

МАТЕМАТИКО-КАРТОГРАФИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРИЧИННО-СЛЕДСТВЕННЫХ СВЯЗЕЙ КАЧЕСТВА ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ И ЗДОРОВЬЯ ДЕТЕЙ

Т. В. Ватлина

Смоленский государственный университет, Россия

Поступила в редакцию 12 мая 2016 г.

Аннотация: В статье на региональном уровне рассматривается влияние качества питьевых вод на различные показатели здоровья населения. На примере Смоленской области, используя принципы математико-картографического моделирования, выделены типологические группы районов по заболеваемости населения, приведены результаты оценки риска для здоровья населения, позволившие оценить особенности формирования некоторых параметров здоровья.

Ключевые слова: качество питьевой воды, здоровье населения, типология, математико-картографическое моделирование, качество окружающей среды, заболеваемость, экологическая патология.

Abstract: The article on the regional level, examines the impact drinking water quality on a variety of health indicators. Using the principles of mathematical and cartographic modeling, on the example of Smolensk area, typological groups on incidence areas of the population have been marked, the results of the risk assessment to public health, which allows evaluate the peculiarities of certain health parameters.

Key words: drinking water quality, population health, typology, mathematical and cartographic modeling, environment quality, morbidity, ecological pathology.

В условиях многокомпонентного загрязнения окружающей среды, сложно установить причинно-следственные связи между источником загрязнения и здоровьем населения. Однако существуют подходы, позволяющие с высокой степенью достоверности выявить негативное воздействие на здоровье тех или иных факторов. Среди факторов, оказывающих влияние на здоровье населения, особое положение занимает качество потребляемой питьевой воды. Этот показатель рассматривается как один из общих критериев качества жизни населения [3].

В основу работы положены материалы, характеризующие качество подземных вод по химическим, микробиологическим параметрам (результаты мониторинга Роспотребнадзора и Геомониторинга по Смоленской области), а также данные по заболеваемости детского населения области за 2000-2015 годы, предоставленные Департаментом здравоохранения Смоленской области.

Около 80 % населения области потребляет для питьевых целей подземные питьевые воды, относящиеся к крупнейшему Московскому артезианс-

кому бассейну, который занимает центральную часть Восточно-Европейской равнины, и обладает наиболее высоким значением модуля прогнозных ресурсов (после Московской области). В тоже время, область относится к регионам с интенсивной эксплуатацией подземных вод для хозяйственно-питьевого водоснабжения, что характерно для староосвоенных районов Центральной России. Доминирует отбор подземных вод для хозяйственно-питьевого водоснабжения. Интенсивная эксплуатация подземных вод привела к трансформации гидрогеохимической обстановки, гидродинамических условий, геодинамической обстановки, гидрологической обстановки, что способствует развитию факторов риска для здоровья населения [2].

Применение пресных подземных вод по административным районам области неравномерно. Максимальные объемы приходятся на Смоленск (114,53 тыс. м³/сутки). В промышленных районах (Вяземский, Гагаринский, Дорогобужский, Починковский, Рославльский, Сафоновский, Смоленский и Ярцевский) водоотбор изменяется от 9,9 тыс. м³/сутки (Гагаринский район) до 45,44 тыс. м³/сутки (Рославльский район и город Десногорск) [5]. В сель-

Качество питьевой воды в Смоленской области по административным районам за 2000-2015 годы

Районы	Превышения нормативов
Велижский	Fe, жесткость, Sr, PO ₄ , Mn
Вяземский	Fe, жесткость, Mn, Pb, SO ₄ , Sr
Гагаринский	Fe, жесткость, Mn
Глинковский	Fe, жесткость, Sr, Mn
Демидовский	Fe, жесткость, Mn, SO ₄ , Sr
Дорогобужский	Fe, жесткость, Sr
Духовщинский	Fe, жесткость, Sr
Ельнинский	Fe, жесткость
Ершичский	Fe, жесткость
Кардымовский	Fe, жесткость
Краснинский	Fe, жесткость, Mn, PO ₄
Монастырщинский	Fe, жесткость
Новодугинский	Fe, жесткость
Починковский	Fe, жесткость, Sr, SO ₄
Рославльский	Fe, жесткость, SO ₄ , Mn, Sr, Cl
Руднянский	Fe, жесткость
Сафоновский	Fe, жесткость, Sr, Mn
Смоленский	Fe, жесткость, Sr, Mn, Pb, Mo, NO ₃ , SO ₄ ,
Сычевский	Fe, жесткость, Mn
Темкинский	Fe, жесткость, Mn
Угранский	Fe, жесткость, Sr
Хиславичский	Fe, жесткость
Холм-Жирковский	Fe, жесткость, Mn
Шумячский	Fe, жесткость
Ярцевский	Fe, жесткость, Sr, SO ₄ , Mn

скохозяйственных районах объемы потребления подземных вод колеблются от 0,78 (Темкинский район) до 3,45 тыс. м³/сутки (Руднянский район). В целом по Смоленской области среднее значение удельного потребления подземных вод на хозяйственно-питьевые цели составляет 308 л/сутки (для города Смоленска – 360 л/сутки, а для сельских населенных пунктов 216 л/сутки на 1 жителя) [5].

Наличие на территории проницаемых зон, приуроченных к тектоническим нарушениям, обуславливает поступление в продуктивные горизонты, в результате вертикальных перетоков, элементов, характерных для зоны затрудненного водообмена (стронция), повышение минерализации, жесткости и изменение типов вод. Подземные воды, по сравнению с поверхностными, менее подвержены антропогенному загрязнению, но в большей степени зависят от гидрогеологических свойств вмещающих пород. Практически все целевые горизонты надежно защищены от поверхностного загряз-

нения мощной толщей глинистых пород. Исключение составляют водозаборы городов Вязьма и Демидов (по данным ТЦ «Геомониторинг-Смоленск»). Качество подземных вод на территории Смоленской области имеет ряд особенностей. Наиболее распространенными являются отклонения по жесткости, железу, марганцу, фтору, стронцию. Эти отклонения имеют природное происхождение и связаны с составом пород водоносных горизонтов.

Около 80 % подземной воды отбирается водозаборными узлами, расположенными в границах селитебной или промышленной застройки городов области, то есть в условиях повышенного риска загрязнения подземных вод от размещения объектов производственной деятельности, где возможно техногенное загрязнение. В тоже время можно отметить, что большинство подземных вод, используемых для питьевых целей на территории области, залегают на глубине 60-80 м и более, что делает их качественными в санитарном отношении.

Повышенные концентрации железа встречаются практически по всей территории области с очагами в Смоленском (город Смоленск и восточная часть района), Кардымовском, Рославльском, Краснинском, Холм-Жирковском, Гагаринском (город Гагарин и окрестности) районах, где наблюдались превышения с максимальными значениями 10-20 ПДК. Территории с постоянным загрязнением подземных вод стронцием расположены в Сафоновском, Демидовском, Велижском, Ярцевском районах. Жесткость воды определяется выше нормы во всех районах (таблица).

Специалистами Роспотребнадзора в 2015 году на исследования санитарно-химических показателей было отобрано 3804 проб воды, из них не соответствовали гигиеническим нормативам в источниках централизованного водоснабжения 32,9% проб, а в водопроводах – 24,1% проб. Наиболее неудовлетворительные показатели санитарно-химического качества воды отмечаются на территориях Велижского, Демидовского, Кардымовского, Краснинского, Руднянского, Смоленского, Темкинского, Угранского, Холм-Жирковского районов и города Смоленска [5]. В целом для всех централизованных городских водозаборов на территории области характерна устойчивая тенденция роста таких показателей состояния подземных вод, как жесткость, минерализация, содержание железа, марганца, фтора, стронция, селена, сероводорода.

Вода, используемая населением для питьевых целей, входит в группу ведущих факторов, влияющих на здоровье населения. К числу патологий, связанных с качеством питьевой воды, относятся заболевания костно-мышечной, мочеполовой, сердечно-сосудистой, эндокринной, нервной систем, а также заболевания кожи и подкожной клетчатки.

Влияние повышенной жесткости воды на развитие болезней мочеполовой системы, болезней кожи и подкожной клетчатки описано в некоторых исследованиях [4]. В работе [4] рассмотрено влияние повышенной жесткости подземных вод на болезни костно-мышечной системы наиболее чувствительной возрастной группы населения – детей. Заболеваемость детского населения – репрезентативная индикаторная группа, отражающая более ярко влияние водного фактора. Обусловлено это тем, что дети в меньшей степени подвержены миграции, не испытывают воздействие вредных факторов, связанных с трудовой деятельностью. Кроме того, из-за анатомо-физиологических особенностей дети более чувствительны к качеству среды обитания, а сроки проявления неблагопри-

ятных эффектов у них короче. Это повышает достоверность при выявлении экологически обусловленных заболеваний.

Для выявления факторов, оказывающих влияние на развитие у детей болезней костно-мышечной системы, были проанализированы данные по концентрации железа в питьевой воде, превышающие допустимые значения.

Для этого использовался один из методов многофакторного анализа – регрессионный анализ, при этом были соблюдены все условия применимости метода. В ходе анализа была выявлена взаимосвязь между заболеваемостью детей болезнями костно-мышечной системы и содержанием железа в воде. Для определения зависимости заболеваемости болезнями костно-мышечной системы (Y_1) от влияния различных веществ были использованы данные по концентрации в воде (мг/кг) марганца (X_1), хлора (X_2), железа (X_3), сульфатов (X_4), а также данные по жесткости воды (X_5). Полученный банк данных был обработан методом регрессионного анализа, что позволило выявить, какие существуют зависимости между показателем заболеваемости детей и загрязнение питьевой воды различными компонентами и построить модели закономерностей между показателями Y и X_1-X_5 .

Проведенный анализ показал, что на заболеваемость детского населения болезнями костно-мышечной системы наибольшее влияние оказывает содержание железа, влияние концентрации хлора и марганца умеренное, а концентрации сульфатов и жесткости воды – незначительное.

Для дальнейшего медико-географического анализа территории применялось математико-картографическое моделирование, позволившее на новом уровне подойти к установлению причинно-следственных связей в системе «окружающая среда – здоровье населения» [6]. Новые задачи, связанные с проблемой «здоровье человека – окружающая среда», вызвали заметные изменения в совокупности методов медико-географических исследований. Прежде всего, это проявилось в расширении и углублении используемых в науке приемов абстракции, в том числе различных видов моделирования. Благодаря математическим приемам абстракции и картографическим приемам пространственной визуализации данный вид моделирования позволяет эффективно решать задачи медицинской географии.

Оценка состояния здоровья проводилась при помощи типологии районов области на основе методики, разработанной В. С. Тикуновым [6], где

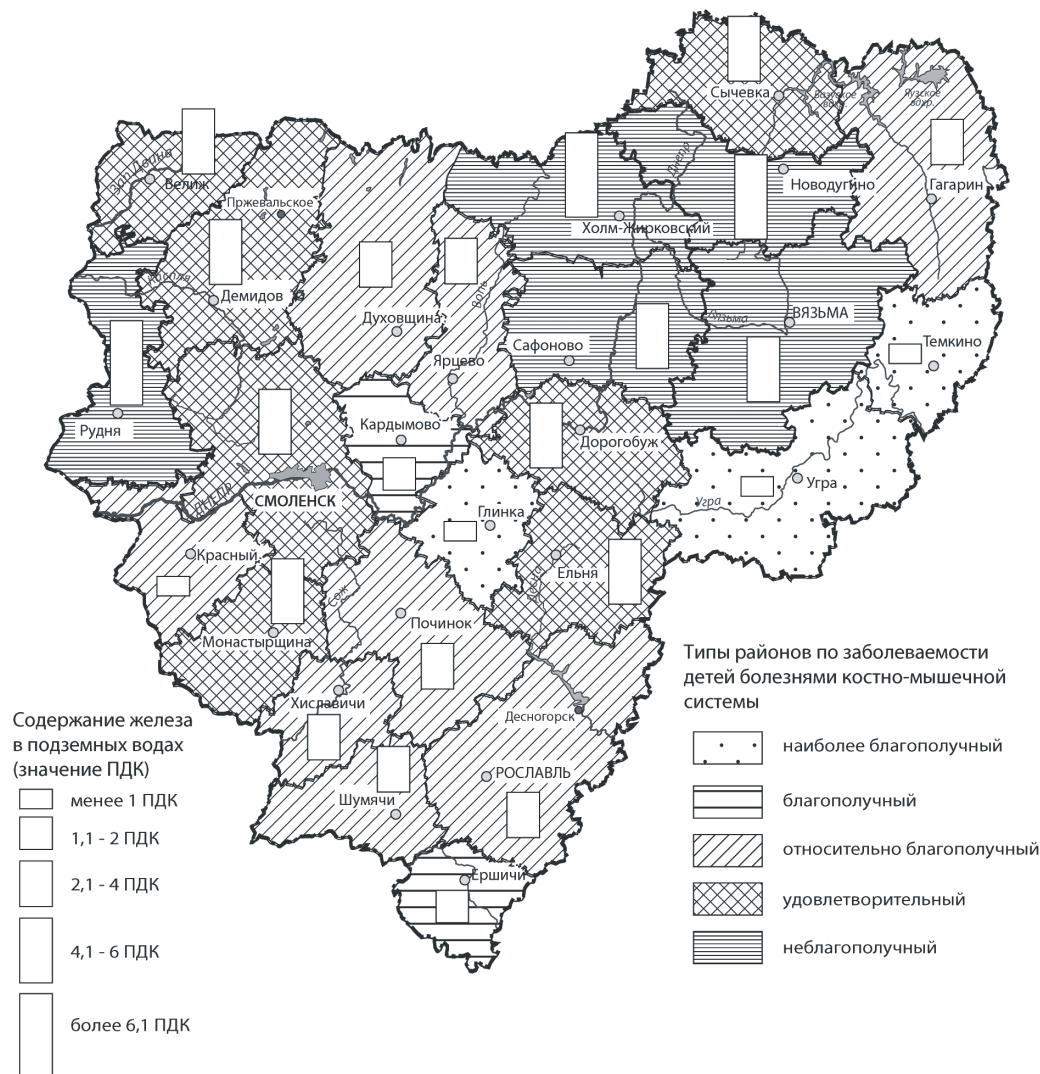


Рис. Зависимость заболеваемости болезнями костно-мышечной системы от повышенного содержания железа в подземных водах

все реальные районы области сравнивались с теоретически наилучшей величиной заболеваемости – нулем. Такая классификация позволяет выявить территориальные закономерности динамики и исследовать не отдельные ряды, а их группы, которые менее подвержены случайным отклонениям. На первом этапе расчетов производилась нормировка исходных показателей по дисперсиям и математическим ожиданиям для всех административных районов Смоленской области. Процедура многовариантной типологии реализовывалась на основе критерия минимизации внутригрупповых различий при выделении различного числа групп. В качестве меры сходства по комплексу показателей использовались евклидовы расстояния, вычислению которых предшествовал этап обработки массива данных по методу главных компонент.

В результате автоматической классификации для расчетов по заболеваемости детей болезнями костно-мышечной системы получилась серия вариантов с разным числом типов, варьирующим от 1 до 9. В качестве окончательного итога по каждой разновидности заболеваний, используя специальные коэффициенты неоднородности, выбирались наиболее однородные группировки. Для сравнимости всех окончательных результатов были взяты расчеты с пятью группами.

В районах с максимальными превышениями ПДК по железу (Руднянский, Новодугинский, Холм-Жирковский, Сафоновский и Вяземский районы) отмечаются высокие показатели заболеваемости (рис.).

Применение двух методических подходов – регрессионного анализа и математико-картогра-

фического моделирования – подтверждают негативное влияние повышенного содержания железа в питьевой воде на развитие болезней костно-мышечной системы у детей. Таким образом, проведенная оценка зависимости заболеваемости от гидрогеохимических характеристик за 2010–2015 годы обнаружила статистически значимые связи. Это позволило выделить территории неблагоприятные по влиянию водного фактора. Однако, выполненный анализ характеризует один из аспектов, отражающих взаимосвязь между здоровьем человека и состоянием окружающей среды, и может стать важным звеном дальнейших медико-географических исследований в пределах Смоленской области.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ватлина Т. В. Типология районов Смоленской области на основе динамики заболеваемости / Т. В. Ватлина, В. С. Тикунов // Известия Смоленского государственного университета. – 2011. – № 2. – С. 92–99.
2. Ковалевский В. С. Режим подземных вод и его изменения // Современные глобальные изменения природной среды : в 2-х томах / В. С. Ковалевский ; под ред. Н. С. Касимова, Р. К. Клиге. – Москва : Научный мир, 2006. – Т. 1. – С. 439–481.
3. Малхазова С. М. Медико-географический анализ территорий: картографирование, оценка, прогноз / С. М. Малхазова. – Москва : Научный мир, 2001. – 240 с.
4. Малхазова С. М. Влияние качества питьевой воды на состояние здоровья населения Смоленской области / С. М. Малхазова, Т. В. Ватлина // Известия Смоленского государственного университета. – 2013. – № 2. – С. 230–239.
5. О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Смоленской области в

2015 году : Государственный доклад. – Смоленск : Управление Роспотребнадзора, ФБУЗ ЦГиЭ в Смоленской области, 2016. – 186 с.

6. Тикунов В. С. Классификации в географии: ренессанс или увядание? (Опыт формальных классификаций) / В. С. Тикунов. – Москва–Смоленск : Издательство Смоленского государственного университета, 1997. – 367 с.

REFERENCES

1. Vatlina T. V. Tipologiya rayonov Smolenskoy oblasti na osnove dinamiki zaboлеваemosti / T. V. Vatlina, V. S. Tikunov // Izvestiya Smolenskogo gosudarstvennogo universiteta. – 2011. – № 2. – S. 92–99.
2. Kovalevskiy V. S. Rezhim podzemnykh vod i ego izmeneniya // Sovremennye global'nye izmeneniya prirodnoy sredy : v 2-kh tomakh / V. S. Kovalevskiy ; pod red. N. S. Kasimova, R. K. Klige. – Moskva : Nauchnyy mir, 2006. – T. 1. – S. 439–481.
3. Malkhazova S. M. Mediko-geograficheskiy analiz territoriy: kartografirovaniye, otsenka, prognoz / S. M. Malkhazova. – Moskva : Nauchnyy mir, 2001. – 240 s.
4. Malkhazova S. M. Vliyanie kachestva pit'evoy vody na sostoyaniye zdorov'ya naseleniya Smolenskoy oblasti / S. M. Malkhazova, T. V. Vatlina // Izvestiya Smolenskogo gosudarstvennogo universiteta. – 2013. – № 2. – S. 230–239.
5. O sostoyanii sanitarno-epidemiologicheskogo blagopoluchiya naseleniya v Smolenskoy oblasti v 2015 godu : Gosudarstvennyy doklad. – Smolensk : Upravleniye Rospotrebnadzora, FBUZ TsGiE v Smolenskoy oblasti, 2016. – 186 s.
6. Tikunov V. S. Klassifikatsii v geografii: renessans ili uvyadaniye? (Opyt formal'nykh klassifikatsiy) / V. S. Tikunov. – Moskva–Smolensk : Izdatel'stvo Smolenskogo gosudarstvennogo universiteta, 1997. – 367 s.

Ватлина Тамара Валентиновна
кандидат географических наук, доцент кафедры землеустройства и кадастра Смоленского государственного университета, г. Смоленск, E-mail: vatlina_geo@mail.ru

Vatlina Tamara Valentinovna
Candidate of Geographical Sciences, Associate Professor of the Chair of Land Management and Cadastre, Smolensk State University, Smolensk, E-mail: vatlina_geo@mail.ru