УДК 556.338

Д.В.СЕРГЕЕВ
Санкт-Петербургский государственный горный институт (*технический университет*)

ПЕРЕОЦЕНКА КАЧЕСТВА ПОДЗЕМНЫХ ВОД НИЖНЕКОТЛИНСКОГО ВОДОНОСНОГО КОМПЛЕКСА ПО РАДИАЦИОННЫМ ПОКАЗАТЕЛЯМ

Работа посвящена переоценке качества подземных вод нижнекотлинского водоносного комплекса по радиационным показателям. На первом этапе исследований произведено площадное радиогидрохимическое опробование водоносного комплекса с определением содержания ^{222}Rn, а также показателей суммарной α- и β-активности. На втором этапе подземные воды в ограниченном количестве точек опробования идентифицированы на радиоактивные изотопы: ^{211}Po, ^{210}Pb, ^{226}Ra, ^{228}Ra, ^{222}Rn. Рассчитан показатель радиационной безопасности. Предложены направления дальнейших исследований.

The work is dedicated to re-estimation of the underground water quality at the Nizhnekotlinsky water-bearing complex according to the radiation indices. At the first stage of the investigation the water is tested for the quantity of ^{222}Rn and indices of total α- and β-activity. At the second stage some samples are tested for ^{211}Po, ^{210}Pb, ^{226}Ra, ^{228}Ra, ^{222}Rn isotopes, and the index of radiation safety is calculated. Directions continue the investigation are offered.

Качество подземных вод определяется двумя группами факторов: естественными (геологическими) и антропогенными (техногенными).

Первая группа факторов обуславливает качество подземных вод, связанное с составом водовмещающих пород, физико-химическими условиями их формирования и циркуляции.

Вторая группа факторов, связанная с антропогенными загрязнениями, весьма динамична и требует постоянных наблюдений.

В числе естественных факторов наименее изученным оказалось содержание микрокомпонентов и радиоактивных веществ в подземных водах.

В последние годы в нашей стране все больше и больше внимания уделяется проблемам радиационной безопасности населения. Исследования, проведенные МАГАТЭ, ЮНЕСКО и другими международными организациями, показывают, что основная часть населения подвергается радиоактивному облучению преимущественно от естественных источников радиации, как внешних, так и внутренних (при дыхании, с пищей и водой). При внутреннем излучении наибольший вред здоровью наносят α- и β-лучи[*].

В рамках современных требований радиационной безопасности на территории многих регионов России все более актуальным становится вопрос переоценки качества подземных вод по радиационным показателям. В Ленинградской обл. можно выделить несколько водоносных комплексов, используемых для хозяйственно-питьевого водоснабжения, которые отличаются повышенными показателями радиоактивности. Одним из них является нижнекотлинский терригенный комплекс, подземные воды которого эксплуатируются многочисленными скважинами на территории Карельского перешейка.

Нижнекотлинский водоносный комплекс (ВК) залегает непосредственно на кристаллическом фундаменте и представлен переслаивающимися пачками мелко- и разнозернистых песчаников и песков, алевро-

[*] Недра России. Том 2. Экология геологической среды / Под ред. Н.В.Межеловского, А.А.Смыслова; Межрегион. центр по геол. картографии. СПб-М., 2002.

литов и глин. Общая мощность комплекса на участках залегания под четвертичными отложениями изменчива и составляет 10-80 м, под верхнекотлинскими глинами мощность довольно постоянна – от 80-95 до 120 м. Подземные воды песчаных слоев повсеместно напорные и имеют общую пьезометрическую поверхность. По мере погружения комплекса с северо-запада на юго-восток пресные гидрокарбонатные кальциевые воды сменяются солеными хлоридными натриевыми. Граница пресных и соленых вод проходит по линии от Сестрорецка через ст.Пери к пос.Токсово. Южнее этой линии развиты минеральные воды, севернее – пресные с минерализацией менее 1 г/дм^3. На территории Санкт-Петербурга минерализация вод нижнекотлинского ВК составляет уже 3-5 г/дм^3, солоноватые воды здесь используются для технического водоснабжения и розлива минеральных вод.

Пресные подземные воды нижнекотлинского комплекса используются для организации централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения относительно крупных населенных пунктов, таких как Рощино, Сертолово, Сосново, Цвелодубово, Первомайское, Васкелово и др., а также мелких населенных пунктов, садоводств и индивидуальных застроек. Функционируют производства бутылированных питьевых и лечебно-столовых минеральных вод (Охтинская, Мариинская). При этом по бактериологическим, органолептическим и токсикологическим показателям качество используемых вод обычно соответствует нормам.

Была поставлена цель – изучение качества подземных вод нижнекотлинского ВК в рамках современных представлений о радиационной безопасности согласно требованиям НРБ-99, СанПиН 2.1.4.559.96, СанПиН 2.1.4.1074.01. Для реализации поставленной задачи изначально предполагалось провести радиогидрохимическое опробование водоносного комплекса на Карельском перешейке для всех выделенных по прямым и косвенным признакам участков (площади с аномальными содержаниями урана в почве, радиевые ореолы по аэрогамма-съемке, гидрохимические ореолы по радону, зоны радоноподводящих разломов и др.) предположительно неблагополучного радиационного состояния. После анализа дополнительных материалов и в соответствии с рекомендациями экспертов было решено провести площадное опробование на всей территории развития пресных вод изучаемого водоносного комплекса (около 6000 км^2). В качестве главного исполнителя работ выступило ФГУП ПКГЭ.

Водоносный комплекс опробовался в 158 водозаборных скважинах (крупные населенные пункты, летние базы отдыха и др.) по показателю суммарной альфа- и бета-активности, также из этих точек опробования отбирались пробы на определение сухого остатка (для выявления закономерностей изменения значений радиационных показателей и радионуклидного состава подземных вод в зависимости от минерализации), в 107 скважинах была определена концентрация радона-222.

Проведенными исследованиями установлено площадное загрязнение подземных вод радионуклидами. В большинстве проб (75 %) суммарная альфа-активность превышает допустимый уровень (0,1 Бк/кг), составляет в среднем 0,16 Бк/кг и изменяется в пределах от 0,03 Бк/кг до 2,6 Бк/кг. Максимальные значения суммарной альфа-активности (0,7-2,6 Бк/кг) зафиксированы в скважинах пос. Екатериновка, Запорожье, Ильичево, Керро, Коробицино, Куйвози, Лебедевское, Черная Речка, Цвелодубово, ст. Петяярви. Суммарная бета-активность выше норматива (1,1-1,4 Бк/кг) отмечается только в четырех пробах, средние значения суммарной бета-активности не более 0,4 Бк/кг. Содержание радона в исследуемых пробах колеблется от 0 до 150 Бк/кг, среднее содержание радона составило 25 Бк/кг. Для девяти точек опробования концентрация радона-222 в подземных водах нижнекотлинского ВК превысила норму, установленную НРБ-99 (60 Бк/кг).

Далее в соответствии с методическими рекомендациями* по альфа-активности на

* Радиационный контроль питьевой воды: Методические рекомендации / Минздрав России. М., 2000.

исследуемой территории выделено четыре градации уровней (при $\sum A_\beta \le 1{,}0$):

1) $\sum A_\alpha \le 0{,}1$ (41 проба или 25 %; уровень в пределах нормы СанПиН, радионуклидный состав не контролируется);

2) $0{,}1 < \sum A_\alpha \le 0{,}2$ (24 пробы или 14 %; уровень не соответствует нормам СанПиН, необходима идентификация присутствующих в воде радионуклидов);

3) $0{,}2 < \sum A_\alpha \le 0{,}4$ (67 проб или 41 %; уровень не соответствует нормам СанПиН, необходима идентификация присутствующих в воде радионуклидов);

4) $\sum A_\alpha > 0{,}4$ (34 пробы или 20 %; уровень не соответствует нормам СанПиН, необходима идентификация присутствующих в воде радионуклидов), где $\sum A_\alpha$ – суммарная альфа-активность, Бк/кг; $\sum A_\beta$ – суммарная бета-активность, Бк/кг.

На второй стадии исследований в ограниченном количестве точек (28 скважин) были проведены работы по изучению распределения естественных радионуклидов (радионуклидный анализ). Идентификации подвергались пробы с суммарной альфа-активностью не менее 0,4 Бк/кг (0,36-2,6 Бк/кг). Определялся следующий ряд изотопов: радий-226 (^{226}Ra), радий-228 (^{228}Ra), полоний-211 (^{211}Po), свинец-210 (^{210}Pb) и радон-222 (^{222}Rn).

Аналитические исследования проб воды на уран-234 (^{234}U) и уран-238 (^{238}U) не проводились, так как допустимые уровни вмешательства для изотопов урана много выше, чем их содержание в подземных водах на территории Карельского перешейка.

Результаты анализов указывают на то, что концентрации отдельных изотопов в большинстве случаев не превышают допустимых значений, соответствующих требованиям НРБ-99. Исключением являются изотопы ^{228}Ra, ^{222}Rn.

Согласно НРБ-99 производилась оценка по критерию радиационной безопасности. Вода признается соответствующей этому критерию, если:

$$\sum \frac{A_I}{УВ_i} + \sqrt{\sum \left[\frac{\nabla A_I}{УВ_i} \right]^2} \le 1,$$

где A_i – измеренная удельная активность радионуклида *i* в воде, включая ^{222}Rn; $УВ_i$ – соответствующий уровень вмешательства ($УВ^{вода}$) согласно приложению П-2 НРБ-99; ∇A_i – абсолютная погрешность измерения удельной активности радионуклида *i*.

Согласно полученным данным, наибольший вклад в величину критерия радиационной безопасности вносят радионуклиды ^{226}Ra, ^{228}Ra, ^{222}Rn.

Проведенные расчеты показали, что по критерию радиационной безопасности вода в 15 из 28 опробованных скважин не соответствует нормативному показателю, без учета изотопа ^{222}Rn в 11 скважинах.

Для оценки зависимости значений радиационных показателей в подземных водах нижнекотлинского ВК от расположения тектонических разломов, минерализации воды и параметров водозаборных скважин рассчитывались коэффициенты корреляции, но пока широкая дисперсия не обнаруживает четких зависимостей распределения этих величин.

Необходимы дальнейшие исследования для выявления зависимости содержаний радионуклидов от геологического и тектонического строения на данной и прилегающей территории, позволяющие выявить закономерности формирования концентраций радиоактивных изотопов и связи с природными факторами. Для этого следует провести не только неоднократный анализ проб воды (измерения должны характеризовать качество воды на протяжении всего года), но и полное исследование естественных радионуклидов природных семейств урана и тория водовмещающих пород, подстилающих и перекрывающих отложений.

При обнаружении в воде действующих источников водоснабжения стабильного присутствия радионуклидов выше уровня вмешательства (приложение П-2 НРБ-99) необходимо провести санитарно-эпидемиологическую экспертизу о возможности дальнейшего использования источника или необходимости осуществления защитных мер.

Научный руководитель д.г.-м.н. проф. *А.И.Коротков*