

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу
Казанцевой Алены Сергеевны

«Изотопно-геохимические особенности формирования состава подземных вод в нижнепермских отложениях карстовых районов Среднего Предуралья», представленную на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 1.6.6 – «Гидрогеология» (151 страниц, 35 рисунков, 24 таблицы, 119 литературных ссылок).

Актуальность темы диссертации определяется тремя факторами 1) заинтересованностью научного сообщества в расширении теоретического и экспериментального инструментария, позволяющего на базе эффективных методов изучать современные фундаментальные проблемы гидрогеологии, включая дальнейшее развитие понимания механизмов возникновения и функционирования карстовых систем; 2) необходимостью освоения методик, дающих возможность решать прикладные задачи в рамках запросов предприятий народного хозяйства; 3) возможностью широкого использования в науке и практике изотопных методов, базирующихся на современной прецизионной измерительной аппаратуре.

Методика исследований, использованная автором для получения исходной информации, включала натурное опробование и современный приборный парк для лабораторного анализа. Данные, полученные автором, в некоторых случаях являются уникальными, определяя **научную новизну работы**. Например, следует отметить массив мониторинговых данных по изотопному составу атмосферных осадков, подземных и поверхностных вод для региона мало изученного в изотопно-гидрохимическом отношении. Интерпретация материалов выполнена автором, в том числе, с привлечением статистических методов. Перечисленные обстоятельства, в первую очередь, обширный экспериментальный материал по водным объектам Среднего Предуралья, определяют **высокую степень обоснованности и достоверности полученных выводов и защищаемых положений**, которые повышают также **практическую и научную значимость работы**.

Результаты исследования представлены автором самостоятельно и в соавторстве в ряде публикаций в отечественных и зарубежных журналах, а также материалах научных собраний. **Автореферат** диссертации полностью **соответствует содержанию работы** и отражает все ее принципиальные положения.

Представленная к защите **диссертация представляет собой законченное научное исследование**, результаты которого могут быть использованы в дальнейшем, как при изучении конкретных карстовых систем в практических целях, так и для развития научных положений о закономерностях функционирования гидрогеологических систем, существование которых обусловлено локальными неоднородностями литолого-фациального строения территорий.

Несмотря на общую положительную оценку работы, следует высказать ряд замечаний к ее оформлению и содержанию диссертации.

Редакционно-оформительские замечания.

В тексте имеют место *орфографические ошибки, неправомерное использование надежных окончаний, предлогов, пропуски слов.*

Стилистические огрехи.

В некоторых случаях автор допускает повторение в одном предложении одинаковых слов, использует абзацы из одного предложения или, наоборот, абзацы длиной в $\frac{3}{4}$ страницы. Имеются примеры неудачного подбора синонимов или употребления определения. Например, использован термин «*ненапорные воды*» (с. 57), хотя обычно применяют термин «*безнапорные*». На с. 60 в одном предложении использован термин «*субаквальная*» и словосочетание «*разгрузка в руслах рек и на дне*

озер», которые являются синонимами. На с. 76 сказано «Воды р. Кунгур... имеют минерализацию более 2000 мг/дм³ ...». Термин «более» может означать любую величину свыше 2 г/л, например, 100 г/л. На с. 99–100 в подрисуночной подписи дано пояснение «4.5. – Большой зал фидер». Термин «фидер», по-видимому, подразумевает вертикальный питающий канал, однако сам термин не разъяснен и использован в тексте всего два раза. На с. 106 сказано «... подземные воды Ординской пещеры ... обладают повышенной жесткостью (30–37°Ж)». Градусы жесткости в настоящее время не используются. В резюмирующих частях работы нет необходимости повторять выражения «обобщение..., комплексное рассмотрение..., анализ... и т.п.».

Графика и таблицы.

Подрисуночные надписи и заголовки таблиц должны быть отформатированы единообразно во всем тексте. В ряде случаев графики на рисунках отмасштабированы таким образом, что визуально идентифицировать на них особенности, которые автор обсуждает в тексте, не представляется возможным. На одну диаграмму не рекомендуется наносить более трех графиков. При табличном представлении данных рекомендуется округлять результаты до трех, максимум – четырех значащих цифр с учетом реальных ошибок измерения параметров (в некоторых таблицах приведены, например, концентрации сульфатов с точностью до 5 знаков при реальной погрешности измерений 10 %).

Ссылочный аппарат.

Ссылки на литературу по номерам – это способ из далекого прошлого. Правильный и полезный читателю формат имеет вид [Фамилия, год], [Фамилия, Фамилия, год], [Фамилия и др., год]. Кроме того, сам формат ссылок в тексте иногда непредсказуемо меняется. Например, на с. 16 имеет место ссылка вида «...М. С. Чупахин (1953), ...», хотя для соблюдения единообразия нужны квадратные скобки. В списке литературы имеет место несколько вариантов записи библиографических сведений об использованных источниках. В некоторых случаях некорректно приведены названия организаций, например, академический институт назван без добавления аббревиатуры «РАН» (с. 4).

Особое форматирование текста.

Автору не следует забывать об удобном читателю визуальном представлении текста. Неправильно применять пробел внутри инициалов, в результате чего возникают трудно читаемые записи, например, «...А. О. Нир, Е. Р. Ней и М. Ингрэм. А Ч. Р. Мак-Кинни ...», которая оказывается растянутой на две страницы (с. 14, 15). Между инициалами и фамилией, годом и буквой «г.», величиной и ее размерностью нужно ставить неразрывный пробел во избежание «разноса» этих записей на две строки. При проверке текста обнаружены такие огрехи как знак табуляции в начале абзаца, различие размеров отступов перед абзацами, наличие двойных и тройных пробелов, сдвоенных точек и других знаков препинания. Особо следует отметить многократно повторяющееся в тексте неправомерное использование знаков «разрыв строки», «мягкий перенос» и «неразрывный пробел», а также применение пустых строк для «отбоя» одного куска текста от другого. Внутри списков, пункты которых разделены точкой с запятой, разбивка на предложения, разделенные точками, запрещена. Отдельные пункты нумерованных списков, имеющие формат «Номер. Первая заглавная буква текста» должны заканчиваться точкой.

Общие замечания по структуре текста.

Диссертация на соискание кандидатской степени как научно-исследовательская работа не требует обширных ссылок на нормативно-методические документы.

Во вводной части работы подразделы «Достоверность результатов», «Личный вклад автора», вероятно, должны быть помещены перед защищаемыми положениями, а не после. Ссылки на научно-исследовательские работы, в которых автор принимал участие, разумно переместить из подраздела «Достоверность результатов» в подраздел «Личный вклад автора».

Перечисление авторов, объектов их исследования и, только вскользь, полученных результатов – это неудачный способ формировать вводную часть научного текста (раздел 1.1 диссертации). Подобные описательные обобщения на тему изотопной гидрогеологии делались уже неоднократно (например, в монографии Ферронского В.И. и Полякова В.А., русское издание 2009 и англоязычное 2012 г.). Поэтому во введении правильнее указывать на уже установленные закономерности, которые могут быть использованы и развиты автором в своей работе.

Зачастую разделы и подразделы начинаются с одного-двух абзацев, содержащих декларативные положения или общеизвестные сведения, которые излишни в квалификационной работе, коей является диссертация. В некоторых случаях текст написан так, что подразумевается наличие у читателя детального представления о геолого-гидрогеологических условиях района, что затрудняет понимание аргументации автора. Во введении примеры использования изотопных методов на реальных объектах перемежаются с кусками текста, в которых рассматривается чисто аппаратное обеспечение таких работ. Эти экскурсы не вполне оправданы, так как часть из них посвящена масс-спектрометрическому способу измерения изотопных отношений, в то время как в работе применен лазерно-спектрометрический метод определения распространенностей дейтерия и кислорода-18.

Неудачным представляется пересказ содержимого таблиц словами в тексте (например, текст на с. 78 и таблица 4.7 там же).

Замечания к содержательной части работы.

В Разделе 1 «Обобщение результатов изучения подземных вод с использованием изотопных данных» не вполне удовлетворителен характер использования автором работы громадного массива литературы по изотопным методам. Например, наиболее свежие ссылки на зарубежную литературу ограничиваются 2017 г. (3 ссылки) остальной массив ссылок относится к работам 1960–2000^{-х} г. На с. 14 приведен пример использования системы дейтерий–кислород-18 из [Ветштейн, 1982] для морей, что несколько неожиданно, так как автор работает с подземными водами. С другой стороны, работа [Dansgaard, 1964], в которой впервые дано теоретическое обоснование связи дейтерий–кислород-18 в осадках, а также наследующая ей работа [Craig, Gordon, 1965] упоминаются лишь вскользь, а наиболее свежее фундаментальное обобщение [Jasechco, 2019] отсутствует в рассматриваемых источниках. Во вводной части недостаточно внимания уделено работам, сочетающим в себе теорию и примеры практического применения изотопных методов, например, нет отсылок к серии книг МАГАТЭ «Radioactivity in the Environment» и «Environmental isotopes in the hydrological cycle» под редакцией Froehlich K., Mook W.G., соответственно.

Важным для общего понимания научного вклада автора и полученных им результатов является Раздел 1.2. «Применение изотопного анализа подземных вод в Пермском крае» (с. 21–22). Однако никаких количественных данных по распространенности дейтерия и кислорода-18 в водах различного генезиса или анализу характерных закономерностей для исследованного региона раздел не содержит.

Как следствие, выводы к Разделу 1 не представляются оригинальными и позволяющими понять место рассматриваемой работы в общем спектре исследований, использующих изотопные методы для изучения подземных вод, а также значимость ее для развития представлений о геолого-гидрогеологических условиях Среднего Предуралья.

Раздел 2 «Методы исследования» содержит большой и важный, в плане понимания работы, подраздел «2.2. Масс-спектрометрический метод анализа». Во-первых, название подраздела неудачно, так как автором такой вид аналитики не используется. Во-вторых, описание процессов, определяющих перераспределение дейтерия и кислорода-18 между различными водными объектами гидросферы Земли, не являются выводами автора, поэтому текст обязательно нужно было оснастить ссылочным аппаратом.

Рассматриваемый раздел содержит ряд неточностей в формулировках (здесь и далее курсивом даны цитаты из диссертации).

Например, констатируется (с. 28) *«Изотопный обмен (или фракционирование) – это процесс, приводящий к изменению распределения изотопов между разными химическими формами элементов, разными фазами или внутри молекул»*. То есть, ставится знак равенства между «изотопным обменом» и «изотопным фракционированием», хотя это разные процессы.

Далее (с. 29) сказано *«Фазовые переходы ..., с долговременным сохранением в виде грунтовых вод ... или ... последующим (поступлением – оппонент) обратно в океан ... приводят к тому, что на разных стадиях гидрологического цикла воды различного происхождения отличаются по своим изотопным соотношениям»*. Это утверждение требует оговорки, так как воды различного происхождения могут быть похожи по изотопным характеристикам и, напротив, воды исходно одного и того же генезиса на разных стадиях гидрологического цикла могут сильно различаться по изотопно-гидрохимическим критериям.

На с. 30 сказано *«...в природе испарение в равновесных условиях происходит довольно редко, поскольку относительная влажность воздуха существенно меньше 100% Равновесные условия определяет температура воздуха. Если воздействуют еще какие-то факторы, то условия становятся неравновесными [4, 5, 14]»*. Отметим, что и изотопное и химическое равновесие определяется не температурой, а кинетикой процессов. Кроме того, вода испаряющаяся с Океана, а это 90 % атмосферной влаги, находится практически в равновесии с океанической водой. Об этом свидетельствует угловой коэффициент ГЛМВ равный 8 на дейтерий-кислородной диаграмме (причем на это указывает сам автор уже в следующем абзаце).

На с. 33–34 заявлено *«В тех широтах, где наблюдается баланс испаряющейся и выпадающей в осадках влаги, изотопный состав поверхностных вод ... наиболее близок к среднему составу вод океана»*. Это ошибочное утверждение, так как на континентах изотопный состав воды практически никогда не оказывается близок к среднему составу вод океана. *«Распределение изотопного состава поверхностных вод ... имеет преимущественно широтный характер: наиболее «тяжелые» поверхностные воды развиты в экваториальных широтах, а по мере удаления от него изотопный состав вод испытывает обеднение и по кислороду-18, и по дейтерию (континентальный эффект)»*. Неверно. Описан экваториально-полярный эффект.

С. 35. *«...изменения значений $\delta^2\text{H}$ и $\delta^{18}\text{O}$ воды в результате ... изотопного обмена с водовмещающими породами ... зависят от начального изотопного состава воды и породы...; отношения количества способных к обмену атомов кислорода и водорода, присутствующих в воде, к количеству атомов этих элементов в породе; от температуры... и от степени приближения системы «вода-порода» к состоянию изотопного равновесия, которое зависит от среднего времени пребывания воды в водоносном пласте»*. Возражение. В породах содержания водорода невелики (исключение – минералы, содержащие воду, например, гипс). Поэтому, изменение параметра $\delta^2\text{H}$ в воде при взаимодействии с породами мало, что было показано М. Спасенных еще в 1980^{-х} г. Степень приближения системы «вода-порода» к состоянию изотопного равновесия с породой зависит не сколько от времени пребывания, сколько от температуры.

С. 36. *«Таблица 2.1 Типизация вод по изотопному составу ($\delta^2\text{H}$ и $\delta^{18}\text{O}$)»* составлена автором на основании 5 работ от 1982, 1992, 1999, 2016 годов. Две из указанных публикаций посвящены рассмотрению вопросов гидрохимии и данные по изотопии природных вод в этих работах скудны. Соответственно, предлагаемую классификацию по состоянию дел на данный момент нельзя признать полной. Кроме того, третья строка таблицы содержит запись «Снеговые (воды – оппонент), лед и ледники». Снеговые воды – это также и атмосферные осадки в виде снега? Если да, то почему они объединены со льдом (каким?) и ледниками?

На с. 37–39 содержится кусок текста, посвященный масс-спектрометрическому анализу изотопного состава воды, и должен быть перенесен в более раннюю часть данного раздела.

С. 40 включает часть текста, описывающего методы обработки информации и должен быть перенесен ниже, в соответствующую часть работы.

С. 41 и с. 62. «Пробы воды для определения концентраций стабильных изотопов отбирали ежемесячно». Если имеются в виду атмосферные осадки, то МАГАТЭ рекомендует отбирать среднемесячные пробы. Это вовсе не означает, что осадки опробуются один раз в месяц.

Основные выводы к Разделу 2 (с. 42) по смыслу в значительной степени повторяют выводы к Разделу 1. Отметим также, что первое предложение первого пункта выводов «Изучение закономерностей распределения изотопного и химического состава вод, а также интерпретация этих данных на основе гидрологических, гидрогеологических и метеорологических данных, является основой изучения природных вод» представляет собой «уроборос».

Раздел 3 «Характеристика районов исследований».

На Рисунке 3.1 (с. 44). Полезно было бы привести данные не только по гидрографии, но и по топографии изученного региона.

Рисунки 3.2–3.5 (с. 46–51). Поскольку для работы автора наиболее важны не возрастные подразделения геологического разреза, а литолого-фациальные характеристики пород, то правильно было бы привести эти данные, в виде текстурной заливки или в подрисовочном описании. Нужны также ссылки на источники информации.

Раздел 4 «Особенности формирования состава природных вод исследуемых районов на основе изотопно-гидрохимических данных» является ключевым, поэтому к нему есть ряд замечаний.

С. 62. «По данным изотопного состава атмосферных осадков исследуемых районов впервые получены средние значения дейтерия и кислорода-18 вод атмосферного происхождения (локальная линия метеорных вод, ЛЛМВ)». Обращаю внимание, что ЛЛМВ – это линия, а средние значения – это точка. «Из расчётов исключили значения, смещённые относительно ГЛМВ более чем на 1‰ $\delta^{18}\text{O}$ (февраль, апрель, июнь 2017 г., март 2018 г. – северный район». Почему рассматривается смещение относительно Глобальной, а не Локальной линии метеорных вод? Исключение указанных данных только на основании отклонения от общего тренда на $\pm 1\%$ по $\delta^{18}\text{O}$ требует объяснения.

На с. 63–66 (Рисунки 4.1, 4.2, Таблицы 4.1 и 4.2 и текст) сказано «Уравнение ЛЛМВ для Пермского края имеет вид $\delta^2\text{H}=7,9 \times \delta^{18}\text{O}+8,4$ и практически не отличается от ГЛМВ ...». Уравнения аппроксимации (то есть, ЛЛМВ) на Рисунке 4.1 имеет вид $\delta^2\text{H}=7,68 \times \delta^{18}\text{O}+4,05$ (зеленый текст) и $\delta^2\text{H}=7,77 \times \delta^{18}\text{O}+5,06$ (красный текст). В тексте коэффициенты округлены до 1 значащей цифры после запятой, что правильно, учитывая число измерений. Однако это обстоятельство следовало оговорить. Далее указывается «Средневзвешенные значения за 1982 г. ... по метеостанции Пермь составили: $\delta^{18}\text{O} = -12,9\%$ и $\delta^2\text{H} = -93,9\%$ ». Нужно обсудить, как эти величины согласуются с наблюдениями автора за 2017–2018 г. в с. Искор ($\delta^{18}\text{O} = -9,7...-22,7\%$ и $\delta^2\text{H} = -68,4...-168,8\%$) и г. Кунгур ($\delta^{18}\text{O} = -9,4...-22,6\%$ и $\delta^2\text{H} = -70,2...-170,5\%$). Угловые коэффициенты для г. Кунгур и г. Пермь 7,8 и 7,7, а свободные члены 5,1 и 4,1, соответственно. Каким образом на объединенной диаграмме был рассчитан угловой коэффициент 7,9 и свободный член 8,4, а все точки оказались лежащими практически на одной линии аппроксимации, если для г. Пермь показано 26 точек, а для г. Кунгура и с. Искор в сумме – 32 точки?

На с. 65. автор выдвигает предположение «Поскольку атмосферные осадки являются одним из основных источников питания подземных вод ..., поэтому их состав напрямую влияет на состав подземных вод и, существует ... вероятность, что для подземных вод северного и южного районов будет прослеживаться широтная

зональность изменения изотопного и химического состава». Из работ Ферронского В.И., Власовой Л.С., Брезгунова В.С. еще в 1980–2000 г. экспериментально установлена широтная зависимость изотопного состава атмосферных осадков и грунтовых вод для ЕТР. Следует обратить внимание, что для южного и северного районов исследования существенная разница в изотопном составе осадков наблюдается только весной (см. Табл. 4.1 и 4.2), а в остальные сезоны расхождения укладываются в ошибку измерений.

На с. 69 сказано «Преобладающими ионами в речной воде ... являются HCO_3^- и Ca^{2+} ; они же доминируют и в зимних атмосферных осадках. ... расчет с использованием этих ионов показывает, что доля талых вод в питании реки в весеннее время может превышать 70 %». Необходим также расчет по более консервативному показателю – изотопному составу.

С. 71. «Зимние (декабрь-март) «легкие» осадки задерживаются на длительное время (порядка одного месяца), поскольку они выпадают в твердой форме и попадают в р. Колву только в период снеготаяния (апрель-май)». В принципе, объяснение правильное, но задержка должна составлять 2–4 месяца, а не один.

С. 77. «Весной изотопный состав вод р. Кишертки наиболее легкий ($\delta^{18}\text{O} = -14,8\text{‰} \div -14,9\text{‰}$, $\delta^2\text{H} = -107,9\text{‰} \div -108,6\text{‰}$), летом – наиболее тяжелый ($\delta^{18}\text{O} = -14,1\text{‰} \div -14,2\text{‰}$, $\delta^2\text{H} = -103,4\text{‰} \div -104,9\text{‰}$; табл. 4.6). Между изотопными составами вод р. Кишертки и атмосферными осадками корреляционной зависимости не прослеживается ($r_s = 0,30-0,48$, $r_{s,0,05} = 0,58$, $n = 12$)». Вариации изотопного состава вод р. Кишертки невелики, так как имеет место зарегулированность ее стока вследствие поступления карстовых вод. Отсюда прямо следует относительно низкая корреляционная связь с осадками (автору следует вспомнить правило интегрирования с точностью до постоянной). Аналогичное замечание относится и к паре Вилипский источник (имеющего пренебрежимо малые вариации изотопного состава воды $\delta^{18}\text{O} = -14,9\text{‰} \dots -15,2\text{‰}$ и $\delta^2\text{H} = -108,2\text{‰} \dots -110,0\text{‰}$) – р. Колва (с. 118–119).

С. 82. «Изотопный состав капли в весеннее, летнее и осеннее время соответствует изотопному составу атмосферных осадков осеннего периода ($\delta^{18}\text{O} = -12,4\text{‰}$, $\delta^2\text{H} = -88,1\text{‰}$). Из этого следует, что осенние осадки формируют состав капли и с учетом последнего, время просачивания инфильтрационных вод составляет от одного до девяти-двенадцати месяцев». Формальное сходство изотопного состава осенних осадков и состава капли в период весна-лето-осень не является достаточным доказательством для временной привязки источника. В формировании капли могут участвовать и весенние снеготалые воды, на это указывает относительно низкая минерализация капли.

С. 84. «... весной минерализация инфильтрационных вод имеет максимальное значение – до 2564 мг/дм^3 , что соответствует минерализации атмосферных осадков». Автор подразумевает, что местные осадки имеют минерализацию около $2,5 \text{ г/л}$? Аналогично (с. 106) «... во всех водных объектах прослеживается повышенное значение нитрат-ионов (до $18,6 \text{ мг/дм}^3$), поступающих вместе с атмосферными осадками». Содержание нитрат-ионов $18,6 \text{ мг/дм}^3$, в атмосферных осадках – это чрезвычайно редкая экзотика, требующая объяснения. И далее на с. 110–111 сказано «... источник – Свято-Никольский ... с небольшой минерализацией $335,0-364,0 \text{ мг/дм}^3$ (табл. 4.17)... . соответствует составу атмосферных осадков ...». Построение фраз заставляет предположить, что атмосферные осадки района имеют минерализацию $335-364 \text{ мг/дм}^3$, так ли это?

Замечание относится ко всем рисункам, на которых представлены данные по хронологическим вариациям изотопного состава воды, в частности, к Рисункам 4.9 и 4.10 (с. 87–91). В ходе работ зафиксирован ход вариаций изотопного состава осадков за 10 месяцев с мая 2017 по апрель 2018 (отсутствуют данные за июнь 2017 и март 2018 г.). Для этого же периода имеет место облегчение изотопного состава воды в родниках с амплитудой ненамного превышающей ошибку измерений. Достоверное установление

корреляции между источником сигнала и питаемым резервуаром возможно при наличии данных по не менее чем по трем полным годовым циклам наблюдений, причем все года должны различаться по амплитуде вариаций $\delta^2\text{H}$ и $\delta^{18}\text{O}$, чтобы достоверно установить сдвиг фаз.

С. 88. «А утяжеление состава водопроявлений в июле и августе может быть вызвано смешением подземных вод с атмосферными осадками ... тяжелого состава, выпавших в этот период. В отношении осадков, 2017 г. был аномальным: за три месяца (июль и август) этого года выпало около 37% годовой нормы». Месяцев указано два. Объяснение автора можно будет считать корректным только после привлечения данных по температуре воздуха и скоростям ветра для оценки потерь на испарение и транспирацию.

Ряд замечаний основан на не вполне четком понимании автором работы метрологических особенностей отдельных видов анализа.

С. 90. Приведены данные по минерализации воды в Покчинском роднике, которая варьирует от 246 до 284 мг/л. На с. 105–106 сказано, что минерализация воды изменяется в пределах от 335 и 364 мг/дм³, при количестве измерений $n = 4$. Аналогичное замечание относится и к данным, приведенным для Вилипского источника (с. 118–119). Далее автор строит на этом основании рассуждение об условиях питания подземных вод. Данный подход нельзя признать методически корректным. Указанные выше пределы вариаций минерализаций следует считать незначимыми. Например, стандартная ошибка турбидиметрического анализа сульфатов на колориметре составляет не менее 10 %, а нижний предел обнаружения хлоридов, как правило, составляет 5 мг/л, что можно проверить по параллельным пробам. С другой стороны, в Таблице 4.12 (с. 93–94) и далее в тексте для одной из пяти точек (всего приведено 10 наблюдений) отмечен однократный выброс по хлоридам и натрию на величину 20–100 раз. Достоверность наличия природной аномалии на один-два порядка величины требует обоснования.

Аналогичное метрологическое замечание относится и к данным по изотопному составу воды. Например, на с. 105–106 сказано «... изотопный состав атмосферных осадков демонстрирует полную функциональную связь ($r_s = 1,0$, $r_{s\ 0,05} > 0,9$, $n = 4$) с изотопным составом вод Арсеновского источника». Однако, из Таблицы 4.15 следует, что различие в изотопных составах воды источника для отдельных сезонов не превышает ошибки измерения $1\sigma = \pm 0,4\%$. Несколько ниже сказано «Установлена статистически значимая ... взаимосвязь между изотопными составами ($\delta^2\text{H}$) осадков и вод источника ($r_s = 0,65$, $r_{s\ 0,05} = 0,58$, $n = 12$)». При этом, согласно Таблице 4.19, изотопный состав водорода варьирует в пределах $\delta^2\text{H} = -107,3...-109,9\%$, то есть также практически в пределах погрешности измерений,

Соответственно, статистические оценки в указанных случаях следует применять с большой долей скептицизма.

С. 97–98. «... данные полученные в 2020 г. позволяют уточнить схему движения вод во время половодья ... (рис. 4.11). Направление движения ... подтверждает переток воды с северо-запада (грот Вышка 2) на юго-восток (грот Дорофеева) ..., который заметили сотрудники Кунгурской лаборатории-станции во время половодья в 2020 г.». Выводы основаны на данных 2020 г., которые отсутствуют в работе. Гроты «Вышка 2» и «Дорофеева» на Рисунке 4.11 не обозначены.

С. 101–102. «Анализ ... иллюстрирует отсутствие функциональной связи изотопного состава вод Большого зала ... с изотопным составом атмосферных осадков ($r_s = -0,2$, $r_{s\ 0,05} > 0,9$, $n = 4$)». Однако, в первом предложении данного абзаца сказано: «...питание этого участка осуществляется путем инфильтрации...», то есть, налицо рассогласование в утверждениях. «Взаимосвязи между изотопными составами атмосферных осадков и водами озера Входного не установлено ($r_s = -0,8$, $r_{s\ 0,05} > 0,9$, $n = 4$)». Коэффициент $r_s = -0,8$ – это средняя степень обратной связи, даже не смотря на статистически малую длину ряда $n = 4$.

С. 103. «Между изотопным составом речных вод и атмосферных осадков должна быть высокая корреляция. Из-за отсутствия данных по р. Кунгур, предположим, что это действительно так». Это предположение критично для дальнейших построений и должно быть хоть как-то обосновано.

С. 112–113. Заявленное название подраздела «Локально-слабоводонесущая нижнепермская карбонатная серия», однако в тексте приводится в пример один источник (ист. д. Низкое) и два озера (оз. Провальное и Молебное). Указанные водные объекты, нельзя объединять при рассмотрении, так как водный их баланс формируется под влиянием разных факторов, а не единого процесса.

«Изотопный состав вод источника в д. Низкое изменяется от $-11,1\%$ до $-15,1\%$ по $\delta^{18}\text{O}$ и от $-96,8\%$ до $-110,2\%$ по $\delta^2\text{H}$ ». В Таблице 4,18 для изотопного состава вод источника в д. Низкое даны другие пределы $\delta^{18}\text{O} = -12,6\ldots -14,9\%$ и $\delta^2\text{H} = -100,1\ldots -108,1\%$.

С. 115. «При этом при разгрузке вод из сульфатных отложений состав вод наиболее легкий, по сравнению с водами, где разгрузка осуществляется из карбонатных пород». Изотопный состав подземных вод, разгружающихся в озера, вряд ли зависит от характера вмещающих пород. Наблюдаемое различие в изотопных составах озерных вод обусловлено степенью испарительного концентрирования и сопровождающего его неравновесного изотопного фракционирования, которое в оз. Молебном существенно выше, чем в оз. Провальном.

С. 124–125. В «Таблице 4.21. Сезонное распределение источников питания по результатам изотопного и химического анализа» указано питание подземных вод атмосферными осадками в зимний период. Это утверждение требует пояснений, так как регион характеризуется наличием длительного периода господства отрицательных температур, когда атмосферные осадки накапливаются в виде снега, а для подземных вод имеет место межень.

С. 130–131. «Установлено, что при смене гидрохимической формации с $\text{HCO}_3\text{-Ca}$ на $\text{SO}_4\text{-Ca}$ происходит увеличение минерализации и обогащение вод тяжёлыми изотопами». Весьма важный вывод, требующий обсуждения. По-видимому, автор связывает утяжеление изотопного состава воды с растворением гипса. Это обстоятельство следовало проверить экспериментально а) при использовании местной воды и гипса и/или б) при отгонке кристаллогидратной воды из гипса и определении ее изотопного состава. Приблизительный расчет, выполненный по данным из Таблицы 4.22 о концентрациях и изотопных составах воды, с использованием уравнения смешения, дает, что кристаллогидратная вода в гипсе должна иметь изотопный состав $\delta^{18}\text{O} \approx +1430\%$. Эта величина не соответствует литературным данным.

С. 134. «Для северного района средние значения минерализации составляют $302,7 \pm 8,9 \text{ мг/дм}^3$, изотопного состава – $\delta^{18}\text{O} = -15,2 \pm 0,05\%$ и $\delta^2\text{H} = -110,5 \pm 0,27\%$ (1σ), для южного – $2091,0 \pm 73,6 \text{ мг/дм}^3$, $\delta^{18}\text{O} = -14,5 \pm 0,06\%$ и $\delta^2\text{H} = -106,4 \pm 0,29\%$ (1σ)». В этой части текста автор по умолчанию отказывается от влияния растворения гипса на изотопный состав воды, приписывая эффект утяжеления широтному эффекту.

С. 140–141. В Заключении к работе также, к сожалению, формулируются не стыкующиеся друг с другом тезисы. С одной стороны говорится о зависимости изотопного состава подземных вод от широтных вариаций состава атмосферных осадков и, одновременно, указывается на то, что утяжеление может быть обусловлено растворением гипса.

Высказанные замечания, между тем, не снижают общее качество и оценку диссертации, которую следует рассматривать как достойную квалификационную работу, тем более, что в ходе исследования получены сведения, существенные для дальнейшего развития знаний о функционировании карстовых систем Среднего Предуралья. Отмеченные выше огрехи, которые несомненно легко могут быть исправлены, обусловлены, вероятнее всего, объективными причинами, одной из которых является

отсутствие в базовых программах подавляющего числа ВУЗ'ов образовательных курсов по теме «Изотопная гидрогеология» или аналогичных. В результате большинству молодых специалистов приходится заниматься самообразованием, в случае, если они хотят применять передовые методы научных исследований.

Таким образом, диссертация полностью соответствует квалификационным требованиям, установленным ВАК РФ, а ее автор – Казанцева Алена Сергеевна – заслуживает присуждения ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 1.6.6 – Гидрогеология.

Токарев Игорь Владимирович
паспорт 4005 694237 выд. 62 О.М. Калининского района Санкт-Петербурга 05 июля 2005.
Кандидат геолого-минералогических наук (специальность 1.6.6 – Гидрогеология)
Главный специалист
Отдел мелкомасштабной съемки и картографирования
ФГБУ Геоспецгеология филиал «Гидрогеологическая Экспедиция 29 района»
191036 Россия, Санкт-Петербург, 7-я Советская ул., 5Ж, пом. 209
gge2002@mail.ru, сл. тел. +7 (812) 271-36-92
сайт организации <https://specgeo.ru>.

Я, Токарев Игорь Владимирович, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

«13 апреля» 2022 г.


(подпись)

Токарев И.В.

Подпись соискателя удостоверено
директор  Исаев А.В.

