

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу

Петровой Дарьи Ивановны

«Комплексная геоэкологическая оценка риска загрязнения подземных вод города Казани»,

представленную на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности

1.6.6 – Гидрогеология.

Актуальность темы исследований. Огромные масштабы индустриализации в современном обществе сопровождаются высокими темпами урбанизации, что помимо ярко выраженных положительных эффектов имеет представительный ряд негативных последствий. Последние связаны с увеличением техногенного «давления» на окружающую среду, что влечет возрастание величины экологического риска и снижение качества окружающей среды урбанизированных территорий. Среди показателей различных сред, отрицательно влияющих на качество жизни общества, на первое место выходит проблема снижения качества воды, используемой для целей хозяйственно-питьевого водоснабжения. Наименее разработанным вопросом в проблеме изучения качества подземных вод является разработка методологии и учет геоэкологических рисков в общей системе оценки качества подземных вод на урбанизированных территориях. На территории города Казани, являющегося одним из крупнейших промышленных центров России, проблема техногенного «прессинга» на окружающую среду и особенно на подземные воды стоит достаточно остро. Поэтому исследования Д.И. Петровой, нацеленные на пространственный геоэкологический анализ территории и позволяющие выделить наиболее уязвимые участки гидросферы, которые обобщены в диссертации, являются весьма **актуальными**.

Цель и задачи исследований. В качестве основной цели своих исследований Д.И. Петрова выбрала комплексную оценку риска загрязнения подземных вод города Казани с использованием метода математического моделирования. Для достижения поставленной цели автором определен представительный круг задач, в который входят как создание базы данных по химическому составу природных вод на территории города Казани, с определением их геохимического облика и установлением уровня загрязнения в различных природно-техногенных системах, в том числе в исторической перспективе, так и разработка методики интегральной оценки риска загрязнения подземных вод с использованием геоинформационных технологий выявлением распределения интегральных показателей геоэкологической модели в пространстве. Следует отметить, что обозначенная цель и поставленные задачи исследований в полной мере соответствуют общей направленности представленной работы, обозначенной в названии.

Методы исследования и достоверность результатов. Автором на протяжении ряда лет собран представительный фактический материал по химическому и изотопному составу природных вод. Пробы воды на химический состав анализировались современными методами в аккредитованных лабораториях. Изотопный анализ дейтерия и тяжелого кислорода проведен на масс-спектрометре Delta V Plus (Thermo Tisher Scientific, Германия). Кроме того, автором собраны данные по химическому составу подземных вод более чем за полувековой период наблюдений, которые проводились специализированными геологическими подразделениями.

Благодаря этому получились представительные временные ряды гидрохимических характеристик, анализ которых проведен с помощью различных методов обработки статистической информации, включая ARIMA моделирование. Использование ГИС технологий (ArcGisMap) позволило выяснить распределение исследуемых компонентов состава подземных вод в геологическом пространстве.

Результаты работы прошли апробацию на Всероссийских и международных совещаниях. По теме диссертации опубликовано 9 научных работ, из которых 4 в рецензируемых изданиях, входящих в Перечень изданий ВАК РФ.

Содержательная часть диссертации. Рассматриваемая работа отличается логической последовательностью изложения исследуемой проблемы и включает введение, в котором акцентируется внимание на динамичности элементов подземной гидросферы в геологическом пространстве и отмечаются проблемные вопросы исследуемого объекта, шесть основных глав и заключение, изложенные на 130 страницах, содержащие 37 рисунков, 23 таблицы, 4 приложения и библиографический список из 146 источников.

В **Главе 1** на основе анализа отечественной и зарубежной литературы рассматривается выработка подходов к методам оценки защищенности подземных вод от загрязнения различных частей гидрогеологического разреза в их исторической перспективе. Рассмотрены природные и техногенные факторы, влияющие на состояние подземных вод применительно к исследуемому объекту. Предложены критерии оценки состояния природной среды исследуемой территории на основе балльной оценки ее компонентов. В качестве этих компонентов автором приняты глубина уровня грунтовых вод, строение и литология пород, мощности слабопроницаемых отложений в разрезе зоны аэрации и их фильтрационные свойства, уклон земной поверхности и интенсивность закарстованности пород.

Влияние техногенеза оценивается по таким показателям как удельный комбинаторный индекс загрязнения воды, суммарный показатель загрязнения почв и нарушенный гидродинамический режим подземных вод. На основе анализа литературных источников рассмотрена методическая сторона вопроса определения этих показателей.

В **Главе 2** Д.А. Петрова достаточно детально рассмотрела гидрогеологическую и геоэкологическую изученность изучаемого объекта за длительный период. Автором дана оценка выполненных предшественниками исследований и проведено разделение их на временные этапы с характеристикой результатов работ.

В **Главе 3** рассматриваются такие факторы формирования подземных вод как физико-географические условия и геологическое строение исследуемой территории. Охарактеризованы гидрогеологические условия основных геологических подразделений. На современном уровне проведен гидрогеохимический анализ подземных вод, распространенных в различных водоносных горизонтах. Рассмотрены основные гидрохимические характеристики атмосферных осадков, речных и озерных вод. Представлены достаточно объемные результаты, проведенных впервые на исследуемой территории, изотопных исследований природных вод, которые позволили построить локальную линию изотопных отношений для метеорных вод региона. Установлена тесная взаимосвязь изменения изотопных отношений атмосферных осадков в зависимости от изменения температуры воздуха. Научную ценность и новизну представляют результаты комплексного гидрогеохимического и изотопного анализа природных вод территории, на основе которых сделаны выводы о формировании, движении и взаимосвязи подземных и поверхностных вод и атмосферных осадков, и подземных вод различных стратиграфических подразделений.

В **Главе 4** рассматриваются причины приводящие подземные воды в некондиционное состояние для хозяйственно-питьевого водоснабжения. Определены и классифицированы основные типы техногенных систем, оказывающих негативное действие на компоненты окружающей среды. Изменения различных гидрохимических характеристик поверхностных вод, которые происходят как в результате природных процессов, так и под влиянием техногенеза, имеют еще и выраженный сезонный характер. Применение методов многомерной статистики позволило большое число характеристик качества воды выразить меньшим количеством емких величин, позволяющих визуально воспринимать пространственную модель распределения показателей качества исследуемых поверхностных вод. Проведенное исследование позволило не только выявить компоненты состава этих вод, превышающие нормативные величины, но и определить характер их распределения во времени.

На основании Приложений к работе проведен анализ всех водоносных горизонтов, подземные воды которых отбираются водозаборами для питьевого и хозяйственного водоснабжения. Результаты позволили провести систематизацию характеристик качества подземных вод и составить перечень приоритетных показателей по классам опасности.

Глава 5 посвящена созданию прогнозной модели контролируемых показателей качества питьевых подземных вод на основе ретроспективного анализа. Для построения моделей были выбраны опорные водопункты и проведен тщательный анализ привлекаемых материалов, составляющих временные ряды. Значительная часть этого раздела посвящена методическим вопросам выбранного метода исследований, изложению принципов расчета математической модели – ARIMA. Анализ стационарности и сезонности временных рядов проводился в несколько этапов, до получения устойчивых характеристик кривых исследуемых компонентов, что позволило подойти к определению параметров модели.

Сочетание статистической модели с ГИС технологией на основе ретроспективного анализа позволило автору подойти к построению прогнозных карт химического состава подземных вод до 2030 года. Комплекс карт на ряд лимитируемых компонентов, построенный для различных периодов времени, показал, что в зависимости от строения гидрогеологического разреза и изменения интенсивности водоотбора гидрогеохимическая обстановка по одним компонента может улучшаться по другим она ухудшается. Это связано как с процессами взаимосвязи подземных вод различных горизонтов, так и с проникновением поверхностных загрязнений на незащищенных или слабо защищенных участках определенного литологического состава.

В **Главе 6** проводится комплексная геоэкологическая оценка риска загрязнения исследуемых подземных вод. Природные и техногенные факторы, влияющие на состояние подземных вод, рассмотренные в первой главе послужили основой для факторного анализа, позволяющего определить меру связи между гидрохимическими характеристиками и выявить обобщенные факторы, определяющие их изменение. Результаты факторного анализа показали, что как природные, так и техногенные факторы, за исключением гидродинамического режима являются первостепенными.

На основе рассмотренных факторов и присвоения им различной степени интенсивности (балльности) построен ряд карт. Карта природной защищенности водоносного горизонта от техногенного загрязнения построена с учетом глубины нахождения уровня подземных вод (карта глубины уровня подземных вод), литологического строения зоны аэрации и фильтрационных свойств грунтов, ее слагающих. Влияние рельефа на уязвимость грунтовых вод от проникновения загрязнений отражено на Карте уклона земной поверхности. Площади возможного поступления загрязняющих веществ в водоносный горизонт по пустотам и полостям в породах отражено на Карте карстовых процессов. Степень загрязнения поверхностных вод показана на Карте удельного комбинаторного индекса загрязнения воды. Здесь важно то, что наиболее загрязненной является вода Куйбышевского водохранилища, из которого отбирается 80 % воды расходуемой на водоснабжение города Казани. Возможность

участия в загрязнении грунтовых вод почвенного слоя показана на Карте суммарного показателя загрязнения почв.

Влияние гидродинамической обстановки на подземные воды автор связывает с Куйбышевским водохранилищем. На Карте гидродинамического режима на территории города Казани показаны площади влияния водохранилища на подземные воды, распространяющиеся на расстояние до 5 км вглубь берега. Определены критерии нарушенности режима подземных вод.

На основе данных всех рассматриваемых в работе факторов создана итоговая комплексная модель оценки риска загрязнения подземных вод, с помощью которой рассчитаны интегральные показатели комплексной геоэкологической оценки риска и построена карта.

Из всего изложенного выше хорошо видно, что:

1. **Научная новизна** работы определяется тем, что для исследуемой территории, подвергающейся мощному техногенному «прессингу», созданы долгосрочные пространственно-временные прогнозные модели изменения состава природных вод, предложена методика, позволяющая следить за состоянием качества природных вод на исследуемой территории, проведено достаточно представительное изучение изотопного состава природных вод. На основе анализа и обобщения полученных результатов сделаны выводы о видах, интенсивности, характере распространения и поведении во времени загрязнений природных вод.
2. **Практическая значимость работы** заключается в важности полученных результатов для водохозяйственных организаций, занимающихся эксплуатацией пресных подземных вод в настоящее время и при перспективном планировании.

Замечания по диссертации

1. Работа написана лаконичным языком, но иногда это приводит к затруднению понимания изложенного материала. В табл. 1.2 на с. 15 отсутствует расшифровка буквенных обозначений и их значения можно узнать только в конце работы на с. 95.

2. Автором проведена строгая отбраковка материала при составлении расчетной модели. Однако этот принцип выполнялся не всегда и в табл. 3.2 на с. 50 первый, второй и четвертый анализы не отвечают принципу записи формулы химического состава воды.

3. При оценке факторных нагрузок (табл. 6.1, с. 93) природная защищенность грунтовых вод, уклон земной поверхности и карстовые процессы имеют очень близкий количественный вес – 41,2 (разрез зоны аэрации), 40,48 (уклон земной поверхности) и 38,6 (карст). Каким бы пологим не был уклон, но если природная защищенность высокая, то загрязнение подземным водам не грозит и подтверждением тому является широкое

распространение болот на территории города Казани. Каким бы крутым не был уклон, но если развит карст, особенно так, как это показано на рис. 1.3, с 17, то все загрязнения попадут в водоносный горизонт. Требуется пояснение, каким образом в модели учитывались такие комбинации данных факторов?

4. На с.102 приводится характеристика гидродинамического режима. Показано, что влияние водохранилища вглубь прибрежной зоны распространяется на расстояние до 5 км. Если учесть, что амплитуда колебаний уровня Волжского водохранилища достигает 3 м, то зона нарушенного режима, показанная на рис. 6.8 на с. 103 является наиболее активной на всей территории города Казани. При подъеме уровня водохранилища в прибрежной зоне сформируется фильтрационная ложбина, которая будет заполнена поверхностными водами, имеющими наиболее высокий уровень удельного комбинаторного индекса загрязнения воды (рис. 6.6, с. 100). В связи с этим возникает следующий вопрос. Обращаясь опять к табл. 6.1 на с. 93: почему пассивный фактор – суммарный показатель загрязнения почв имеет вес 36.6 % и попал в разряд первостепенных, тогда как динамичный фактор, определяющий гидродинамический, а следовательно и гидрогеохимический режим на значительной части исследуемой территории имеет незначительный вес (12.84 %) оказался второстепенным?

Перечисленные выше замечания ни в коей мере не умаляют достоинств рассматриваемой диссертации и не снижают квалификационного уровня Д.И. Петровой. Они направлены на повышение результатов будущих исследований.

Общая оценка диссертационной работы

Диссертация Дарьи Ивановны Петровой представляет собой завершенную научно-исследовательскую работу, выполненную на актуальную тему, результаты которой характеризуются несомненной новизной. Как уже отмечалось выше, диссертация четко структурирована, написана хорошим языком, содержит представительный библиографический список по рассматриваемой проблеме. Объем и качество представленных научных материалов достаточны для обоснования сформулированных выводов диссертации.

Все заявленные автором **защищаемые положения** раскрыты и хорошо обоснованы.

Автореферат диссертации в полной мере отражает содержание и основные результаты проведенных исследований.

По своему содержанию, научной новизне и практической значимости полученных результатов диссертация «Комплексная геоэкологическая оценка риска загрязнения подземных вод города Казани» полностью соответствует требованиям к кандидатским диссертациям Положения «О присуждении ученых степеней» ВАК, предъявляемым к кандидатским

диссертациям, а ее автор, Дарья Ивановна Петрова, заслуживает присуждения ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 1.6.6 – Гидрогеология.

Старший научный сотрудник лаборатории гидрогеологии
Федерального государственного бюджетного учреждения науки
Института земной коры СО РАН,
кандидат геолого-минералогических наук
(664033, Иркутск, ул. Лермонтова, 128
spavlov@crust.irk.ru; тел. 8-3952-422777)

29.11.2023

Сергей Харитонович Павлов.

Подпись Павлова СХ _____ заверяю
Кадрово-правовой отдел Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института земной коры Сибирского отделения Российской академии наук
Сергей Харитонович Павлов
"29" 11 2023 г.

