

*ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ КРИОЛОГИИ ЗЕМЛИ*

УДК 553.96(571.65): 504.55.054:622

**ГЕОКРИОЛОГИЧЕСКИЕ И ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ  
УГЛЕНОСНЫХ ПЛОЩАДЕЙ НА СЕВЕРНОМ ПОБЕРЕЖЬЕ ОХОТСКОГО МОРЯ**

**В.Е. Глотов, Л.П. Глотова**

*Северо-Восточный комплексный научно-исследовательский институт ДВО РАН,  
685000, Магадан, ул. Портовая, 16, Россия; geocol@neisri.ru, glotova@neisri.ru*

Показаны сходство и различия геокриологической и гидрогеологической обстановки на угленосных площадях северного побережья Охотского моря. Дана оценка геоэкологических последствий отработки разведанных бурогольных месторождений. Обоснована возможность разработки Мареканского и Чайбухинского месторождений как наиболее экологически безопасной. Остальные месторождения рекомендовано законсервировать до появления новых экологически эффективных технологий добычи бурого угля в сложных геокриологических и гидрогеологических условиях.

*Побережье Охотского моря, угленосная площадь, криолитозона, артезианские бассейны, подземные воды, геоэкология*

**GEOCRYOLOGICAL AND HYDROGEOLOGICAL CONDITIONS OF COAL-BEARING AREA  
ON THE NORTHERN COAST OF THE OKHOTSK SEA**

**V.E. Glotov, L.P. Glotova**

*North-East Interdisciplinary Research Institute, FEB RAS,  
685000, Magadan, Portovaya str., 16, Russia; geocol@neisri.ru, glotova@neisri.ru*

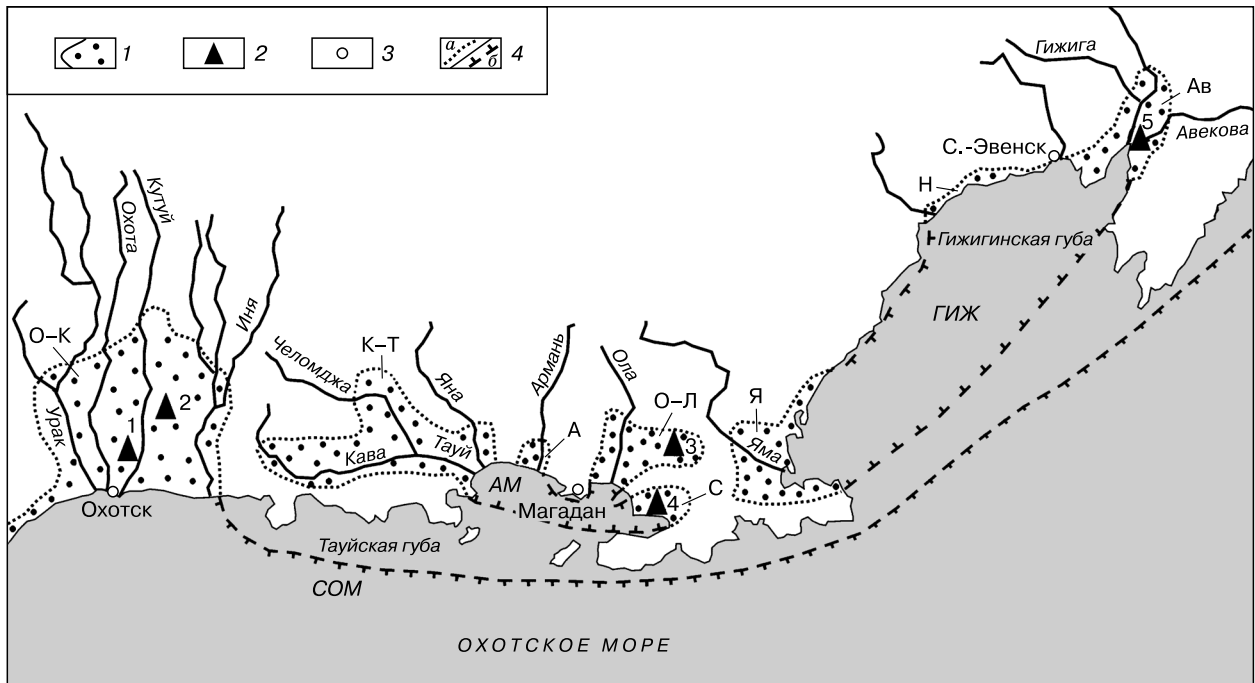
The similarities and differences of geocryological and hydrogeological environments of brown coal deposits on the northern coast of the Okhotsk Sea have been demonstrated. The geoecological consequences of mining of explored brown coal deposits have been assessed. The possibility of working out of the Marekan and Chaybuha deposits as the most environmentally friendly ones has been proven. The other coal fields are recommended to be conserved until the appearance of new ecologically efficient technologies of mining of brown coal deposits in complex permafrost and hydrogeological conditions.

*The Okhotsk Sea, coal-bearing area, permafrost, artesian basins, underground water, geoecology*

**ВВЕДЕНИЕ**

На побережье северного сегмента Охотского моря от устья р. Урак на западе до устья р. Парень на востоке расположены угленосные впадины, объединенные по геолого-географическим признакам в угленосные площади, из которых наиболее значительны Охотская и Гижигинская. Охотская включает впадины Охотско-Кухтуйскую, Кавинско-Тауйскую, Арманскую, Ольско-Ланковскую и Сигланскую; Гижигинская площадь объединяет Авековскую и Наяханскую. В Охотско-Кухтуйской впадине разведаны месторождения угля Мареканское и Кухтуйское, в Ольско-Ланковской – Ланковское, в Сигланской – Мелководненское, в Авековской – Чайбухинское (рис. 1). Повсеместно угленосны кайнозойские слабоуплотненные отложения, уголь здесь бурый. Геологические запасы Охотской площади оценены

в 2,4 млрд т, Гижигинской – 5,5 млрд т [Попов, 1983]. Эти угли не привлекали внимания инвесторов до конца XX в. из-за низкой теплотворной способности (25 200–26 700 кДж/кг). Ситуация изменилась, когда выяснилась перспективность бурых углей для получения синтетической нефти. Крупные международные компании Китая, Кореи, Австралии и России заявили о намерении отработать разведанные бурогольные месторождения. Однако эти намерения вызвали резкий протест экологической общественности и рыбопромышленных организаций из-за опасений, что разработка месторождений, расположенных на водосборных площадях рек высшей рыбохозяйственной значимости, вызовет утрату рыбных ресурсов. Стоимость этих ресурсов сопоставима со стоимостью углеводородных.



**Рис. 1. Схематическая карта расположения артезианских бассейнов и бурогольных месторождений.**

1 – артезианские бассейны: *субаэральные* (угленосные впадины): О-К – Охотско-Кухтуйская, К-Т – Кавинско-Тауйская, А – Арманская, О-Л – Ольско-Ланковская, С – Сигланская, Ав – Авековская, Н – Наяханская, Я – Ямская; *субмаринные*: ГИЖ – Гижигинский; АМ – Амахтонский; СОМ – Североохотоморский; 2 – разведанные месторождения угля: 1 – Кухтуйское, 2 – Мареканское, 3 – Ланковское, 4 – Мелководненское, 5 – Чайбухинское; 3 – населенные пункты; 4 – границы субаэральных (а) и субмаринных (б) артезианских бассейнов (бергштрихи обращены в сторону оси бассейна).

Цель статьи – обобщить и проанализировать имеющиеся материалы по гидрогеологии и геокриологии бурогольных месторождений, выявить геокриологические и гидрогеологические особенности Охотской и Гижигинской угленосных площадей, оценить возможные негативные геоэкологические последствия изменения условий питания и разгрузки подземных вод при добыче углей.

Использованы результаты работ Северо-Восточного территориального геологического управления (СВТГУ), исследований, выполненных авторами из Северо-Восточного комплексного научно-исследовательского института (СВКНИИ) ДВО РАН в 2009–2012 гг., данные метеонаблюдений Колымского управления гидрометеослужбы (КУГМС).

#### ОСНОВНЫЕ ФАКТОРЫ ФОРМИРОВАНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ВОД И МНОГОЛЕТНЕМЕРЗЛЫХ ПОРОД

Все впадины угленосных площадей открыты в море. Им свойственны холмисто-увалистая поверхность, сильная заболоченность низин, множество озер. Абсолютные отметки не превышают 200 м, у берега моря до 5–40 м.

Климат гумидный муссонный, холодный. По данным КУГМС, средняя годовая температура воздуха на морском побережье от  $-4,7^{\circ}\text{C}$  (пос. Ола) до  $-5,8^{\circ}\text{C}$  (пос. Гижига), длительность холодного периода года от 146 до 151 сут; среднее годовое количество осадков от 318 мм (пос. Гижига) до 553 мм (пос. Балаганное). При удалении от моря на 30–35 км (пос. Талон) средняя годовая температура воздуха понижается до  $-7,6^{\circ}\text{C}$ , длительность холодного периода возрастает до 164 сут; количество осадков – до 668 мм/год. В целом климатические факторы благоприятны для формирования и существования многолетнемерзлых пород.

Реки, дренирующие угленосные впадины, в нижних течениях имеют круглогодичный сток, хотя расход воды в конце зимней межени (апрель) уменьшается в десятки и сотни раз по сравнению со среднегодовым. Так, р. Гижига имеет средний годовой расход  $155\text{ м}^3/\text{с}$ , а минимальный расход в зимнюю межень –  $7,27\text{ м}^3/\text{с}$  [Основные... характеристики..., 1974].

В геологическом отношении все угленосные впадины – субаэральные фрагменты крупных осадочных бассейнов, ныне погруженных значительной частью площади ниже уровня моря: Северо-

охотоморского (СОМ), Амахтонского (АМ), Гижигинского (ГИЖ) (см. рис. 1). Они наложены на террейны – фрагменты Охотского и Омолонского кратонов, надсубдукционных вулканических поясов – мелового Охотско-Чукотского (ОЧВП) и домелового Кони-Танюерского террейна.

Основной объем пород кайнозойского осадочного чехла – пресноводные отложения озерного и речного происхождения. В основании осадочного чехла Охотско-Кухтуйской и Авековской впадин находятся глубокометаморфизованные докембрийские породы и прорывающие их магматиты мезозоя. В Кавинско-Тауйской, Ольско-Ланковской и Сигланской впадинах основание сложено эффузивными, осадочно-эффузивными, терригенными образованиями верхнеюрского и мелового возраста. Вышележащая секция осадочного чехла палеоцен-эоценового возраста, возможно и более древнего, представлена магматогенными, вулканогенно-осадочными и осадочными породами с линзами угленосных образований [Ващилон и др., 2003]. Общая мощность палеоцен-эоценовых накоплений около 1700 м.

Олигоцен-нижнемиоценовый углисто-глинистый комплекс насыщен пластами углей толщиной более 1 м. От нижележащего эоцен-палеоценового он отделен 400–500-метровой монотонной глинистой пачкой [Иванов, 1985]. Мощность его в целом не менее 800 м.

Олигоцен-миоценовые отложения перекрыты слоями слабоуплотненных глин, алевролитов, песков, кремниевых и глинисто-кремниевых образований, углей среднего и позднего миоцена. Наибольшей угленосностью отличаются верхнемиоценовые накопления. Толщина рабочих пластов угля на Ланковском месторождении достигает 90 м. Наблюдаются фациальные замещения одних литологических разностей другими. Регионально выдержанные глинистые слои отсутствуют. Суммарная мощность комплекса до 400 м.

Плиоцен-плейстоценовые галечники, пески, супеси, суглинки, не имеющие регионального распространения, залегают обычно на верхнемиоценовых отложениях. Мощность их не более 70–75 м.

В плейстоцене и голоцене сформировались сводовые поднятия, связанные с Охотским и Омолонским кратонами [Смирнов, 2012]. Эти поднятия отразились и в особенностях строения осадочных чехлов кайнозойских впадин, так как новейшие движения сопровождались размывом ранее накопленных осадков и перестройкой речной сети.

#### ГЕОКРИОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ

Основные геокриологические характеристики изученных бурогольных месторождений приведены в табл. 1. Как видно из табл. 1, параметры

Таблица 1. Геокриологические сведения по месторождениям (по материалам СВТГУ)

№ п/п	Угленосная впадина	Месторождение	Возраст	Удаленность от моря, км	Параметры криогенного водоупора					Источник сведений
					Распространение	Температура пород, °С	Макс. мощность, м	Глубина замера, м	Температура в скважине, м	
1	Охотско-Кухтуйская	Кухтуйское	Нижнемиоценовый	7	Островное	-1,0	57	10	-1,0	Отчет А.В. Павлова, 1956 г.
2	Охотско-Кухтуйская	Мареканское	Нижнемиоценовый	45	Прерывистое	-1,0...-3,4	180	10 35 90 100	-3,4 -2,4 -1,8 -1,0	Отчет А.В. Павлова, 1956 г.
3	Ольско-Ланковская	Ланковское	Верхнемиоценовый	50	»	-1,5...-3,4	168	13 20 50 100 160 168	-2,1 -1,0 -0,8 -0,4 -0,2 0	Отчет А.И. Сычева, В.В. Тюрина, 1989 г.
4	Сигланская	Мелководненское	Верхнемиоценовый	Берег моря	»	-	116	-	-	Отчет Н.Г. Московченко, 1953 г.
5	Авековская	Чайбухинское	Олигоцен-эоценовый	3	Слабопрерывистое	-3,8	100,6	10 22 40 56 70	-3,8 -3,1 -2,1 -1,2 -0,2	Отчет И.В. Героя, 1960 г.

Примечание. Прочерк – нет сведений.

толщи многолетнемерзлых пород (ТМП) или криогенного водоупора (КВ) соответствуют параметрам (критериям) для случаев прерывистого и слабопрерывистого их распространения [Фотиев, 2011]. В работе [Глотов, Глотова, 2012] показано, что на северном Охотморском побережье во впадинах и их горном обрамлении прерывистое (местами островное) распространение КВ наблюдается южнее 60° с.ш. Севернее этой широты КВ имеет преимущественно слабопрерывистый характер [Глотов, Глотова, 2012]. Это несколько отличается от известных представлений о распространении ТМП на северном побережье Охотского моря [Замолотчикова, Романовский, 1989]. Например, островное распространение ТМП показано непрерывной полосой от устья р. Улья и далее к востоку по всему побережью.

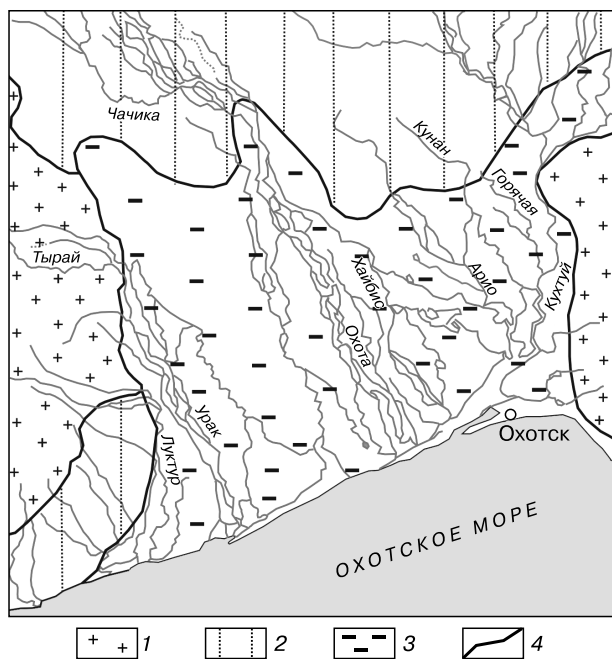
Сделанное авторами заключение основано на информации, полученной в последние 30 лет гидрогеологами бывшей Гидрогеологической экспедиции СВТГУ, а также СВКНИИ ДВО РАН, позволила уточнить геокриологическую ситуацию во впадинах на северном побережье Охотского моря. Фактически был расширен сделанный ранее И.А. Зуевым [1995] вывод о преимущественном прерывистом, а не островном, распространении ТМП на побережье Тауйской губы. В угленосных впадинах породы водонепроницаемые или с низкими значениями фильтрационных свойств (скаль-

ные, полускальные и нелитифицированные) находятся в мерзлом состоянии даже на берегу моря при мощности ТМП до 120–150 м. Так, по данным бурения на левобережье р. Яна, вблизи лагуны мощность ТМП, сложенной преимущественно глинистыми образованиями миоценового возраста, достигает 110 м, на побережье Тауйской губы в районе устья р. Ола слаботрещиноватые андезиты мелового возраста находятся в многолетнемерзлом состоянии до глубины 135 м. Ранее установлено, что миоцен-плейстоценовые песчано-глинистые и глинистые отложения на междуречье Армань–Широкая в 3 км от берега моря проморожены до глубины около 120 м, в Сигланской впадине на берегу бухты Мелководной Тауйской губы – до 116 м.

В Ольско-Ланковской впадине встречены блоки, сложенные супесчаными и глинистыми породами нижнемиоцен-олигоценного возраста, промороженные до глубины 346 м [Зуев, 1995]. По геофизическим данным, в этой впадине есть участки мерзлых пород преимущественно глинистого состава мощностью до 380 м. Характерно, что здесь температура пород в подошве яруса годовых теплооборотов составляет от –1,0 до –1,5 °С. Подобные блоки высокотемпературных многолетнемерзлых пород с мощностью более 100–150 м авторы увязывают с глубоким промерзанием недр на Северо-Востоке России в позднем плейстоцене в период сартанского криохрона [Глотов, 2009]. В голоцене, от 11 до 5 тыс. лет назад, при общем потеплении климата на характеризуемой территории, вероятно, происходила деградация ТМП как сверху, так и снизу. В блоках нижнемиоцен-олигоценных глинистых пород водообмен замедлен, поэтому температура ТМП поднималась преимущественно за счет кондуктивного теплопереноса. При наложении экзогенного теплового потока на эндогенный температура мерзлых грунтов выравнивалась по разрезу, не поднимаясь выше 0 °С.

На участках распространения плиоцен-плейстоценовых песчано-гравийно-галечных толщ, благоприятных для развития активного водообмена, возникали сквозные талики. Чаще всего такие участки приурочены к речным долинам, приозерным котловинам, в том числе и на междуречьях. Например, В.М. Иванов выявил их в 1975 г. в Уптарской межгорной впадине на междуречье Уптар и руч. Михалыч.

Вместе с тем на площадях таких относительно крупных впадин, как Охотско-Кухтуйская, Кавинско-Тауйская, Ольско-Ланковская, Ямская, южнее 60° с.ш. сформировались обширные поля островного распространения КВ, площадь которых от 450 до 1800 км<sup>2</sup>. По нашему мнению, образование их происходило в период голоценового термохрона. В это время реки, питаемые водами тающих каровых ледников, имели водность, превышаю-



**Рис. 2. Схематическая карта распространения многолетнемерзлых пород в Охотско-Кухтуйской впадине:**

1 – слабопрерывистого, 2 – прерывистого, 3 – островного; 4 – границы между районами.

щую современную. При выходе из горного обрамления на выположенные равнины многоводные реки формировали обширные дельты. При наливии во впадине нескольких рек они соединялись протоками и создавали общую дельту. Под руслами проток и на островах возникали сквозные талики, которые сливались в общее поле. После стивания ледников и похолодания климата водность рек уменьшилась до современных значений. Однако русла нижних течений рек Урак, Охота, Кухтуй, дренирующих Охотско-Кухтуйскую впадину, до сих пор имеют соединяющие их протоки, поэтому есть основания считать, что эти реки сохранили общую дельту (рис. 2). Приуроченное к ней поле сквозных таликов занимает площадь около 1800 км<sup>2</sup>.

В Кавинско-Тауйской впадине следы проток, соединявших русла рек Тауй и Яна в их нижних течениях, выявлены при дешифрировании аэро- и космоснимков. В сентябре 2012 г. при катастрофическом паводке вода из р. Яна по одной из этих палеопроток потекла в р. Тауй, вызвав подтопление расположенных на морском побережье поселков Тауйск и Балаганное.

Водность рек Гижига и Авекова, долины нижних течений которых заложены в Авековской впадине Гижигинской угленосной площади в раннем голоцене, видимо, мало отличалась от современной. Поэтому эти реки не имели системы связывающих их проток, и развитие сквозных таликов не выходило за пределы пойм.

При последующем голоценовом похолодании на площадях сквозных таликов возникали линзы многолетнемерзлых пород. Одну из них изучил В.А. Басистый на левобережье р. Тауй, в 36 км выше устья этой реки. Подошва многолетнемерзлых суглинков расположена на глубине 11 м, среднегодовая температура на глубине 2,5 м составила  $-0,55$  °С.

Реликтами позднеплейстоценового промерзания являются, по-видимому, линзы многолетнемерзлых пород, вскрытые на Кухтуйском буроугольном месторождении в Охотско-Кухтуйской впадине на склонах северной экспозиции. В этих линзах в многолетнемерзлом состоянии находятся углисто-глинистые образования палеогенового возраста. Глубина залегания подошвы ТМП до 60 м.

В Авековской впадине КВ является слабопрорывистым, так как сквозные талики существуют только под руслами рек Гижига и Авекова.

### ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ

Буроугольные месторождения по гидродинамическим признакам являются типичными артезианскими бассейнами (АБ). Фундаментами их служат магматогенные и метаморфогенные, а также катагенетически преобразованные осадочные

породы с трещинным и трещинно-жильным типами подземных вод. В основании вышележащего этажа пластовой гидродинамической системы находится водоносный комплекс пород палеоцен-эоценового возраста с трещинно-пластовыми водами, возможно, и с локально-трещинными в толще эффузивных и осадочно-эффузивных пород. Выше по разрезу залегает олигоцен-нижнемиоценовый водоносный углисто-глинистый комплекс с порово-пластовым типом подземных вод. Ведущее место в этом комплексе занимают глинистые водоупорные слои, распространенные по всей площади АБ. Водоносные горизонты представлены пластами бурых углей и тонкозернистых глинистых слабоуплотненных песчаников с низкими значениями гидродинамических параметров. Например, удельные дебиты скважин при опробовании не превышали значений в сотые доли литра в секунду на метр. Данный фактор в сочетании с насыщенностью разреза слоями выдержанных по литорали глин, наличием подстилающего многометрового водоупорного глинистого слоя в основании комплекса позволяет предполагать затрудненный водообмен с ниже- и вышележащими комплексами, а на участках размыва неогеновых осадков и с поверхностными водотоками и водоемами.

Приповерхностное положение занимает среднемиоцен-плиоценовый водоносный комплекс с порово-пластовым обводнением. В состав его входит верхняя угленосная пачка, сложенная переслаивающимися бурными углями, алевролитами и песчаниками. Глины во всем комплексе не образуют региональных водоупоров. По горизонтали они фациально замещаются песчаными образованиями. Общая мощность комплекса до 1000–1200 м. Емкостные и фильтрационные свойства среднемиоцен-плиоценовых водоносных горизонтов высокие, что подтверждено значениями удельных дебитов при опробовании скважин во все сезоны года. Значения этого показателя от десятых долей до 3 л/(с·м). Данный фактор при отсутствии в комплексе выдержанных по площади водоупоров позволяет предполагать свободные гидродинамические связи всего водоносного комплекса с поверхностными водотоками и водоемами.

Плейстоцен-голоценовые образования практически повсеместно проморожены на всю мощность, за исключением сезонноталого слоя и площадей развития надмерзлотных и сквозных таликов.

Водоносность грунтов в таликах характеризуется значениями удельных дебитов скважин от единиц до десятков литров в секунду на метр. Региональных литологических водоупорных слоев здесь нет. В теплое время года гидродинамическая связь подземных вод с поверхностными свободная, в холодное формируется криогенный водо-

упор. Взаимосвязь подземных вод плейстоцен-голоценового и среднемиоцен-плиоценового комплексов свободная независимо от сезона.

Основные гидрогеологические параметры водоносных комплексов на изученных месторождениях приведены в табл. 2.

Подмерзлотные воды на всех месторождениях напорные, статические уровни их на участках горных обрамлений близки к уровню поверхностных вод, скважины в долинах наиболее крупных водотоков самоизливаются. Питание артезианских подземных вод происходит по окраинам АБ, возможен приток воды из фундамента в осадочный чехол. Зоны разгрузки подземных вод приурочены к наиболее крупным водотокам, в руслах которых формируются полыньи и наледи. Однако основной объем подземных вод разгружается, видимо, на субмаринных участках АБ [Глотов, Глотова, 2013].

Химический состав подземных вод отвечает содовому типу, что указывает на участие в формировании катагенетических процессов углефикации, сопровождаемых выделением  $\text{CO}_2$ . В олигоцен-нижнемиоценовом комплексе, по данным СВТГУ и СВКНИИ ДВО РАН, наряду с карбонатно-гидрокарбонатными натриевыми водами с минерализацией 0,3–0,7 г/дм<sup>3</sup> встречаются линзы солоноватых хлоридных натриевых или магниевое-кальциево-натриевых вод. В пределах Кухтуйско-

го месторождения солоноватые воды имеют состав, отвечающий формуле

$$M 6,0; \frac{Cl 96}{(Na + K) 61 Ca 36}$$

В Ольско-Ланковском АБ встречаются не только солоноватые воды, но и рассолы с минерализацией 57 г/дм<sup>3</sup>. В пределах Чайбухинского месторождения подмерзлотные воды олигоцен-нижнемиоценового комплекса повсеместно солоноватые (до 8 г/дм<sup>3</sup>) хлоридные или сульфатно-хлоридные. Формирование хлоридных вод авторы связывают с глобальными климатическими изменениями и колебаниями уровня моря в верхнем плейстоцене и голоцене [Глотов, 2009].

Можно предположить, что пресные подмерзлотные воды (гидрокарбонатные с минерализацией менее 0,2–0,3 г/дм<sup>3</sup> или хлоридно-гидрокарбонатные с минерализацией менее 1 г/дм<sup>3</sup>) свойственны зоне активного водообмена. Воды карбонатно-гидрокарбонатные с минерализацией более 0,3 г/дм<sup>3</sup> или гидрокарбонатно-хлоридные с минерализацией более 1 г/дм<sup>3</sup> залегают в зоне затрудненного водообмена. Следовательно, общую минерализацию и состав подземных вод можно считать основными показателями активности водообменных процессов.

С практической и научной точки зрения важно, что в Охотско-Кухтуйском и Гижигинском АБ

Таблица 2.

## Химический состав подземных вод

№ п/п	Водоносный комплекс	Удельный дебит, л/(с·м)	Водопроводимость, м <sup>2</sup> /сут	Формула химического состава
<i>Кухтуйское месторождение (данные из отчета И.А. Зуева, 1959 г.)</i>				
1	Олигоцен-нижнемиоценовый, углисто-глинистый	0,007–0,07	2,5–14,0	$M 0,4; \frac{HCO_3 86 Cl 12}{(Na + K) 90}$
2	Среднемиоцен-плиоценовый, песчано-алевритоуглистый	0,1–2,0	30–400	$M 0,2; \frac{HCO_3 75 Cl 13 SO_4 12}{(Na + K) 70 Ca 16 Mg 14}$
<i>Мареканское месторождение (данные из отчета А.В. Павлова, 1956 г.)</i>				
3	Олигоцен-нижнемиоценовый углисто-глинистый	н/д	н/д	$M 0,2; \frac{HCO_3 87 SO_4 11}{(Na + K) 85 Ca 10}$
<i>Ланковское месторождение (данные из отчетов А.М. Славянского, 1959 г.; А.И. Сычева, В.В. Тюрина, 1989 г.)</i>				
4	Среднемиоцен-плиоценовый песчано-алевритоуглистый	0,15–1,10	7,5–217,0	$M 0,1; \frac{HCO_3 79 SO_4 17}{Na 33 Ca 32 Mg 27}$
<i>Мелководненское месторождение (данные из отчета Н.Г. Московченко, 1958 г.)</i>				
5	Среднемиоцен-плиоценовый песчано-алевритоуглистый	0,7	140	$M 0,4; \frac{HCO_3 95}{Na 78 Ca 13 Mg 9}$
<i>Чайбухинское месторождение (данные из отчета И.В. Героя, 1960 г.)</i>				
6	Олигоцен-нижнемиоценовый углисто-глинистый	0,03–0,09	5–12	$M 2,6; \frac{Cl 72 SO_4 16}{Na 52 Ca 32 Mg 16}$
7	Среднемиоцен-плиоценовый песчано-алевритоуглистый	0,23–0,80	30–160	$M 0,5; \frac{Cl 72 HCO_3 19}{Na 69 Ca 26}$

Примечание. Н/д – опытно-фильтрационные исследования не выполнялись.

на площади бурогольных месторождений к дневной поверхности приближены угленосные слои верхнего палеогена и нижнего миоцена, а в Ольско-Ланковском и Сигланском – среднего и верхнего миоцена. Как сказано выше, первые два бассейна, расположенные на окраинах Охотского и Омолонского кратонов, были вовлечены в плейстоценовое и голоценовое время в сводовые поднятия, сопровождаемые эрозией среднемиоцено-плиоценового водоносного комплекса.

На площади Ольско-Ланковского и Сигланского АБ, заложенных на фрагментах Кони-Танюерского террейна и ОЧВП, проявились дифференцированные блоковые неотектонические движения. Поэтому в них имеются блоки, в пределах которых вблизи дневной поверхности залегают углисто-глинистые отложения, водонепроницаемые или с низкими фильтрационными свойствами. На площади других блоков сохранились водопроницаемые верхнемиоценовые, плиоценовые и четвертичные породы.

Следует отметить, что в недрах АБ в зоне затрудненного водообмена химический состав подземных вод формировался за счет древних пресных вод бассейнов аккумуляции осадков, элизионных вод, отжимаемых при уплотнении в ходе катагенетического преобразования глин и растительных масс, а также подземной ингрессии морских вод в конце позднего плейстоцена – начала голоцена. В климатическом оптимуме голоцена, когда в КВ образовались сквозные талики, начался процесс активного вытеснения талассогенных и элизионных вод пресными метеогенными [Готов, 2009].

#### **ОЦЕНКА ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИХ СЛЕДСТВИЙ ОТРАБОТКИ БУРОУГОЛЬНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ**

Выявленные особенности гидрогеологии угленосных АБ позволяют сделать ряд практических рекомендаций по обеспечению геоэкологической безопасности отработки месторождений. Необходимо предварительно отметить, что на Северо-Востоке России наиболее ценные лососевые рыбы (кета, кижуч, нерка) откладывают икру на участках водовыводящих сквозных таликов с устойчивым температурным и гидрохимическим режимом [Черешнев, 2002]. В связи с этим разработка бурогольных месторождений должна выполняться без нарушения существующего режима разгрузки подземных вод. Наиболее геоэкологически безопасные условия можно создать при отработке Мареканского (восточный борт Охотско-Кухтуйского АБ) и Чайбухинского (юго-восточный борт Авековского АБ) месторождений. На этих месторождениях рабочие пласты углей, участвующих в сложении углисто-глинистого олигоцен-нижнемиоценового водоносного комп-

лекса, подстилаются и перекрываются водонепроницаемыми глинистыми слоями, затрудняющими взаимосвязи подземных и речных вод. Работа водопонижительных установок не изменит режим питания речных вод подземными; условия для размножения лососевых рыб будут сохранены. При этом наиболее экологически рационально отрабатывать Чайбухинское месторождение, которое имеет значительные запасы углей до глубины не более 300 м. На этом объекте КВ слабопрерывистые.

Из-за островного развития КВ на Кухтуйском месторождении водоносные горизонты плиоцена, плейстоцена и голоцена находятся в зоне активного водообмена. Осушение их с помощью водопонижительных систем приведет к нарушению естественного режима разгрузки подземных вод в р. Кухтуй с неизбежной последующей утратой ее рыбохозяйственной значимости.

Наибольшие негативные последствия ожидаются при отработке Ланковского и Мелководненского месторождений, расположенных на бортах Ольско-Ланковского и Сигланского АБ соответственно. Ввиду отсутствия литологических региональных водоупорных слоев водоотлив из подмерзлотных горизонтов приведет к активизации водообменных процессов во всей толще средне- и верхнемиоценовых, плиоценовых и четвертичных водоносных отложений. Кроме того, при отработке Мелководненского месторождения возможно “подтягивание” морских вод в воронку депрессии. При этом нарушится не только режим стока подземных вод в реки, дренирующие Сигланский АБ, но и возникнет угроза исчезновения очагов разгрузки пресных вод на шельфе Тауйской губы, выявленных ранее. Последнее может негативно повлиять на процессы возникновения апвеллинга и, соответственно, на воспроизводство морских биологических ресурсов на прилегающем участке Примагаданского шельфа.

#### **ВЫВОДЫ**

По результатам впервые выполненного комплексного анализа геокриологических и гидрогеологических условий впадин угленосных площадей на северном побережье Охотского моря с целью оценки геоэкологических последствий отработки запасов бурых углей установлено следующее.

1. Во впадинах Гижигинской угленосной площади криогенные водоупоры имеют слабопрерывистое распространение, в Охотской – прерывистое и островное. В наиболее крупных впадинах этой площади – Охотско-Кухтуйской, Кавинско-Тауйской, Ольско-Ланковской, Ямской – в долинах нижних течений рек в период голоценового термохрона сформировались обширные поля сквозных таликов. На окраине одного из них расположено Кухтуйское бурогольное месторожде-

ние. Острова многолетнемерзлых пород в таких полях могут быть или новообразованными, или реликтами позднеплейстоценовой сплошной ТМП.

2. Гидрогеологические особенности угленосных площадей определяются активностью и направленностью новейших тектонических движений, особенностями распространения криогенного и литологических водоупоров.

В Авековском АБ, отличающемся слабопрерывистым распространением КВ и положением углисто-глинистого водоносного комплекса вблизи дневной поверхности, зона затрудненного водообмена находится ниже подошвы КВ, включая палеогеновые угленосные толщи. В зоне свободного водообмена находятся водоносные слои: сезоннотальные, надмерзлотных и сквозных таликов.

В Ольско-Ланковском и Сигланском АБ с прерывистым КВ и отсутствием регионально распространенных литологических водоупоров зона свободного водообмена охватывает и подмерзлотные верхнемиоценовые угленосные слои.

В Охотско-Кухтуйском АБ на площади Кухтуйского месторождения КВ имеют островное распространение. Поэтому даже при наличии глинистых водоупоров пресные воды зоны активного водообмена распространены по всему вскрытому скважинами разрезу до 100–150 м. Только в отдельных блоках в слабоводопроницаемых породах сохранились солоноватые хлоридные воды зоны затрудненного водообмена.

3. Геокриологические и гидрогеологические различия угленосных площадей позволяют рекомендовать для первоочередного освоения ресурсов бурого угля Гижигинское месторождение в Авековском АБ. Работы по добыче угля на этом месторождении экологически наименее опасны. Добыча бурого угля месторождений других АБ на севере Охотоморского побережья с применением существующих технологий может привести к сокращению водных биологических ресурсов.

## Литература

- Вашилов Ю.Я., Глов В.Е., Гревцев А.В.** Геолого-гидрогеологические особенности впадин северного побережья Охотского моря в связи с оценкой их нефтегазоносности // Геодинамика, магматизм и минерагения континентальных окраин Северной Пацифики: В 3-х т. Т. 2. Осадочные бассейны. Магадан, СВКНИИ ДВО РАН, 2003, с. 20–24.
- Глов В.Е.** Гидрогеология осадочных бассейнов Северо-Востока России / В.Е. Глов. Магадан, Кордис, 2009, 232 с.
- Глов В.Е., Глотова Л.П.** Роль подземных вод в формировании стока рек бассейна Примагаданского шельфа // Криосфера Земли, 2012, т. XVI, № 4, с. 57–66.
- Глов В.Е., Глотова Л.П.** Участие подземных вод в формировании гидрохимических и гидротермических особенностей акватории Примагаданского шельфа // Гидрогеология и карстоведение: межвуз. сб. тр., 2013, вып. 19, с. 51–65.
- Замолотчикова С.А., Романовский Н.Н.** Закономерности распространения и формирования температурного режима сезонно- и многолетнемерзлых пород // Геокриология СССР. Восточная Сибирь и Дальний Восток. М., Недра, 1989, с. 69–88.
- Зув И.А.** Геокриологические, геотермические и сейсмические особенности Приохотской рифтовой зоны в районе Тауйской губы // Колыма, 1995, № 9–10, с. 8–15.
- Иванов В.В.** Осадочные бассейны Северо-Восточной Азии / В.В. Иванов. М., Наука, 1985, 208 с.
- Основные** гидрологические характеристики (за 1961–1970 гг. и весь период наблюдений). Т. 19. Северо-Восток. Л., Гидрометеиздат, 1974, 229 с.
- Попов Г.Г.** Уголь // Геология СССР. Т. 30. Северо-Восток СССР. Полезные ископаемые / Под ред. П.В. Бабкина, М.Е. Городинского. М., Недра, 1983, с. 113–148.
- Смирнов В.Н.** Верхояно-Чукотская область новейшего горообразования: зональность и основные этапы формирования // Геология и геофизика, 2012, т. 53, № 5, с. 610–620.
- Фотиев С.М.** Геокриологические летописи России // Криосфера Земли, 2011, т. XV, № 4, с. 9–14.
- Черешнев И.А.** Лососевидные рыбы Северо-Востока России / И.А. Черешнев, В.В. Волобуев, А.В. Шестаков, С.В. Фролов. Владивосток, Дальнаука, 2002, 496 с.

*Поступила в редакцию  
1 апреля 2014 г.*