

губно сказалось на эффективности рудной геофизики при поисках рудных месторождений в России на фоне все возрастающего интереса к рудной сейсморазведке в зарубежных странах.

3. Возрождение рудной сейсморазведки в России находится в прямой зависимости от правильной организации работ [9]. Включение сейсморазведки в общий комплекс геофизических методов при поисках рудных месторождений является важнейшим условием повышения эффективности комплексирования методов на различных стадиях региональных и поисковых исследований.

4. С учетом накопленного опыта сейсморазведки в рудных районах, а также возможностью оснащения сейсморазведки самыми последними сейсмическими технологиями, в том числе современными вычислительными комплексами, которыми располагает РФ, имеется реальная возможность восстановить метод в общем комплексе геолого-геофизических методов при решении рудопоисковых задач на более высоком технологическом уровне.

5. Реализация сейсморазведки в рудных районах на современном уровне позволит перейти к новому этапу решения задач структурного контроля рудных месторождений с возможностью прогноза вещественного состава горных пород и, в конечном итоге, перейти к решению проблемы прямых поисков и диагностики рудных залежей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Быков, И.А. Алгоритмы цифровой обработки трехкомпонентных скважинных наблюдений / И.А. Быков, И.М. Тихонова // Вопросы динамической теории распространения сейсмических волн. — Л.: Наука, 1980. — Вып. XX. — С. 135 — 155.
2. Гальперин, Е.И. Методические рекомендации по применению поляризационного метода сейсмической разведки / Е.И. Гальперин, Л.А. Певзнер, Н.А. Караев и др. — Алма-Ата: МГСССР, 1984.

3. Гельчинский, Б.Я. Теоретико-модельные исследования волновых полей, образующихся в гетерогенных системах / Б.Я. Гельчинский, Н.А. Караев, Л.Д. Коган // Региональная, разведочная и промысловая геофизика. — ВИАМС, 1977. — № 11. — 35 с.
4. Гродзянская, Т.М. Сейсморазведка на непрерывных волнах / Т.М. Гродзянская, Ю.П. Лукашин // Нефтегазовая геология и геофизика — М.: ВНИИОЭНГ, 1969. — 80 с.
5. Дитмар, П.В. Использование лучевой томографии в задачах рудной сейсморазведки. Геология и Геофизика / П.В. Дитмар, Ю.П. Миньшиков и др. — Новосибирск: Наука, 1990.
6. Караев, Н.А. Сейсмический метод отраженных волн в рудных районах. Методическое руководство / Н.А. Караев, Ю.П. Лукашин, Г.Я. Рабинович и др. / Под ред. И.П. Косминской. — Л.: Недра, 1982. — 308 с.
7. Караев, Н.А. Атлас сейсмических моделей и волновых полей рудных районов / Н.А. Караев, Г.Я. Рабинович / Под ред. И.П. Косминской. — СПб.: ВИРГ, 1995. — 165 с.
8. Караев, Н.А. Рудная сейсморазведка / Н.А. Караев, Г.Я. Рабинович. — М.: Геоинформмарк, 2000. — 366 с.
9. Караев, Н.А. Становление и пути развития рудной сейсморазведки / Н.А. Караев // Технологии сейсморазведки. — 2007. — № 4.
10. Караев, Н.А. Физическое моделирование порово-трещинных объектов с возможностью тестирования сейсмических технологий / Н.А. Караев, Г.Н. Караев, Ю.П. Лукашин, О.М. Прокатор // Технологии сейсморазведки. — 2010. — № 3. — С. 96–104.
11. Караев, Н.А. Сейсмическая гетерогенность земной коры в изображениях поля рассеянных волн / Н.А. Караев, Ю.П. Лукашин. — М.: «ЕАГЕ Геомодель», 2016. — 160 с.
12. Лукашин, Ю.П. Методические рекомендации по применению комплекса вибросейсмической аппаратуры ВСК-1 / Ю.П. Лукашин, Ю.Г. Щерба и др., 1981.
13. Певзнер, Л.А. Сейсмическое просвечивание сложных сред / Л.А. Певзнер, В.Л. Покидов, В.А. Циммер. — Алма-Ата, 1984.
14. Gelcinsri, B. Theoretical and model investigation waves scattered by quasithien bodies of arbitrary shape / B. Gelcinsri, N. Karaev // AnnmGeophys. — 1980. — Т. 36. — fasc 4.
15. Gelcinsri, B. Heterodeneons seismic models formed by inclesions of wave fields in them / B. Gelcinsri, N. Karaev // AnnmGeophys. — 1980. — Т. 36. — fasc 4.

© Коллектив авторов, 2016

Караев Назим Алигейдарович // nazim_karaev@mail.ru
Лукашин Юрий Петрович // 1932-luk@bk.ru
Рабинович Григорий Яковлевич
Ронин Аркадий Львович // geo@geolraz.com

ГИДРОГЕОЛОГИЯ И ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОЛОГИЯ

УДК 556.31

Годин В.Ю. (ООО «АКВАЛАЙН», ООО «КАРЕЛА»)

ФИЗИОЛОГИЧЕСКИ ПОЛНОЦЕННАЯ ПИТЬЕВАЯ ВОДА ДЛЯ ЖИТЕЛЕЙ САНКТ-ПЕТЕРБУРГА И ЛЕНИНГРАД- СКОЙ ОБЛАСТИ

Согласно принятой методологии дан анализ отечественной и зарубежной литературы в области оценки влияния водного фактора на здоровье человека, изучены свойства невской воды и проведен ее сравнительный анализ с подземными питьевыми водами Санкт-Петербурга и Ленинградской области, дана оценка питьевым водам Санкт-Петербурга, изучены и исследованы региональные геохимические особенности и ресурсы подземных питьевых вод. По результатам проведенных исследований предложена физиологически полноценная питьевая вода ФППВ для региона 47 (Ленинградская область) и 78 для города (Санкт-Петербург). Установлены географические грани-

цы зоны ее распространения. **Ключевые слова:** физиологически полноценная питьевая вода, оптимальная минерализация, общая жесткость, подземные питьевые воды, водоносный комплекс, гидрогеология, вендский водоносный комплекс, макро- и микрокомпонентный состав.

Godin V.Yu. (Aqualine, Karela)

PHYSIOLOGICALLY COMPLETE DRINKING WATER FOR
RESIDENTS OF ST. PETERSBURG AND LENINGRAD
REGION

According to the adopted methodology for the analysis of domestic and foreign literature in the field of assessing the impact of the water factor on human health, study the properties of the Neva water and held her comparative analysis of underground drinking water of St. Petersburg and Leningrad region, assessed the drinking waters of St. Petersburg, studied and investigated regional geochemical features and resources of underground drinking water. There is on the results of the research proposed physiologically full drinking water for the region FPPV 47 (Len-

ingrad region) and 78 for the city (St. Petersburg). There were established geographic boundaries of its distribution area. Key-words: physiologically full drinking water, the optimum salinity, total hardness, underground drinking water aquifer system, hydrogeology, Vendian aquifer system, macro and micro component composition.

В настоящее время в науке и обществе возник ослабевающий интерес к изучению воды, ее уникальных биологических и химико-физических свойств. Ведутся эксперименты, исследующие влияние воды на здоровье человека и экосистемы, явления электромагнетизма в воде и факты нелокального взаимодействия в водных средах, включая биологические. Интенсивное развитие гидрогеологических, гидрохимических и медико-экологических исследований позволило оценить влияние водного фактора на здоровье человека. Приоритетный характер в формировании здоровья человека носят региональные типологические особенности питьевой воды. Научно доказана прямая зависимость здоровья человека от состояния воды, которую он пьет [1]. Это позволяет существенно продвинуться в проблемах безопасности жизни, немедикаментозных способов борьбы с болезнями цивилизации, продления активной жизни человека. Учитывая зависимость состояния здоровья населения от минерального состава питьевой воды, ученые РАМН определили физиологическую полноценность питьевой воды (ФППВ) в соответствии с нормативами высшей категории СанПиН 2.1.4.1116–02 (табл. 1, [7]).

Установлено, что многих болезней можно избежать, если бы люди употребляли качественную физиологически полноценную питьевую воду. Однако поверхностные питьевые воды повсеместно загрязнены, а экономическая эффективность использования подземных высококачественных питьевых вод пока не изучена и не исследована должным образом. Для жителей Санкт-Петербурга и Ленинградской области эта проблема также является актуальной. В СанПине 2.1.4.1116–02 установлены жесткие рамки для физиологически полноценной питьевой воды по количественным показателям. Нормативы действуют на всей территории РФ. Однако водопроводная вода хозяйст-

венно-питьевого назначения более чем пятимиллионного Санкт-Петербурга далека от стандартов физиологически полноценных питьевых вод. В Санкт-Петербурге общая заболеваемость взрослых болезнями системы кровообращения, эндокринной системы, инфекционными болезнями и др. выше среднего уровня по России.

Основным источником хозяйственно-питьевого водообеспечения населения Санкт-Петербурга служит р. Нева, которая входит в систему Невско-Ладожского бассейна и является частью Волго-Балтийского водного пути. Эти поверхностные воды представлены гидрокарбонатным классом и характеризуются низкой минерализацией (59 мг/л), жесткостью (0,58 мг-экв/л), малым содержанием микроэлементов (кальция — 7,8 мг/л, магния — 2,5 мг/л, калия — 2,8 мг/л, НСО₃ — 14,9 мг/л, фтора и йода). Качество воды в р. Нева формируется не только природными факторами, но в большой степени результатами хозяйственной деятельности.

В 2011 г. управлением Роспотребнадзора, ГУП «Водоканал СПб» при участии ФГУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в городе СПб», Санкт-Петербургской государственной медицинской академии И.И. Мечникова, НИИ экологии и гигиены окружающей среды им А.Н. Сысина, Комитета по здравоохранению и образованию Правительства СПб, частных компаний, в том числе «АКВАЛАЙН» и др. разработана концепция формирования условий для снабжения Санкт-Петербурга ФППВ. Рекомендуемые нормативы ФППВ для Санкт-Петербурга следующие: общая минерализация 300 — 400 мг/л, общая жесткость 3–4 мг-экв/л, кальций 50–70 мг/л, магний 25–30 мг/л, калий 10–15 мг/л, бикарбонаты 250–400 мг/л, фторид-ионы 0,7–0,8 мг/л, йодид-ионы 40–50 мкг/л [6]. Заданный норматив ФППВ, по мнению авторов, может быть достигнут с использованием различных организационных и технологических решений. В качестве сырья для производства ФППВ может служить вода водопроводная, а также вода подземных и открытых источников. Предусматривается разработка технологических систем кондиционирования водопроводной воды, подземных вод, разработка технологий изменения качественного состава питьевой воды за счет смешивания различных

по составу вод и другие мероприятия. Концепция разработана в рамках территории Санкт-Петербурга, в которой нужно шире развивать возможности использования подземных питьевых вод.

Цель настоящего исследования состояла в том, чтобы в границах административных районов Ленинградской области и Санкт-Петербурга определить места формирования физиологически полноценных питьевых подземных вод, оценить перспективу их использования для водоснабжения.

Таблица 1
Нормативы физиологической полноценности питьевой воды

Показатели	Единицы измерения	Нормативы физиологической полноценности питьевой воды, в пределах	Нормативы качества расфасованных вод	
			первая категория	высшая категория
Общая минерализация (сухой остаток)	мг/л	100 – 1000	1000	200–500
Жесткость	мг-экв/л	1,5–7	7	1,5–7
Щелочность	–«–	0,5–6,5	6,5	0,5–6,5
Кальций (Ca)	мг/л	25–130	130	25–80
Магний (Mg)	–«–	5–65	65	5–50
Калий (K)	–«–	—	20	2–20
Бикарбонаты (НСО ₃)	–«–	30–400	400	30–400
Фторид-ион (F)	–«–	0,5–1,5	1,5	0,6–1,2
Йодид-ион (J)	мкг/л	10–125	125	40–60

Научно-исследовательская и опытно-практическая работа проводится автором с 1999 г. Основной исследовательский материал собран автором и руководимыми им группой компаний «АКВАЛАЙН» и «КАРЕЛА» в ходе выполнения работ по изучению ресурсов подземных вод, их химического состава, дебита, исследованию существующих водозаборов и бурению новых экспериментальных артезианских скважин. Также в работе использованы материалы исследований подземных вод:

1. Гидрогеологических служб ОАО «Комплексная геологическая экспедиция» (ОАО «Росгеология»);
2. Городских, областных и районных управлений Роспотребнадзора в период с 1980 по 2013 г.;
3. ООО «Геостром», выполнявшего в 2003–2004 гг. работы по изучению основных водоносных горизонтов (ВГ) и комплексов (ВК) дочетвертичных отложений в рамках региональной целевой программы «Водоохранные и водохозяйственные работы Ленинградской области на 2003–2005 гг.».

Одним из результатов проведенных работ явилось издание монографии: «Гидрогеологическое заключение: состояние питьевых подземных вод Ленинградской области», в которой содержится аналитические и статистические данные в объеме 186 листов и обширный картографический материал [2]. Открыто месторождение физиологически полноценной питьевой воды (47; 78) для жителей Санкт-Петербурга и Ленинградской области. Эксплуатация месторождения ведется с 2008 г.; ФППВ (47; 78) соответствует эколого-физиологическому критерию оптимальности макро- и микроэлементного состава питьевых вод региона Ленинградской области и Санкт-Петербурга. Ее общая минерализация находится в более жестком диапазоне — 150–350 мг/л. Вода гидрокарбонатная относится к маломинерализованным водам.

Содержание основных жизненно важных биогенных элементов: общая жесткость 1,2 — 4,5 мг-экв/л, щелочность 1 — 5, кальций 10 — 40 мг/л, магний 5 — 45 мг/л, калий 2 — 20 мг/л, бикарбонаты 50 — 300 мг/л, фторид-ионы 0,5 — 1,0 мг/л, йодид-ионы 5 — 100 мг/л. Структура подземной питьевой воды соответствует состоянию организма человека, проживающего в данном регионе: 150–350 мг/л — оптимальный уровень минерализации (население Санкт-Петербурга адаптировано к воде низкой минерализации).

Формула ФППВ (47; 78), по М.Г. Курлову, из артезианских скважин № 33145 пос. Сосново (зона 4/1 на карте-схеме, рис. 1) следующая:



Вода — близкая к нейтральной, мягкая, гидрокарбонатно-кальциево-магниевая-натриевая.

Формула ФППВ (47; 78), по М.Г. Курлову, из артезианской скв. 609 г. Подпорожье (зона 4/2 на карте-схеме, рис. 1) имеет вид:



Вода — слабощелочная, мягкая, гидрокарбонатно-кальциево-магниевая-натриевая.

Обоснована методологическая схема исследований по выбору полезной подземной питьевой воды. Для решения поставленной цели надо было знать и определить, какая подземная питьевая вода должна быть полезной для жителей Санкт-Петербурга и Ленинградской области: такая, как в реке Нева; такая, как по нормативам учебных РАМН, кондиционированная, обратноосмотическая, или другая — новая.

Химический состав питьевой воды р. Нева является уникальным для данной местности. Население на протяжении долгих сотен лет адаптировалось и привыкло к такой воде. Переход от поверхностных вод к использованию подземных неразрывно связан с повышением уровня минерализации, обусловленным спецификой их формирования. Согласно результатам исследований А.А. Шварца [8], «в пределах Санкт-Петербургского региона подземные маломинерализованные воды, соответствующие требованиям высшей и первой категорий качества, являются дефицитным, особо ценным ресурсом».

В работах ряда ученых дается рекомендация использовать в качестве питьевых мягкие маломинерализованные воды. Врач-бальнеолог Лозинский А.А. в книге «Лекции по общей бальнеологии» (1949 г.) утверждал: «Чем меньше минерализация воды, тем легче вода проникает в ткани через слизистые оболочки. Влияние принадлежит не тем твердым веществам, которые растворены в воде, а самой воде, принимаемой внутрь». Врач-физиолог Залманов А.С. в книге «Тайная мудрость человеческого организма» раскрывает сущность естественных защитных сил организма и способы их стимуляции путем капилляротерапии. В тончайших капиллярах начинается засорение, закупоривание бляшками — начало многих грозных болезней. Нарушение в работе капилляров приводит к замедлению движения жидкости в организме. Вода при этом является защитным фактором. Она проводит к клеткам питание и удаляет из них выделения, в результате чего непрерывно происходит промывание и питание всех тканей как изнутри, так и снаружи. Поэтому вода имеет главенствующее физиологическое значение для организма. Неумывакин И.П., доктор медицинских наук, рекомендует пить воду «живую» (щелочную) из натуральных источников, а также талую воду [5]. Он обращает внимание на тот факт, что, употребляя простую воду, мало кто задумывается о том, что «на самом деле не такая уж она и простая». Известный украинский ученый Друзьяк Н.Г. утверждает, что полезная вода — мягкая, содержание ионов кальция в которой 8–20 мг/л. По оценкам ученого Куренного В.В., к питьевым подземным водам в отличие от действующих нормативов следует относить воды, которые по своим качественным показателям выделяются среди пресных вод по величине общей минерализации в интервале 0.25–0.75 г/л. По утверждению академика РАМН Рахманина Ю.А.: «Высшей категории качества вода разливается только из самостоятельных подземных очень хорошо защищенных и качественных водоисточников. Вода должна использоваться из подземного источника с минимальным вмешательством в ее химический состав и разливаться непосредственно на источнике, чтобы сохранить все свои качества».

На основании проведенных исследований, данных из научных работ известных трудов по физиологии, биологии, медицины и личных исследований дана оценка питьевым водам, которые используются на территории Санкт-Петербурга, изучены свойства невской воды и проведен ее сравнительный анализ с другими водами рек и озер, а также с подземными артезианскими водами. Изучены региональные геохимические особенности и ресурсы подземных питьевых вод. На этой основе определено наиболее приемлемое для населения региона состояние воды. При выборе подземной питьевой воды основополагающее значение имели нормативные требования СанПиН 2.1.4.1116-02 и органолептические качества воды, получаемые в соответствии с СанПиНом в аккредитованных лабораториях. Для сравнения органолептических качеств различных по составу подземных питьевых вод и питьевой водой р. Нева проведены многочисленные дегустации воды жителями Санкт-Петербурга и районов Ленинградской области, а также эксперименты дегустации вкусовых качеств воды при заваривании чая, кофе и др.

Сбор материалов осуществлен традиционным способом. Брали образцы воды из действующих скважин, родников и колодцев. Химический анализ проводили в лабораториях Регионального аналитического центра. Полученные данные сравнивали с данными, накопленными за прошлые годы, хранящимися в госгеолфондах. На основе 3D моделирования строили гидрогеологические карты.

Краткая гидрогеологическая характеристика территории Санкт-Петербурга и Ленинградской области.

Ленинградская область расположена на северо-западной окраине Московского артезианского бассейна и частично (на Карельском перешейке) в пределах Балтийского гидрогеологического массива. Осадочный чехол артезианского бассейна нарастает в юго-западном направлении от верхнепротерозойских (вендских) отложений в обрамлении Балтийского массива до карбонатовых отложений на юго-востоке области, где его мощность достигает 800 м. Пресные подземные воды питьевого качества связаны с верхними слоями осадочного чехла и с четвертичным покровом. Мощность зоны пресных вод изменяется от первых десятков метров до 300 м и более, обычно она составляет 100–200 м. Повсеместно с погружением слоев подземные воды наращивают минерализацию и переходят в разряд минеральных. Сводная укрупненная гидрогеологическая стратификация территории Ленинградской области приведена на карте-схеме (рис. 1).

Четвертичные отложения.

Четвертичный покров имеет практически сплошное распространение на территории области. Его мощность весьма изменчива — от первых метров на ряде водораздельных пространств до 100 м и более в погребенных долинах. В составе четвертичных отложений преобладают слабо проницаемые песчано-глинистые породы, в том числе валунные суглинки и супеси морены осташковского оледенения, играющей роль регионального водоупора.

Межморенный комплекс напорных подземных вод в составе московско-валдайского и днепровско-москов-

ского горизонтов наиболее широко развит и интенсивно эксплуатируется на Карельском перешейке. На остальной территории области комплекс локализован отдельными погребенными долинами. Подземные воды межморенного комплекса пресные гидрокарбонатные кальциевые и натриевые.

Каменноугольные отложения.

Отложения нижнего отдела каменноугольной системы развиты в восточной части Ленинградской области в пределах Карбонового плато (Тихвинский и Бокситогорский районы). По степени и характеру водоносности их можно разделить на два водоносных комплекса: карбонатный веневско-протвинский и карбонатно-терригенный тульско-михайловский. Первый объединяет четыре водоносных горизонта известняково-доломитовых пород (протвинский, тарусский, стешевский и веневский), разобренных песчано-глинистыми пачками; второй представлен толщей переслаивания карбонатных и песчано-глинистых пород с убыванием карбонатной составляющей вниз по разрезу. Важной особенностью веневско-протвинского водоносного комплекса является закарстованность карбонатных пород, что определяет неравномерную, но преимущественно высокую водопроницаемость. Это же обстоятельство обуславливает тесную связь водоносных горизонтов каменноугольных отложений с поверхностными и болотными водами и соответственно подверженность загрязнению. В качественном отношении подземные воды каменноугольных отложений пресные (минерализация 0,3–0,6 г/дм³) гидрокарбонатные кальциевые и магниевые-кальциевые с повышенной жесткостью.

Девонские отложения.

Развиты на значительной части территории Ленинградской области, отличаются большой литолого-фациальной неоднородностью. В северной части области они образуют довольно однообразную слабоводоносную песчано-глинистую толщу, не поддающуюся расчленению на отдельные водоносные горизонты. В центральной и южной частях области девонскую толщу укрупнено можно разделить на два водоносных комплекса: верхний карбонатно-терригенный, включающий франский и фаменский ярусы, и нижний наиболее фациально выдержанный, объединяющий песчано-глинистые отложения эйфельского и франского ярусов (арукюласко-швянтыйский водоносный комплекс). За редким исключением подземные воды девонских отложений напорные. В основании девонской толщи залегает карбонатно-глинистый наровский горизонт, рассматриваемый как региональный водоупор, разделяющий водоносные системы девона и ордовика.

Пресные подземные воды девонских отложений в основном гидрокарбонатные магниевые-кальциевые. Для арукюласко-швянтыйского водоносного комплекса характерно высокое содержание железа.

Ордовикский водоносный комплекс распространен к югу от Балтийско-Ладожского уступа (глинта), слагая Ижорское и Волховское плато и представлен известняками, часто доломитизированными, реже — доломитами. На Ижорском плато верхние горизонты комплекса сильно закарстованы, широко развиты поверхностные

формы карста. Здесь подземные воды имеют напорно-безнапорный характер, на остальной территории подземные воды напорные. Соответственно степени закарстованности водопроницаемость карбонатных пород изменяется в весьма широких пределах, достигая 10 тыс. м³/сут и более. Пресные подземные воды ордовикского комплекса имеют гидрокарбонатный магниево-кальциевый состав, отличаются повышенной жесткостью. На Ижорском плато отмечается бактериальное и химическое загрязнение подземных вод нитратами, нефтепродуктами, СПАВ.

Ломоносовский водоносный горизонт залегает под четвертичными отложениями лишь в узкой полосе на Предглинтовой и Приладожской низинах, на остальной площади своего распространения перекрыт лонтоваским водоупором. Горизонт мощностью 10–20 м представлен песками, песчаниками, алевролитами, переслаивающимися с глинами. На западе области ломоносовский водоносный горизонт наращивается литологически однотипными отложениями воронковской свиты вендской системы. Водопроницаемость горизонта убывает с запада на восток от 100–200 до 10–20 м³/сут.

Верхнепротерозойские отложения.

На территории Ленинградской области относятся к вендской системе и представлены гдовским и котлинским горизонтами. Гдовский горизонт распространен практически повсеместно. Верхнекотлинский водоносный горизонт мощностью около 40 м используется для хозяйственно-питьевого водоснабжения в Подпорожском и Лодейнопольском районах. Для водоснабжения г. Подпорожье разведано и эксплуатируется месторождение подземных вод с запасами 17,5 тыс. м³/сут.

Минерализация подземных вод комплекса в районе Подпорожья 0,2–0,3 г/дм³, у Лодейного Поля приближается к 1 г/дм³. По химическому составу воды комплекса гидрокарбонатные и гидрокарбонатно-хлоридные натриевые. В микрокомпонентном составе исследованиями прошлых лет по ограниченному перечню элементов отклонений от норм ПДК не отмечено.

Гдовский водоносный горизонт содержит пресные воды только на Карельском перешейке севернее г. Сестрорецка. Комплекс сложен песчаниками и алевролитами с прослоями глин и аргиллитов. В подошве горизонта присутствует слой гравелитов и грубозернистых песчаников. Его мощность в краевой части артезианского бассейна составляет 40–80 м. Водопроницаемость комплекса изменчива — от первых десятков до 500 м³/сут. Химический состав пресных вод — гидрокарбонатный и хлоридно-гидрокарбонатный натриевый, минеральных — хлоридный натриевый. Напорный характер горизонта придает ему высокую защищенность от поверхностного загрязнения.

На территории Ленинградской области пресные подземные воды распространены практически повсеместно за исключением ограниченных территорий вдоль р. Волхов и широко используются для централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения. В пределах области эксплуатация пресных подземных вод ведется более чем 3000 водозаборных скважин. О масштабности и водообильности подземных водоно-

сных комплексов Ленинградской области можно судить по прогнозным ресурсам питьевых подземных вод, которые составляют 4 млн. 701 тыс. м³/сут; из них регламентированный водоотбор по области равен 125,4 м³/сут [3, 4, 9].

Формирование химического состава подземных вод верхней гидродинамической зоны глубиной до 200 м происходит под влиянием набора природных и антропогенных факторов. Формирование состава подземных вод зоны активного водообмена зависит в первую очередь от трех главных факторов — климата, рельефа и геологического строения. Климатический фактор, а именно — расположение Ленинградской области и Санкт-Петербурга в зоне избыточного увлажнения, определяет большое количество атмосферных осадков, значительно превышающих величину общей испаряемости, а, следовательно, и значительное инфильтрационное питание подземных вод верхних водоносных горизонтов.

Краткая характеристика подземных вод по основным эксплуатационным водоносным горизонтам.

1. Веневско-протвинский водоносный комплекс на Карбоновом плато в Бокситогорском и Тихвинском районах перспективен для организации крупных водозаборов с производительностью более 1000 м³/сут. Подземные воды Карбонового плато значительно отличаются от вод Невы, используемых для водоснабжения Санкт-Петербурга, повышенной жесткостью (более 4 мг-экв/л и содержания кальция в большинстве проб более 50 мг/л), что связано с составом карбонатных отложений комплекса. Неравномерная защищенность веневско-протвинского комплекса от загрязнения, связанная с закарстованностью карбонатных пород, затрудняет поиск участков, соответствующих требованиям СанПиНа.

2. Ордовикский водоносный горизонт отличается наибольшей водопроницаемостью на территории Ордовикского плато (Ижорское плато), и часто подземные воды по химическому составу соответствуют нормативам физиологически полноценных питьевых вод. Вместе с тем, подземные воды ордовикских отложений характеризуются наиболее высокими показателями жесткости, часто на пределе нормативов (ПДК 7 мг-экв/л). Перспективные участки для поисков ФППВ могут быть выделены южнее и восточнее Ижорского плато. С учетом уровней содержания и соотношения макро- и микроэлементов в питьевой воде, общей санитарно-экологической обстановки и естественной защищенности подземных вод выделены три эколого-биогеохимические зоны физиологически полноценных питьевых вод, различающиеся по уровням содержания и соотношения микроэлементов в питьевой воде. Следует отметить, что с увеличением глубины залегания и погружением пород ордовика под девонские отложения связан рост минерализации подземных вод и изменение ионно-солевого состава с гидрокарбонатного на хлоридно-гидрокарбонатный.

3. Кембро-ордовикский водоносный горизонт наиболее перспективен на поиски ФППВ ввиду его защищенности от загрязнения и высокой вероятности обнаружения подземных вод с нормативным качеством по

химическому составу. Проблемными вопросами являются природная повышенная радиоактивность (альфа-радиоактивность) и необходимость контроля содержания микроэлементов, таких как железо и барий, локально марганец и бор. Следует отметить повышенную жесткость подземных вод кембро-ордовикских отложений. В большем числе водоисточников показатель жесткости превышает 5 мг-экв/л и концентрации кальция выше 50 мг/л.

4. Вендский водоносный комплекс наиболее перспективен на поиски участков физиологически полноценных питьевых вод, по минерализации и жесткости наиболее схожих с невскими водами, используемыми для водоснабжения Санкт-Петербурга. Рекомендуемые для поисков участки расположены на севере Всеволожского, на юге Выборского и в Приозерском районе — зона 4/1 на карте-схеме (рис. 1), а также на севере Лодейнопольского и Подпорожского районов — зона 4/2.

Обсуждение результатов

В результате сбора и систематизации геологической информации по основным эксплуатационным водоносным горизонтам изучены качество подземных вод и их удельный дебит. Методом наложения карт распространения водоносных горизонтов и административных районов области выделены перспективные участки подземных вод в границах административных районов Санкт-Петербурга и Ленинградской области.

Показана группа главных факторов физико-химических свойств питьевой воды: водородный показатель рН (кислотность воды), минерализация, жесткость, основные макроэлементы: калий, магний, кальций, натрий; неорганические соли: бикарбонаты, хлориды и сульфаты этих элементов — всего 12 показателей, а также 4 элемента, наиболее часто встречающиеся и оказывающие значительное влияние на качество подземных

вод основных водоносных комплексов Ленинградской области и Санкт-Петербурга: марганец, бор, железо и барий. Наибольшее влияние на качество рассматриваемых нами подземных вод из этой группы оказывает железо, концентрация которого в девонском комплексе при совместной эксплуатации ордовикского и девонского, карбонатного кембро-ордовикского водоносных комплексов в половине проб воды превосходит ПДК, установленные СанПиН 2.1.4.1116-02, и тем самым снижается качество воды. Влияние марганца значительно слабее, но его концентрация в десятки раз может превосходить ПДК. Наибольшее число превышений в архей-протерозойском водоносном комплексе. Содержание бария и бора более чем на 20 % проб превышает ПДК.

С учетом уровней содержания и соотношения макро- и микроэлементов в питьевой воде, общей санитарно-экологической обстановки и естественной защищенности подземных вод выделены три эколого-биогеохимические зоны физиологически полноценных питьевых вод, различающиеся по уровням содержания и соотношения микроэлементов в питьевой воде (рис. 1):

А. Зона ФППВ (47; 78) — физиологически полноценная питьевая вода для жителей региона № 47 (Ленинградская область) и 78 (Санкт-Петербург) — зоны 4/1 и 4/2;

Б. Зона физиологически полноценных питьевых вод (ФППВ) низшей категории качества — № 2, 3.

В. Зона ФППВ — проблемная по защищенности подземных вод экологически неблагоприятных районов — № 1.

Характеристика состава подземных вод в пределах выделенных зон приведена в табл. 2. В зоны не включены районы, где перспектив увеличения водоотбора за

Таблица 2

Диапазоны концентрации химических элементов в подземных водах на территории Ленинградской области по зонам

Зоны	Стат. показатель	pH	Минерализация, г/л	Жесткость общая, мг-экв/л	Na ⁺ (Na+K ⁺), мг/л	K ⁺ , мг/л	Ca ²⁺ , мг/л	Mg ²⁺ , мг/л	Cl ⁻ , мг/л	SO ₄ ²⁻ , мг/л	NO ₃ ⁻ , мг/л	HCO ₃ ⁻ , мг/л	Mn, мг/л	B, мг/л	F, мг/л	Fe общее, мг/л	Ba, мг/л	Удельный дебит, л/с
4/1	max	8,00	0,35	4,50	34,00	20,00	40,10	45,00	14,30	8,30	6,24	300,20	0,20	0,08	0,15	2,21	0,63	1,40
	min	7,56	0,15	1,20	4,80	2,00	5,00	5,00	1,20	0,20	0,01	50,32	0,01	0,05	0,10	0,05	0,25	0,09
	Медиана	7,50	0,15	1,40	15,30	8,10	16,80	18,30	4,20	1,80	0,40	121,30	0,06	0,05	0,11	0,25	0,30	1,10
	n проб	70	55	61	61	23	67	67	55	60	41	73	24	24	30	42	24	55
4/2	max	8,10	0,38	2,42	28,00	9,21	47,10	28,00	38,00	34,00	0,40	320,00	0,12	0,17	0,30	0,56	0,40	10,20
	min	7,00	0,21	1,90	10,95	4,24	20,75	9,36	3,80	0,40	0,10	122,00	0,05	0,11	0,10	0,04	0,05	1,49
	Медиана	7,40	0,32	2,15	16,30	8,01	27,00	13,20	18,00	1,30	0,40	227,00	0,07	0,14	0,19	0,16	0,09	5,65
	n проб	30	30	10	30	10	30	30	30	30	10	30	30	14	14	17	10	30
3+2	max	8,50	1,23	9,36	198,30	16,40	112,40	101,50	368,70	458,00	45,00	406,00	0,85	0,77	1,20	2,38	0,47	3,50
	min	7,10	0,44	2,10	0,70	2,36	28,00	4,44	2,70	1,20	0,01	54,30	0,03	0,01	0,30	0,05	0,01	0,70
	Медиана	7,40	0,73	4,85	26,90	8,82	64,30	15,20	32,80	24,70	1,25	244,00	0,27	0,06	0,47	1,10	0,08	2,00
	n проб	57	57	56	57	19	27	52	52	52	30	56	16	16	17	22	16	33
1	max	8,10	0,43	7,90	76,00	14,20	68,00	24,00	15,50	41,10	4,90	399,00	0,17	0,80	1,00	1,80	0,45	0,85
	min	7,00	0,18	1,40	8,20	0,84	7,10	7,30	0,50	0,50	0,50	158,40	0,00	0,01	0,30	0,01	0,02	0,30
	Медиана	7,70	0,30	4,20	76,00	11,04	56,10	17,10	3,40	4,75	2,40	244,65	0,06	0,01	0,60	0,34	0,30	0,75
	n проб	29	29	29	29,00	7	27	27	27	26	13	30	10	9	9	9	10	15

счет местных ресурсов нет: Волховский, Кингисеппский, Кировский, Киришский, Лодейнопольский, Тихвинский.

Зона ФППВ (47; 78) определена на поле пресных подземных вод Вендского водяного комплекса, которая распространяется на территории северной части Всеволожского района, южной части Выборгского района и южной части Приозерского района, а также на территории Подпорожского района севернее линии д. Савозеро — р. Ошта (рис. 1).

На разрезах представлен характер залегания пресных подземных вод. Красной линией отмечена глубина зоны пресных вод. Разрез I-I проходит от оз. Суходольское (речная система Вуоксы) на юг и отражает гидрохимическую зональность подземных вод (рис. 2). Эти воды имеют выраженную региональную специфику и рассчитаны на население Санкт-Петербурга и Ленинградской области. Разрез II-II (рис. 2) характеризует Карельский перешеек и зону 4/1, перспективную на поиски физиологически полноценных питье-

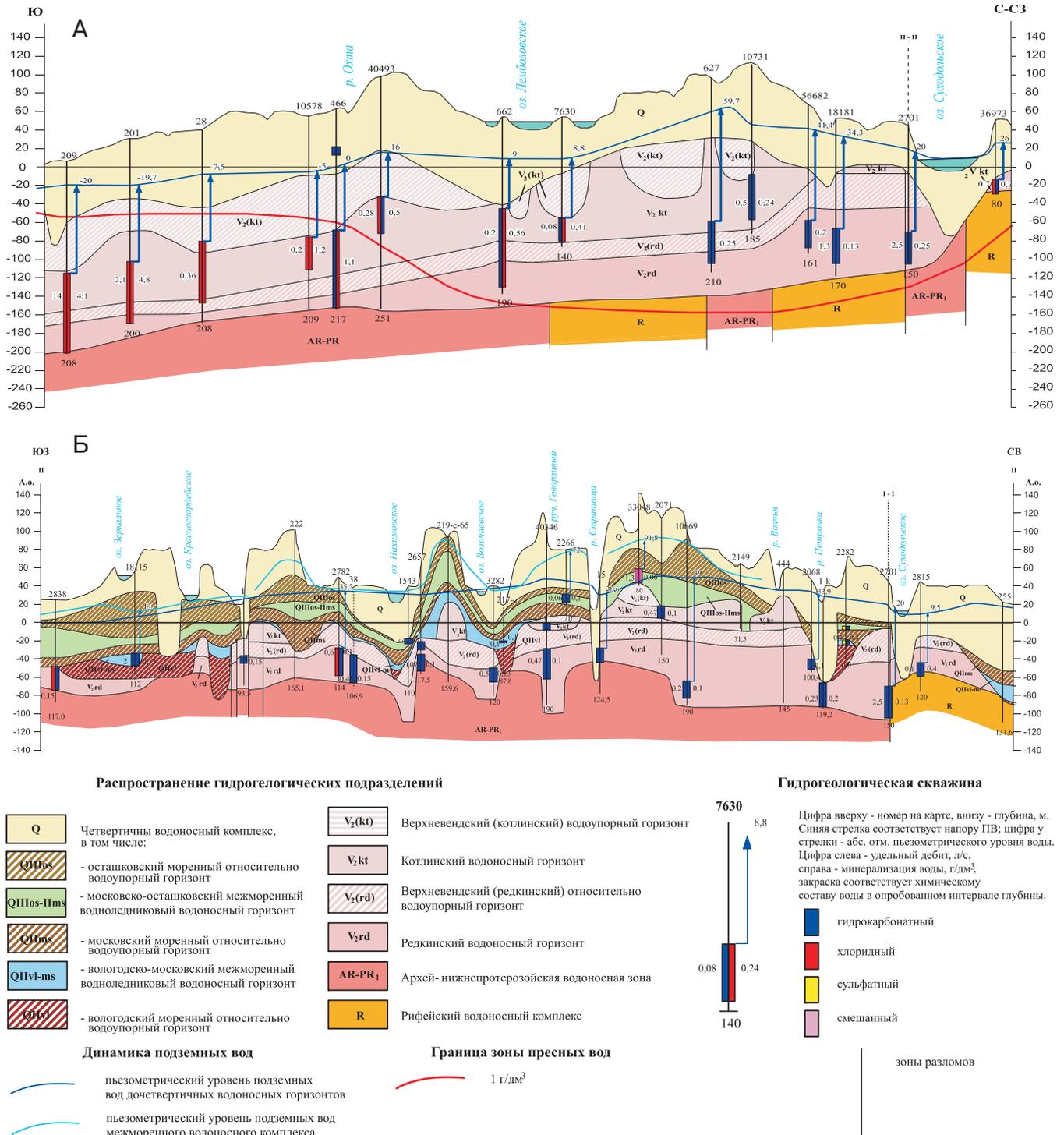


Рис. 2. Гидрологический разрез по линии I — I (А) и по линии II — II (Б)

вых вод. Содержание и диапазоны концентрации показателей ФППВ (47; 78) зон 4/1 и 4/2 приведены в табл. 2.

ФППВ (47; 78) не требуют предварительной водоподготовки, производство расположено непосредственно на источнике (у артезианских скважин).

Зона физиологически полноценных питьевых вод низкой категории качества (на карте № 2, 3) характеризуется повышенной жесткостью, практически повсеместно не защищена от загрязнения. Часто отмечаются случаи несоответствия воды по бактериологическим показателям и повышенного содержания нитратов (зона № 2 в среднем около 18 мг/л, часто превышает ПДК 70 мг/л). Накапливание нитратов и фосфатов обусловлено тем, что при прохождении через водопроницаемые грунты самоочищение вод происходит за счет адсорбции или ионного обмена, который идет только по катионному механизму. При этом нитраты не закрепляются на сорбентах и проникают на значительные глубины в подземные воды. Для жителей Санкт-Петербурга это особенно опасно в связи с тем, что невольская вода содержит нитраты в диапазоне 0,1–0,5 мг/л и организм адаптирован к этим концентрациям. Резкий переход и потребление нитратонасыщенной воды неблагоприятно сказывается на организме человека, особенно детей.

Поиски физиологически полноценных питьевых вод в кембро-ордовикском водоносном горизонте осложнены часто встречающимися превышениями ПДК бария и радиологических показателей (альфа-радиоактивность). В подземных водах кембро-ордовикского водоносного горизонта концентрации железа и бария превышают ПДК более чем в 50 % водоисточников. Зона охватывает районы: Волосовский, Гатчинский, Кингисеппский, Сланцевский, Тосненский и северную часть Лужского районов.

Диапазоны концентрации показателей ФППВ зон № 2, 3 приведены в табл. 2.

Формула ФППВ (47; 78), по М. Г. Курлову, в зоне № 3 артскв. 2903 СЗ ФГО (Ордовикский водоносный комплекс), пос. Бегуницы следующая:

$$pH7,2Ж7,5M0,6\frac{HCO_3,89C110}{Na4K4Ca62Mg30}T8Д423.$$

Вода — близкая к нейтральной, жесткая, повышенной минерализации, гидрокарбонатно-кальциево-магниевая.

Зона ФППВ — проблемная по защищенности подземных вод экологически неблагоприятных районов (на рис. 1 — зона № 1, табл. 2).

Зона занимает территорию Бокситогорского и восточную часть Тихвинского районов. Характеризуется аномально нерегулируемым содержанием и соотношением микроэлементов. Особую сложность представляет обоснование защищенности подземных вод от загрязнения, что связано с закарстованностью водовмещающих пород. Также воды комплекса обладают повышенной жесткостью относительно невольской воды (в среднем около 4 мг-экв/л, максимальная

7,9 мг-экв/л) и повсеместным превышением ПДК железа более 0,3 мг/л. Диапазоны концентрации показателей ФППВ зоны № 1 приведены в табл. 2.

Формула ФППВ (47; 78), по М. Г. Курлову, в зоне № 1 (артскв. 27592, геолфонд) Тульско-Михайловский комплекс, пос. Пикалево имеет следующий вид:

$$pH7,2Ж5M0,41\frac{HCO_3,95SO_4,3}{Na4K2Ca61,7Mg33}T8Д440.$$

Вода — близкая к нейтральной, жесткая, гидрокарбонатно-кальциево-магниевая.

Заключение.

Определен наиболее приемлемый для жителей Санкт-Петербурга состав подземной питьевой воды (зоны 4/1; 4/2), подтвержденный выбором самих жителей в процессе длительного практического эксперимента. Следовательно, теоретические предпосылки подтверждены практикой. В настоящее время свыше 100 тысяч жителей Санкт-Петербурга и Ленинградской области пьют постоянно эту воду (зона 4/1). Каждый из них может подтвердить высокое качество и полезность ФППВ (47; 78). При сравнении химического состава невольской воды и ФППВ (47; 78) видно явное преимущество выбранной воды. Во-первых, вода чиста, свежа, мягка и приятна на вкус и по всем органолептическим показателям схожа с водой р. Нева. Во-вторых, по минерализации и содержанию элементов в 2–2.5 раза превосходит невольскую воду. Подтверждено, что наиболее полезна вода с оптимальным для организма составом.

ЛИТЕРАТУРА

1. Воробьева, Л.В. Региональные проблемы эколого-гигиенической безопасности условий питьевого водоснабжения // Л.В. Воробьева, В.В. Семенова, Г.В. Селюжицкий, Л.И. Бокина // Вестник Санкт-Петербург. госмедакадемии им. Мечникова. — 2001. — № 1. — С. 56–61.
2. Годин, В.Ю. Гидрогеологическое заключение: состояние питьевых подземных вод Ленинградской области / В.Ю. Годин, Г.Ю. Воронюк. — СПб.: ООО «АКВАЛАЙН», 2012.
3. Грейсер, Е.Л. Пресные подземные воды: состояние и перспективы водоснабжения населенных пунктов и промышленных объектов // Е.Л. Грейсер, Н.Г. Иванова // Разведка и охрана недр. — 2005. — № 5. — С. 36–42.
4. Красовский, Г.Н. Гигиенические основы формирования перечней показателей для оценки и контроля безопасности питьевой воды // Г.Н. Красовский, Ю.А. Рахманин, Н.А. Егорова и др. // Гигиена и санитария. — 2010. — № 4. — С. 8–12.
5. Неумывакин, И.П. Вода — жизнь и здоровье: мифы и реальность / И.П. Неумывакин. — М.: изд-во «Диал», 2015.
6. Обеспечение Санкт-Петербурга физиологически полноценной питьевой водой / Под ред. О.Е.Сергеева, В.Н. Меркушева. — СПб., 2011.
7. СанПиН 2.1.4.1116-02. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды, расфасованной в емкости. Контроль качества.
8. Шварц, А.А. Химический состав подземных вод Санкт-Петербургского региона в свете новых требований к качеству питьевой воды / А.А. Шварц // Вестник СПбГУ. — 2011. — Сер. 7. — Вып. 1. — С. 15–26.
9. Якубова, И.Ш. Гигиеническая оценка обеспечения населения Санкт-Петербурга безопасной, безвредной и физиологически полноценной питьевой водой / И.Ш. Якубова, А.В. Мельцер, Н.В. Ерастова, Е.М. Базилевская // Гигиена и санитария. — 2015. — № 3. — С. 21–24.

© Годин В.Ю., 2016

Годин Всеволод Юрьевич // godin@aqualine.sp.ru