

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЧИСЛЕННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ЗАПАСОВ ПОДЗЕМНЫХ ВОД МЕСТОРОЖДЕНИЯ «ТОСНЕНСКОЕ»

Представлена гидрогеологическая характеристика месторождения подземных вод «Тосненское». Рассматриваются геологическая структура, гидрохимические и гидрогеологические условия месторождения, подходы к оценке и прогнозам эксплуатационных запасов подземных вод численным моделированием с помощью программы Modflow. Несмотря на то, что в результате моделирования запасы подземных вод объемом 8600 м<sup>3</sup>/сут. обеспечены на весь проектируемый период времени, рекомендуется продолжение гидрогеологических наблюдений месторождений. Необходимо построить многослойную численную модель для определения тех факторов, которые не учитывались в представленной модели.

«Tosnenskoye» underground water deposit hydrogeological characteristics are represented. Examined are geological structure, the abovementioned water deposit hydrochemical and hydrogeological conditions as well as underground water reserves evaluation and exploitation forecasting approaches by means of numerical modelling using Modflow program. As a result of modelling the underground water reserves in total 8600 m<sup>3</sup> per 24-hour period volume are guaranteed for the projected period of time, nevertheless the continuation of hydrogeological observations of this deposit is recommended. Multilayered numerical model for determination of factors not taken into consideration in the presented model is to be plotted.

Тосненское месторождение подземных вод расположено на расстоянии 50-56 км к юго-востоку от Санкт-Петербурга. Рельеф района г.Тосно представляет собой слабоволнистую равнину с абсолютными отметками в пределах 30-35 м, к югу и к западу от городской черты абсолютные отметки возрастают до 40 м. Площадь водосбора р.Тосно до г.Тосно составляет 1300 км<sup>2</sup>, средний уклон поверхностных вод равен 0,00049. Наиболее низкие уровни отмечаются во время летней и зимней межени: отметки летней межени равны примерно 25,56 м, а зимней 25,76 м. Многолетний средний расход р.Тосно в районе г.Тосно составляет 8,94 м<sup>3</sup>/с.

Климат района переходный от континентального к морскому, характеризуется теплым дождливым летом и умеренно холодной зимой [2]. Средняя температура достигает зимой -6,5-9,8 °С, летом 14,6-17,2 °С. Среднегодовое количество осадков примерно 600 мм. Средняя годовая относительная влажность воздуха 75-82 %. Преобладание

осадков над испарением создает благоприятные условия для питания поверхностных и подземных вод. Максимум испарений приходится на июнь-август, поэтому в летний период осадки почти не принимают участие в питании подземных вод. Питание рек и озер происходит в основном за счет талых снеговых вод. Температура воды колеблется от 20,2 до 27,3 °С. Условия стока и питания рек изменяются в зависимости от особенностей рельефа, заиленности, заболоченности, состава горных пород и пр.

Территория описываемого района расположена на северо-западе Русской платформы [2, 4]. Здесь на архейско-протерозойском кристаллическом фундаменте залегает комплекс осадочных образований верхнего протерозоя, палеозоя и кайнозоя. Осадочные породы залегают моноклинально. Породы архейско-протерозойского возраста представлены метаморфическими и интрузивными породами. Глубина залегания кристаллического фундамента 600 м и более.

Осадочный чехол представлен кембрийскими, ордовикскими, девонскими и четвертичными отложениями. Кембрийские отложения на рассматриваемой территории распространены повсеместно. Нижний отдел кембрийских отложений представлен светло-серыми тонко- и мелкозернистыми песчаниками и алевролитами, переслаивающиеся с прослоями зеленовато-серых аргиллитоподобных глин, выше однообразной толщей залегают «синие» глины. Мощность глин составляет 110-130 м.

Отложения ордовика перекрывают кембрийские отложения и широко распространены к югу от глинта в пределах ордовикского плато. Выходы этих отложений встречаются в долинах рек и в уступе глинта. Нижнеордовикские отложения слагают оболочные пески и песчаники и диктионемовые сланцы мощностью до 25 м. Средний отдел имеет широкое распространение и сложен серыми с зеленоватым оттенком, часто пятнистыми мелко- и среднезернистыми плотными, местами кавернозными доломитизированными известняками с прослоями доломитов, мергелей и глин мощностью до 15 м.

Девонские отложения распространены к югу от глинта и представлены отложениями среднего отдела, залегают на размытой поверхности ордовикских отложения и перекрыты лишь четвертичными образованиями. Отложения представлены серыми, бледно-розовыми и желтовато-розовыми полосчатыми мергелями и глинами, доломитизированными известняками и доломитами. Выше они сменяются красноцветными песками и слабоцементированными песчаниками с прослоями алевроитов, алевролитов и глин. Мощность отложений до 40 м. Четвертичные отложения в рассматриваемом районе развиты повсеместно. Они сплошным чехлом перекрывают более древние образования и отсутствуют лишь в долинах некоторых рек и в уступе глинта. Почти все отложения четвертичного возраста присутствуют в данном районе: ледниковые, озерно-ледниковые, болотные, аллювиальные, техногенные и современное звено. Мощность этих отложений колеблется от 20 до 55 м.

Воды описываемой территории относятся к Ленинградскому артезианскому бассейну [1-3]. Подземные воды четвертичных отложений встречаются во всех генетических разностях четвертичных отложений. Комплекс болотных отложений представлен торфом различной степени разложения. Мощность торфяников изменяется от 0,2 до 3,0 м. Уровень воды в комплексе располагается на глубине 0-0,5 м. Озерно-ледниковые отложения имеют различное распространение. Водовмещающими породами являются пески различного гранулометрического состава. Воды преимущественно безнапорные. Они являются основным источником водоснабжения населенных пунктов. Воды среднего девона трещинно-пластовые, удельный дебит скважин не превышает 0,3 л/с и в среднем равен 0,1-0,15 л/с. По своему химическому составу воды пресные, умеренно жесткие, преимущественно гидрокарбонатные магниевые-кальциевые. Питание горизонта происходит за счет атмосферных осадков, а также путем подтока напорных вод из нижележащего ордовикского карбонатного комплекса. Горизонт дренируется долинами рек Ижоры, Тосны, Саблянки. Эксплуатация вод данных отложений ограничена. На разведанной площади ордовикского горизонта в юго-восточном направлении установлено увеличение общей минерализации вод. По химическому составу это преимущественно хлоридно-натриевые воды, а воды с минерализацией до 0,6 г/л гидрокарбонатно-хлоридно-натриевые. Общая жесткость от 2 до 5,8 мг-экв/л. Отмечается несколько повышенное содержание железа – 0,9-2,6 мг/л. Содержание радиоактивных элементов и микрокомпонентов не превышает санитарных норм. В бактериологическом отношении воды здоровые – коли-титр более 333. В правобережной части г.Тосно воды ордовикского горизонта имеют минерализацию свыше 1 г/л.

Кембро-ордовикский водоносный комплекс объединяет разновозрастные песчано-глинистые породы: пиритаский горизонт нижнего кембрия, тискреский горизонт среднего кембрия (тосненская свита), оболочные песчаники пакерортского горизонта

нижнего ордовика. Воды порово-трещинно-пластовые, напорные, гидрокарбонатные магниевые-калийные. В отдельных родниках вдоль глинта наблюдается повышенная радиоактивность, обусловленная выщелачиванием диктионемовых сланцев. Местами в родниках содержится повышенное количество железа. Питание комплекса происходит за счет вод, поступающих из вышележащего ордовикского комплекса. Дренаруется он глинтами и глубокими долинами крупных рек. Режим вод комплекса отличается постоянством, за исключением приглинтавой полосы, где годовая амплитуда колебаний уровня превышает 2 м, к югу от глинта амплитуда колебаний уровня не превышает 0,5 м. Как источник водоснабжения воды кембро-ордовикского комплекса наибольшее значение имеют в приглинтавой полосе, где вышележащие ордовикские известняки в значительной мере дренированы.

Для оценки эксплуатационных запасов было применено численное моделирование [1, 3]. Основной эксплуатирующей горизонт (кембро-ордовикский) схематизируется как напорный, сравнительно однородный, неограниченный и изолированный.

Моделирование проводилось с помощью программы РМ. Модель была представлена одним слоем. Задача решалась в напорной, стационарной постановке. Исходные данные для модели: коэффициент фильтрации равен  $10 \text{ м}^2/\text{сут.}$ , на границах

модели заданы условия I рода. На первом этапе моделирования решалась эпигнозная (обратная) задача.

Далее были проведены расчеты основной прогнозной задачи, которые показали, что эксплуатационные запасы подземных вод объемом  $8600 \text{ м}^3/\text{сут.}$  являются обеспеченными на весь период водопотребления.

Построенная численная модель требует доработки в направлении учета следующих факторов:

- 1) несовершенство эксплуатационных скважин;
- 2) неравномерность инфильтрационного питания;
- 3) учет взаимодействия поверхностных и подземных вод;
- 4) подтягивание некондиционных вод из нижележащих водоносных горизонтов;

В настоящее время нами разработана более сложная трехмерная численная модель, на которой сделана попытка учесть перечисленные выше факторы.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Антонов В.В. Практикум по оценке эксплуатационных запасов подземных вод // ЛГИ, Л., 1985.
2. Антонов В.В. Гидрогеологические проблемы недропользования. СПб: Пангея, 1997.
3. Бореский Б.В. Оценка запасов подземных вод. Киев: Высшая школа, 1989.
4. Геология СССР. Геологическое описание (Ленинградская, Псковская, и Новгородская область) / Под ред. В.А.Селиванова. М.: Недра, 1971.

Научный руководитель профессор, д.г.-м.н. В.В.Антонов