площадью менее 15 тыс. км^2 зимой не имеют поверхностного стока. Таким образом, можно обоснованно считать горные регионы криолитозоны сезонно дефицитными по водным ресурсам.

Из-за неравномерности годового стока и для лучшего использования потенциальных энергетических водных ресурсов сооружаются водохранилища. Наиболее крупное из них Колымское (14401 млн. м^3). Для питьевого и технического водоснабжения в окрестностях Магадана сооружено три водохранилища с полным объемом 26,8 млн. м^3. Кроме того, два водохранилища эксплуатируются в Сусуманском районе и одно (помимо Колымского) в Ягоднинском. В недалеком будущем наша область может стать поставщиком пресных вод на зарубежные рынки. С тем, чтобы избежать зимой осушения естественных убежищ речных обитателей, необходимо уже сейчас провести работы по обоснованию магазинирования пресных подземных вод, как источников питания поверхностных в зимнюю межень. Перспективно использование ультрапресных вод горных водотоков в качестве сырья для получения водорода на базе возобновляемой энергии ветра, морских приливов и отливов. По нашим расчетам, Магаданская область может ежегодно производить 45 млн. т водорода, энергетически эквивалентного 90 млн. т нефтепродуктов в год [6].

Геоэкологические проблемы, связанные с использованием поверхностных вод, возникают из-за преобразований их физических и химических характеристик и нарушения режима речного стока как при водоотборе, так и сбросе неочищенных жидких отходов, изменения геотермических параметров недр и др. Наиболее широкомасштабной и серьезной из этих проблем является трансформация химического состава воды, подвергшейся интенсивному техногенному воздействию. Эти изменения происходят за счет увеличения в воде содержания сульфат-иона от 4-6 до 10-12 мг/дм^3, кальций-иона – от 2-3 до 6-8 мг/дм^3, общего содержания растворенных солей – от 0,01-0,015 до 0,05 г/дм^3 в половодье и от 0,03-0,04 до 0,06-0,07 г/дм^3 в летнюю межень [4].

Рост концентрации ионов может происходить и за счет проявлений естественных факторов и связан с процессами вовлечения в окислительные реакции (с участием подземных вод сезонно-талого слоя) относительно слабо окисленных сульфидизированных глинистых сланцев мезозойского возраста или зон гидротермальной минерализации при увеличении глубины сезонного оттаивания в ходе текущих климатических преобразованиях и из-за неотектонических воздыманий. Водотоки, в долинах которых осуществляется техногенная деятельность (р. Берелех), естественные и антропогенные процессы совпадают по своим последствиям, что вызывает увеличение концентрации не только сульфат-иона, но и ионов кальция и магния. В ненарушенных условиях (руч. Контактовый) эти изменения мало заметны (таблица 1).

Таблица 1. Химический состав речных вод в районах неотектонических воздыманий (по данным КУГМС) за 20 лет

Дата отбора	Содержание основных компонентов, мг/л						Формула химического состава
	Ca^{2+}	Mg^{2+}	$Na^{+} + K^{+}$	HCO_3'	SO_4''	Cl'	
р. Берелех у пос. Переправа (площадь водосбора 4980 км²)							
летне-осенняя межень							
25.08.57 г.	6	1	4	19	10	2	$M0{,}04\frac{HCO_3 56 SO_4 36}{Ca53(Na+K)33Mg14}$
31.10.71 г.	11	34	6	23	24	6	$M0{,}07\frac{SO_4 48 HCO_3 37}{Ca52Mg27(Na+K)21}$
руч. Контактовый, створ «Средний» (площадь водосбора 14,2 км²)							
летне-осенняя межень							
07.10.64 г.	5	0	2	10	6	1	$M0{,}025\frac{HCO_3 68 SO_4 32}{Ca56(Na+K)36}$
27.10.82 г.	8	1	3	10	17	3	$M0{,}03\frac{SO_4 68 HCO_3 17 Cl15}{Ca48(Na+K)28Mg24}$

В реках, на водосборных площадях которых сульфидизированные горные породы распространены только на локальных участках, изменения химического состава проявляются очень незначительно (реки бассейна Охотского моря). Водохранилища и отработка россыпных месторождений золота влияют на характер накопления и фациальный состав русловых, пойменных и террасовых аллювиальных отложений, в меньшей степени делювиальных и аллювиальных.

Атмосферные изменения, вызываемые эксплуатацией ресурсов поверхностных вод, изучены слабо. Заметнее всего проявляется активизация ветровой деятельности в речных долинах за счет возрастания влажности воздуха и пони-жения его температуры над поверхностью водохранилищ в зимнее и увеличения в летнее время. Летом это влияние наиболее сильно проявляется ночью, когда температура воды в водохранилище на 10-15ºС выше, чем воздуха на прилегающих участках. Возникают потоки воздуха от верховий водотоков к водохранилищам. Скорость таких потоков в определенных условиях достигает 10-12 м/с. В зимнее время изменения воздушных потоков и влажности воздуха контролируется объемом водохранилищ. В наибольшей степени это проявляется у плотины Колымской ГЭС. От гидроузла вниз по течению за счет сброса воды формируется полынья длиной, в среднем, до 20 км, временами и больше. Из верхнего бьефа холодный зимний воздух стекает к полынье со скоростью, достигающей иногда 15 м/с, но поток этот быстро рассеивается, и на расстоянии около 4 км (в пос. Синегорье) влияние его почти незаметно. Следовательно, освоение ресурсов пресных поверхностных вод возможно по нескольким направлениям, но это приведет к геоэкологическим последствиям, как негативным для человека, так и возможным позитивным.

Ресурсы подземных вод, направление их использования. Гидрогеологические особенности Магаданской области описаны в ряде обобщающих работ [1] Анализ их позволяет заметить некоторые отличия в формировании подземных вод в ЦАО и ЦТО. Так, используя данные В.М. Пигузовой о естественных ресурсах пресных подземных вод на Северо-Востоке России, можно заметить, что в ЦАО они составляют 9,2 км³/год, в ЦТО – 9,5 км³/год. Начиная ориентировочно с конца верхнеюрского времени (около 135-140 млн. лет), в ЦАО морские бассейны на большей части площади не оказывали влияния на состав подземных вод. По этой причине глубина распространения зоны пресных вод здесь опустилась на 3000 м. Хлоридные солоноватые и соленые подземные воды в этой области в пределах Магаданского сегмента ЦАО отсутствуют. В зонах окисления сульфидсодержащих пород и руд образуются сульфатные воды с минерализацией более 1 г/л. Наиболее высокоминерализованные из них зафиксировал и описал Г.С. Глазырин в сентябре 1959 г. на левом склоне долины среднего течения р. Колымы, в 5 км выше устья руч. Рассвет. Эти воды имели общую минерализацию в 75,6 г/л, содержали сульфат-ион в количестве 48,91 г/л. Формула химического состава имела вид $Ì76{,}5\ \frac{SO_4 86 HCO_3 14}{Mg86}\ ðÍ6{,}9$.

В ЦТО в условиях более теплого климата мощность ММП у подножий горных склонах меньше глубины проникновения гипергенной трещиноватости. Увеличение количества

атмосферных осадков и преобладание среди водоносных пород магматических, песчаных и гравийно-галечниковых разностей кайнозойского возраста приводят к увеличению водообильности водоносных зон и комплексов. В этой же области стока на химический состав подземных вод оказали влияние позднеплейстоценовые колебания уровня моря. Например, хлоридные натриево-кальциевые воды с минерализацией 3-5 г/дм^3 встречены при бурении скважин на глубинах от 100 до 300 м в отложениях континентального происхождения или в основании коры выветривания во многих пунктах в 25-40 км от современного морского побережья (долины рек Кухтуй, Ланкучан, Гижига). Инфильтрацией морских вод объясняется хлоридный кальциево-натриевый и натриево-кальциевый состав с минерализацией до 14 г/дм^3 ряда источников термальных вод – Беренджинского, Мотыклейского, Широкинского, Таватумского, Березовского.

Практическое использование ресурсов подземных вод определяется их составом, минерализацией и температурой. Основное направление – водоснабжение населенных пунктов и промышленных предприятий. Вторым, очень важным, следует считать использования их в бальнеологии, а третьим по важности – в теплофикации. Общие (потенциальные) прогнозные эксплуатационные ресурсы подземных пресных вод, пригодных для водоснабжения в Магаданской области, оцениваются в 11 млн. 45 тыс. м^3/сут. [10]. На территории области на 01.01.2000 г. разведано 88 месторождений пресных подземных вод с эксплуатационными запасами 616,1 тыс. м^3/сут. К началу XXI в. освоено 43, водоотбор из которых составил 64,5 тыс. м^3/сут. [9]. В последующем десятилетии существенных изменений не произошло.

Бальнеологическое и теплоэнергетическое направления эксплуатации подземных вод пока ограничивается использованием Тальского и Таватумского термальных источников. В целом, ресурсы минеральных вод Магаданской области оцениваются в 17,36 тыс. м^3/сут., из них разведаны и утверждены запасы бальнеологических вод по промышленным категориям 2,86 тыс. м^3/сут. [1]. Прогнозные запасы термальных вод – 16,11 тыс. м^3/сут. Для создания и успешного функционирования промышленности по изготовлению столовых лечебных вод и напитков весьма перспективны солоноватые и соленые воды, имеющие температуру 2-5°С, вскрытые при гидрогеологическом картировании в долах рек Ланкучан и Дукча, на Атарганской косе.

Геоэкологические проблемы, связанные с эксплуатацией ресурсов подземных вод, порождены во многом изменениями геокриологической обстановки в районах водозаборов и преобразованием состава подземных вод. Так, ежегодные понижения уровня (до 90 м) в ряде водозаборных скважин активизируют водообмен в пределах воронки депрессии и вызывают оттаивание мерзлых пород в объеме воронки, что из-за повсеместной сульфидизации приводит к формированию сульфатных вод, возрастанию содержания железа выше ПДК. Такое явление произошло в пос. им. Горького, водозабор которого эксплуатировал подземные воды сквозного талика под руслом р. Малый Ат-Урях [5]. Развитие глубокой воронки депрессии в зимнее время угрожает подтягиванием загрязненных или соленых морских вод. В связи с глобальным подъемом уровня моря тенденция в формировании химического состава вод прибрежно-морских территорий направлена на увеличение минерализации. Поэтому любые виды техногенного воздействия, приводящие к возрастанию содержаний водорастворенных солей, носят характер необратимых изменений. Они требуют вмешательства людей в опреснение водоносных горизонтов путем закачивания пресной воды в недра в летний период. Таким путем были снижены, например, содержания растворенных солей в подмерзлотных водах Кадыкчанского водозабора (бассейн р. Аркагала) с 0,438 до 0,141 г/дм^3 [7].

Экологически неблагоприятные последствия может иметь процесс поглощения части стока в зимнее время водозабором, гидравлически связанным с не промерзшим до дна водотоком. В условиях Магаданской области такие водотоки в зимнюю межень часто являются убежищем для пресноводных рыб и нерестилищами для лососевых. Забор воды из не промерзшего водотока может понизить уровень воды и содержание кислорода в зимовальных ямах, что повлечет за собой экологическую катастрофу для водных обитателей. Действенных мер, кроме ограничения забора воды до 10% зимнего стока, пока не предложено, хотя, в целом, проблема технически решаема. В связи с малым объемом использования термальных и холодных минеральных вод можно только теоретически предвидеть негативные экологические следствия (изменения температуры, дебита, химического и газового состава минеральных вод), которые могут возникнуть под влиянием нерационального водоотбора.

Выводы: изучая процессы формирования водных ресурсов Магаданской области, нельзя не заметить их разнообразие и, соответственно, широкий спектр получаемой из них продукции. Водопользование как вид деятельности людей в природных условиях Магаданской области

осуществляется на фоне современных изменяющихся природных ресурсоформирующих факторов. Вместе с тем, закономерности взаимодействия техногенных и естественных факторов гидросферы пока слабо изучены, в том числе мало проработаны вопросы влияния возможного использования недр для захоронения опасных твердых и жидких отходов на водные ресурсы; по сути дела, только на предварительной стадии изучения находится проблема загрязнения природных вод северной части Охотского моря и его побережья при освоении биологических, минеральных и углеводородных ресурсов шельфа. Эти и другие проблемы определяют направление научных исследований в ближайшей перспективе.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Гидрогеология СССР. Т. XXVI. Северо-Восток СССР / ред. *О.Н. Толстихин*. – М.: Недра, 1972. 296 с.
2. *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: СВНЦ ДВО РАН, 2002. С. 182-200.
3. *Глотов, В.Е.* Новый подход к методологии прогноза последствий техногенных изменений геологической среды на Северо-Востоке России / *В.Е. Глотов, Л.П. Глотова* // Проблемы геологии и металлогении Северо-Востока Азии на рубеже тысячелетий: мат-лы Билибинских чтений. Магадан, 16-18 мая 2001 г. – Магадан: СВКНИИ ДВО РАН, 2001. Т.3. С. 123-125.
4. *Глотова, Л.П.* Современные изменения качества природных вод в долинах горных рек Верхней Колымы // Сб.: «Факторы формирования общего стока малых горных рек в Субарктике».- Магадан: СВНЦ ДВО РАН, 2002. С. 59-79.
5. *Глотов, В.Е.* Изменения мерзлотно-гидрогеологических обстановок в долинах малых горных рек бассейна р. Колыма под влиянием техногенных факторов / *В.Е. Глотов, И.А. Зуев, В.А. Кир*иллов // Колыма. 1976. № 9. С. 33-35.
6. *Дудов, Н.Н.* Оценка ресурсной базы устойчивого развития Северо-Востока России в XXI веке / *Н.Н. Дудов, В.Е. Глотов, Н.А. Горячев* // Вестник СВНЦ ДВО РАН. 2008. № 3. С. 2-14.
7. *Мотрич, Л.Т.* Искусственное восполнение запасов подземных вод в условиях распространения многолетнемерзлых пород Крайнего Северо-Востока СССР: автореф. на соискание уч. степени к.г.-м.н. – М., 1973. 26 с.
8. *Паршуков, И.В.* Некоторые особенности формирования и пространственной изменчивости геокриологических условий западной части Колымского региона // Колыма. 1995. № 9-10. С. 16-19.
9. Природные ресурсы и охрана окружающей среды Магаданской области (по состоянию на 01.10.2000 г.): доклад Комитета природ. ресурсов МПР РФ по Магаданской области/ гл. ред. *Ю.В. Прусс*. – Магадан: ОАО Кордис, 2000. 112 с.
10. Ресурсы пресных природных вод Магаданской области (библиограф. справочник) / *В.Е. Глотов, Л.П. Глотова*. – Магадан: ОАО «Кордис», 2004. 182 с.
11. *Хопкинс, Д.М.* История уровня моря в Берингии за последние 250 000 лет // Сб.: «Берингия в кайнозое». – Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1976. С. 5-25.

FEATURES OF FORMATION AND ECONOMIC USE THE WATER RESOURCES OF MAGADAN OBLAST

© 2013 V.E. Glotov, L.P. Glotova
North East Complex Scientific Research Institute named after N.A. Shilo FEB RAS, Magadan

In article characteristics of dominant factors of formation as surface, and underground waters in Magadan oblast, climate and features of distribution the long-term - frozen soils are given. For the first time it is shown that these factors are shown differently in Circumarctic and Circumpacific run-off areas that defines distinctions in quantitative and qualitative indicators of natural waters resources. Common expected operational stocks are 14,25 km3/year, from them it is used no more than 0,1%. Among the underground the thermal and cold balneal waters are revealed. Use of cold balneal waters for manufacture of drinks, medical table waters is possible. For the first time the attention to soft waters of the region, as to perspective goods for export is paid. Complex of the scientific tasks bound to economic use of water resources is designated.

Key words: *Magadan oblast, cryolitozone, water resources, river waters, underground waters, geoecological problems*

Vladimir Glotov, Doctor of Geology and Mineralogy, Chief of the Laboratory of Oil and Gas Geology and Geoecology. E-mail: geoecol@neisri.ru
Lyudmila Glotova, Senior Research Fellow at the Laboratory of Oil and Gas Geology and Geoecology. E-mail: glotova@neisri.ru