

**ЭКОГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ОПОЛЗНЕВОГО МАССИВА ГОРОДА БАРНАУЛА  
Ю.В. Девятаева**

Научный руководитель профессор Е.М. Дутова  
*Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия*

Оползневая зона приурочена к восточной окраине Иртыш-Обского артезианского бассейна, входящего в состав Западно-Сибирского сложного бассейна пластовых вод. В разрезе бассейна выделяется более 10 водоносных горизонтов и комплексов. На формирование оползней оказывают влияние лишь воды четвертичных отложений. Подземные воды нижележащих водоносных горизонтов залегают ниже плоскости скольжения оползней, изолированы от вод четвертичных отложений выдержанными водоупорами и, соответственно, практически никакого влияния на образование оползней не оказывают. Характерной особенностью подземных вод является то, что горизонты не выдержаны по простиранию и по мощности, в основном имеют низкую водообильность и плохие фильтрационные свойства, наблюдается их гидравлическая взаимосвязь. Степень обводненности оползневого склона различна в вертикальном и горизонтальном направлениях, что зависит от рельефа местности, литологии пород, области питания и др.. Водопроявления на склоне представлены родниками, пластовыми выходами, мочажинами, заболоченностями. Основными источниками питания грунтовых вод являются атмосферные осадки, а также утечки из водопроводов и других водонесущих коммуникаций. Для грунтовых вод пойменных отложений основным источником питания являются речные воды.

*Водоносный голоценовый аллювиальный горизонт ( $aQ_{IV}$ )* имеет распространение в пойме р. Обь. Водовмещающими породами являются пески от тонкозернистых иловатых до мелко-среднезернистых, иногда гравелистых, илы, реже супеси и суглинки. Местами в разрезе наблюдается переслаивание песков, супесей и суглинков, при преобладании песков. Мощность обводнённой толщи варьирует от 0,7 до 31 м. Коэффициенты фильтрации песчаных разностей изменяются от 0,5 до 27,8 м/сут, водопроницаемость составляет 10 – 115 м<sup>2</sup>/сут. Воды в основном безнапорные и лишь там, где в кровле залегают суглинки и супеси, имеют местный напор до 0,1 – 1,0 м. Статические уровни устанавливаются близ поверхности земли на глубинах от 0 до 5 м, преимущественно до 2 м. Режим грунтовых вод определяется исключительно режимом поверхностных вод р. Оби. Амплитуда годовых колебаний уровней варьирует в пределах 3,2 – 5,5 м. Водообильность горизонта различна, что определяется как литологическим составом, так и мощностью водовмещающих пород. Дебиты скважин изменяются от 0,003 до 2,9 л/с, удельные дебиты – соответственно от 0,0004 до 1,2 л/с.

*Относительно водоносный голоценовый аллювиальный и техногенный горизонт ( $a+tQ_{IV}$ )*. Грунтовые воды залегают на небольшой глубине и захватывают насыпные грунты. Абсолютные отметки поверхности грунтовых вод 130 – 145 м. Статические уровни устанавливаются на глубинах 0,2 – 1,5 м. Водовмещающими породами являются пески от тонко-мелкозернистых, иловатых до среднезернистых, супеси и суглинки, в кровле насыпные грунты, представленные строительным мусором, отходами производства, шлаком. Мощность обводнённой толщи составляет 0,5 – 6,0 м. Обычно опробована нижняя часть водоносного горизонта. Дебиты скважин составляют десятые доли л/с. Коэффициенты фильтрации 0,1 – 1,0 м/сут, реже до 5 м/сут. По минерализации воды пресных (0,4 – 1,0 г/л) до слабосоленых (1,1 – 8 г/л). Формирование подземных вод аналогично, как и для современных аллювиальных отложений. Следует лишь отметить, что, поскольку на площадях развития горизонта проложены различные инженерные коммуникации, имеются отстойники, а также хвостохранилища, значительным источником питания подземных вод служат утечки из коммуникаций и сбрасываемые протокки в отстойники.

*Относительно водоносный голоценовый делювиально-коллювиальный и делювиально-пролювиальный горизонт ( $dc+dpQ_{IV}$ )*. Отложения обводнены не повсеместно и неодинаково. Постоянный водоносный горизонт можно лишь выделять в средней и нижней частях склона и в приподошвенной части поймы долины р. Оби. То есть непосредственно на контакте и ниже водоносного горизонта отложений краснодубровской свиты, где происходит разгрузка последнего. Постоянным водоносным горизонтом можно считать эти отложения и на участках с круглогодичными утечками из различного рода водонесущих коммуникаций в зонах промпредприятий. Здесь отложения наиболее обводнены, что заметно по мочажинам, заболоченности, высачиванию родников. В верхней части склона и на отдельных участках средней и нижней частей склона отложения могут быть обводнены кратковременно в период весеннего таяния снега и выпадения ливневых осадков. Обычно для делювиально-пролювиальных и делювиально-коллювиальных отложений характерно наличие одного водоносного горизонта или пласта. Водовмещающие породы представлены песками, суглинками и супесями, иногда с примесью насыпных грунтов. Пески от пылеватых, тонкозернистых до мелко- и среднезернистых с дресвой. Выдержанных однородных пластов нет. Мощность обводнённой толщи изменяется в пределах от 0,1 до 14 м, преимущественно составляет 1 – 3 м. Определения фильтрационных свойств пород в отдельных точках проводились экспресс-методом и полученные следующие значения коэффициентов фильтрации (м/сут): пески – 0,3 – 5,8; супеси – 0,0045 – 1,7; суглинки – 0,0017 – 0,1. Воды в основном безнапорные и слабонапорные. Статические уровни устанавливаются на глубинах 0 – 13 м, наиболее часто – 1 – 2 м от поверхности земли. Режим грунтовых вод определяется условиями питания. Водообильность горизонта крайне низкая. Химический состав подземных вод различен, и в основном также определяется условиями формирования, т.е. какие по химическому составу воды инфильтруются в делювиально-пролювиальные и делювиально-коллювиальные отложения. Минерализация изменяется от 0,3 до 1,9 г/л. По анионному составу воды от гидрокарбонатных до смешанных, по катионному составу от кальциевых до кальциево-магниевого и смешанных. Основным источником питания горизонта являются подземные воды краснодубровского горизонта,

разгружающиеся на склоне в виде пластовых выходов или родников. В период весеннего снеготаяния и ливневых дождей инфильтрация атмосферных осадков служит дополнительным источником питания. Разгрузка подземных вод горизонта происходит в нижележащий по рельефу горизонт голоценовых аллювиальных отложений, а также путём испарения в атмосферу.

*Относительно водоносный нижне-среднеплейстоценовый полигенетический горизонт (р<sub>gQ<sub>1-п</sub></sub>).* Отложения красnodубровской свиты имеют повсеместное распространение на Приобском плато и склонах левого борта долины р. Обь. В разрезе водоносного горизонта обычно выделяется до 2 – 3 водоносных песчаных пластов. Первый водоносный пласт вскрывается на глубинах 41 – 50 м. Водовмещающими породами служат пески, супеси и суглинки при преобладании первых. Пески имеют тонко-, мелко-, средне- и разномерный состав с преобладанием мелко-среднезернистых разностей. Мощность водоносного горизонта достигает 24 м, чаще составляя 5 – 15 м. Коэффициенты фильтрации песков варьируют от 0,1 до 2,4 м/сут. Супеси имеют коэффициент фильтрации 0,05 – 1,0 м/сут, суглинки – 0,014 – 0,025 м/сут. Водообильность комплекса низкая, дебиты скважин составляют десятые и сотые доли л/с, что, по-видимому, объясняется не только низкими статическими уровнями, но и совершенством оборудования и опробования скважин. Подземные воды носят в основном безнапорный, редко слабонапорный характер. Пьезометрическая поверхность погружается к долине р. Обь от 195 до 140 абс.м. Гидравлические уклоны на плато составляют 0,017 – 0,05, на склонах возрастают до 0,2. Статические уровни устанавливаются на плато на глубинах 40 – 70 м, на склонах (в нижней части) левого борта долины р.Обь подземные воды выходят на поверхность в виде пластовых выходов и многочисленных родников. Суммарный расход 107 родников, закартированных в III – IV оползневых районах, составил 37,5 л/с или 3240 м<sup>3</sup>/сут. Для второго от поверхности водоносного горизонта характерен стабильный режим с колебаниями около отметки 149,5 абс.м и 152,5 абс.м. Амплитуда годовых колебаний составила 0,2 – 0,5 м. Режим первого от поверхности водоносного горизонта характеризуется большой амплитудой 0,5 – 1,0 м. Минерализация подземных вод варьирует от 0,5 до 2,1 г/л при преобладании слабосоленых и соленых вод с минерализацией более 1 г/л. Это также объясняется условиями питания. Утечки минерализованных проток приводят к повышению минерализации природных вод. Химический состав природных вод разнообразен – от гидрокарбонатно-сульфатного по анионному составу и от натриевого и кальциево-натриевого до смешанного по катионному составу. Основным источником питания подземных вод в оползневой зоне является инфильтрация атмосферных осадков и утечки из водонесущих коммуникаций. Для выдержанных водоносных пластов, имеющие значительные площади распространения, имеет место подток со стороны с более высоко расположенных участков плато. Горизонт не эксплуатируется. Разгрузка подземных вод горизонта происходит на склонах левого борта долины р. Оби, в бортах оврагов, врезанных в плато, в виде пластовых выходов и родников.

*Водоносный эоплейстоценовый аллювиальный горизонт (а<sub>Q<sub>E</sub></sub>)* имеет повсеместное распространение и сложен преимущественно мелко-среднезернистыми песками. А встречаются и пылеватые, тонкозернистые разности. В разрезе горизонта прослеживается до 2 – 3 пластов песков. Описывается только верхний пласт. Кровля первого пласта вскрывается на глубинах 33,6 – 136,6 м, в долине р. Оби – а глубинах 1,2 – 29 м. Вскрытая мощность первого пласта варьирует от 0,6 до 28 м. От вышележащих горизонтов он изолирован пачкой суглинков красnodубровской и кочковской свит мощностью от 0,5 до 30 м. Местами горизонты кочковской свиты и голоценовых аллювиальных отложений представляют единое целое без разделяющих водоупоров. По результатам опробования скважин оползневой станции коэффициент фильтрации варьирует от 1,1 до 8,1 м/сут, по данным эксплуатационной разведки он достигает 15 м/сут. Горизонт напорный – величина напора изменяется от 0,5 до 48 м. статический уровень подземных вод устанавливается от +1,1 м в пойме до 101,6 м на плато. Пьезометрическая поверхность погружается с плато (155,2 – 151 абс.м) к руслу р. Оби (127,8 абс.м). Она ниже пьезометрической поверхности водоносного горизонта красnodубровских отложений. Таким образом, может наблюдаться на плато только нисходящая инфильтрация из красnodубровского горизонта в кочковский горизонт. Эоплейстоценовый горизонт через «окна» в водоупорах гидравлически связан с водами р. Обь и режим подземных вод определяется исключительно режимом р. Оби. Амплитуда годовых колебаний уровня варьирует от 2 до 5 м в зависимости от режима реки и удалённости скважины от реки Обь. Водообильность первого опробованного пласта различная и изменяется от 4 до 160 м<sup>2</sup>/сут, а водопроницаемость водоносного горизонта в целом по результатам опытов на водозаборах, расположенных в оползневой зоне, варьирует от 156 до 346 м<sup>2</sup>/сут. Подземные воды повсеместно пресные с минерализацией 0,2 – 0,7 г/л. По анионному составу воды преимущественно гидрокарбонатные и гидрокарбонатно-сульфатные, по катионному – смешанные. Питание горизонта как инфильтрационное на водораздельных пространствах плато, так и за счёт поверхностных вод р. Оби в весенне-летний паводок. Разгрузка происходит в долине р. Оби. Водоотбор компенсируется питанием со стороны р. Обь в паводковый период. Как видно из характеристики гидрогеологических условий, на формирование оползней на левобережном склоне в долине р. Обь оказывает существенное влияние деятельность подземных вод относительно водоносного горизонта верхне-среднеплейстоценовых отложений красnodубровской свиты. В результате круглогодичной суффозии практически ежегодно происходят оползни самых разных масштабов.

#### Литература

1. Бородавко В.Г. Сводный отчет оползневой станции по стационарным наблюдениям за оползневыми процессами в г. Барнауле за 1974-1984гг. – Книга 1. – 430 с.

- Информационный бюллетень о состоянии геологической среды территории Алтайского края за 2005-2013гг. Сост. В.В. Девятаева, М.Ф. Гареев и др., 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012. Выпуск 8,9,10,11,12,13,14.
- Ломтадзе В.Д. Инженерная геология. Специальная инженерная геология. – Л.: Недра, 1978. – 496 с.

## ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ СОЛЕННЫХ ОЗЕР КУЛУНДИНСКОЙ РАВНИНЫ

В.И. Евграфова

Научный руководитель ассистент М.Н. Колпакова

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Кулундинская равнина представляет собой предгорную депрессию, расположенную между горным массивом Алтая на юге, Салаира на северо-востоке и востоке и выступом Кольвань-Томской складчатости на севере. Данная территория является степной частью Алтайского края, где сосредоточены сложные системы соленых озер. Несмотря на большую изученность [1 – 4], озера Алтайского края издавна представляют интерес не только в качестве минерально-сырьевой базы нерудных минералов, но и как замкнутые системы озер для выяснения закономерностей, связанных с изменением состава вод. В данной статье рассмотрена лишь небольшая часть соленых озер Алтайского края, однако именно они являются наиболее интересными объектами для изучения поставленной нами цели, а именно рассмотрению закономерностей поведения химических элементов в зависимости от общей минерализации и от таких параметров озерной воды, как pH и Eh.

На территории Алтайского края, находящейся в аридной зоне с резко континентальным климатом, широко распространены соленые озера, характеризующиеся высокими значениями pH и минерализации. Высокое содержание солей в озерах обусловлено испарительным режимом вод, преобладающим над осадками. Температура июля изменяется от +17 до +21 °С, температура января – от -23 до -16 °С. Среднегодовая температура – положительная. Годовые суммы осадков варьируют от 237 до 319 мм, при испаряемости свыше 600 мм [5].

Пробы отбирались в летний месяц, карта-схема точек опробования приведена на рис. 1. В полевых условиях были проанализированы такие быстроменяющиеся компоненты как pH, Eh,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{CO}_2$  св. Последующий полный химический анализ проводился в ПНИЛ гидрогеохимии НОЦ «Вода» ИПР ТПУ. Температура воздуха в период отбора проб изменялась от +19 °С до +28 °С. Температура воды находилась в пределах от +16 °С до +22 °С.

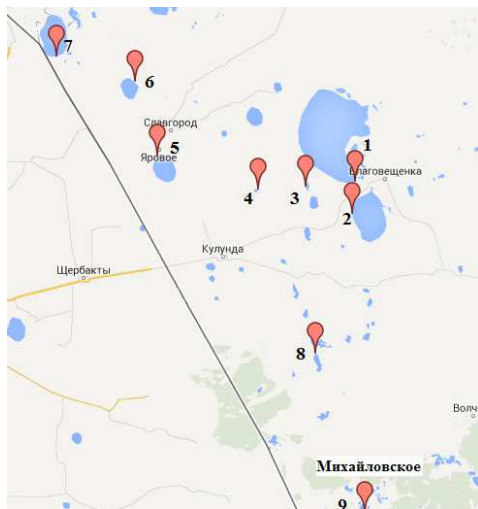


Рис.1 Карта-схема точек опробования

Минерализация озер изменяется в пределах от 3 до 329 г/л. Среди опробованных озер можно выделить следующие типы: умеренно солоноватые (от 3 до 10 г/л) – оз. Шошкалы, слабосоленые (от 10 до 30 г/л) – оз. Большое Топольное, сильносоленые (от 30 до 50 г/л) – оз. Джемансор, слабые рассолы (от 50 до 100 г/л) – оз. Куричье, крепкие рассолы (от 100 до 320 г/л) – оз. Большое Яровое, оз. Кулундинское, оз. Бурлинское, сверхкрепкие рассолы (от 320 до 500 г/л) – оз. Кучукское, оз. Малиновое.

Значения окислительно-восстановительного потенциала фиксировались в пределах от 94 до 220 мВ. Значения величины pH воды в озерах изменялись от 7,5 до 9,7. Так по величине pH можно выделить: слабощелочные (от 7,5 до 8,5) – оз. Кучукское, оз. Бурлинское, оз. Большое Яровое, оз. Малиновое, оз. Куричье, щелочные (от 8,5 до 10) – оз. Кулундинское, оз. Шошкалы, оз. Джемансор и оз. Большое Топольное. Необходимо отметить, что значение величины pH уменьшается по мере увеличения общей минерализации озер (рис.2 а), в то же время с возрастанием в растворе суммы карбонат- и гидрокарбонат-ионов его значения увеличиваются (рис.2 б).

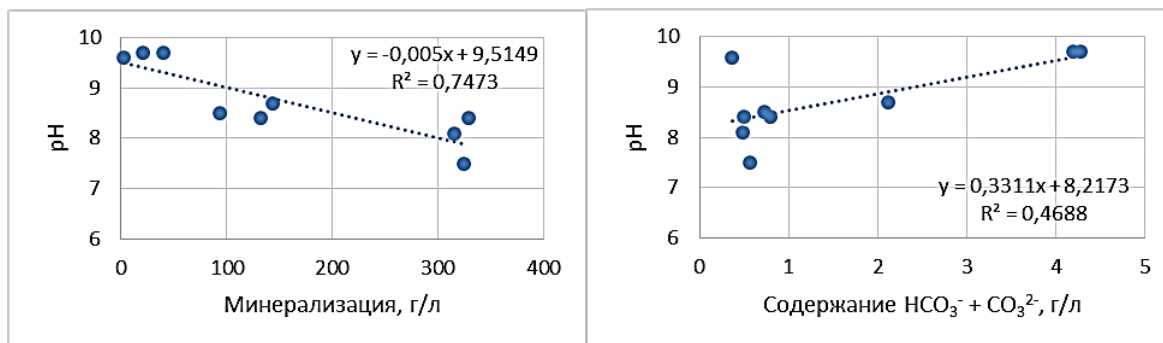


Рис.2 Зависимость pH от минерализации (а) и от содержания  $\text{HCO}_3^- + \text{CO}_3^{2-}$ .