

УТВЕРЖДАЮ

Директор

Института земной коры СО РАН

член-корреспондент РАН

Д.П. Гладкочуб

4 апреля 2022 г.



Отзыв ведущей организации

о диссертационной работе **Казанцевой Алены Сергеевны**

«ИЗОТОПНО-ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ СОСТАВА ПОДЗЕМНЫХ ВОД В НИЖНЕПЕРМСКИХ ОТЛОЖЕНИЯХ КАРСТОВЫХ РАЙОНОВ СРЕДНЕГО ПРЕДУРАЛЬЯ», представляемой на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности **1.6.6 – гидрогеология**

Представленная к защите работа посвящена раскрытию особенностей формирования химического состава подземных вод карстовых районов среднего Предуралья с использованием изотопных методов. Изотопные отношения водорода и кислорода дают возможность изучать и динамику подземных вод, и их генезис, и гидрогеохимические черты как самого растворителя, так и растворенного вещества. Исследование вариаций изотопов водорода и кислорода в природных водах приобрели широкий размах с появлением совершенных масспектрометрических приборов. И представленная работа основана на использовании этого высокоточного метода для решения вопросов формирования изотопного и химического состава подземных вод, залегающих в нижнепермских отложениях карстовых районов средней части Предуралья. Общая направленность исследований в область решения вопросов генезиса подземных вод, формирования их состава определяют **актуальность работы**.

В диссертационной работе А.С. Казанцевой впервые для исследуемого региона получены изотопные характеристики атмосферных осадков, подземных вод и вод поверхностного руслового стока, выявлены закономерности изменения и зависимости между составом указанных типов вод, уточнен генезис подземных вод на основе установленных закономерностей изменения их изотопно-химического состава. Все это определяет **научную новизну**, а **практическая значимость** заключается в создании базы данных изотопов водорода (^2H) и кислорода (^{18}O) подземных вод, речных вод и атмосферных осадков, которая внесена в международную базу данных GNIP, и в использовании отдельных результатов исследования в учебном процессе Пермского государственного национального исследовательского университета.

Целью работы заявлено установление условий формирования изотопного и химического состава подземных вод, распространенных в нижнепермских отложениях карстовых районов средней части Предуралья.

Диссертационная работа общим объемом 151 стр. состоит из введения, четырех разделов, заключения, списка использованной литературы из 119 наименований. Работа содержит 34 рисунка, 24 таблицы. В конце каждого раздела приводятся основные выводы.

Автореферат работы содержит 25 страниц текста, включая 6 рисунков и 19 публикаций по теме диссертации.

Во **Введении** соискатель обосновывает актуальность, представляет научную новизну и практическую значимость работы, формулирует защищаемые положения.

Замечание

Нигде, кроме введения, защищаемые положения больше не цитируются. Какими разделами и подразделами они доказываются остается только догадываться.

В **разделе 1** освещается широко известная история развития и применения изотопных методов в гидрогеологических исследованиях как за рубежом, так и в нашей стране. Подраздел 1.2 (1,5 стр.) посвящен изотопным исследованиям подземных вод в Пермском крае.

Раздел 2 описываются основные методы и материалы выполненных исследований: в подразделе 2.1 – методы химического анализа, в подразделе 2.2 – масс-спектрометрический метод, причем почти на 12 страницах из 15 излагаются теоретические основы разделения изотопов дейтерия и кислорода, в подразделе 2.3 – методика отбора проб.

Замечания.

1. В подразделе 2.2. (и далее в тексте работы) автор часто путается, называя значения $\delta^2\text{H}$ и $\delta^{18}\text{O}$ содержанием изотопов, между тем это относительные единицы стандарта.

2. В табл. 2.1 приведена авторская типизация вод по изотопному составу, выполненная на основе обобщения опубликованных данных. Однако, судя по ссылкам, автором приняты к рассмотрению публикации прошлого века (1982-1999 гг., за исключением одной – 2016 г.) и не использованы многочисленные сведения об изотопном составе разных типов вод из российских и зарубежных публикаций, полученные в мире за последние 20 лет, причем некоторые из этих работ есть в списке использованной литературы (например, Shouakar-Stash et al., 2007; Алексеев и др., 2007 и др.). Является ли такая типизация достоверной?

3. На стр. 36 автор утверждает, что: «Высокоминерализованные подземные воды (рассолы) и метаморфизованные морские воды различаются по содержанию $\delta^2\text{H}$ и $\delta^{18}\text{O}$...». Что понимается под «метаморфизованными водами», каков их химический состав и минерализация, чем они отличаются от рассолов?

В **разделе 3** характеризуются два искусственно выделенных района (в качестве ключевых участков), в пределах которых изучались особенности формирования изотопного и химического состава подземных вод в нижнепермских отложениях: *северный* – на границе Ксенофоновского и Соликамского карстовых районов в долинах р. Колвы и *южный* – в пределах Нижнесылвинского, Иренского и Кишертского карстовых районов в долинах рек Сылвы, Кишертки и Кунгур. Характеристика гидрогеологических условий (подраздел 3.2) в пределах выделенных районов дается чрезвычайно кратко и предполагается, вероятно, что всю информацию можно получить из приведенных карт.

Основные водоносные горизонты (подраздел 3.2.1) характеризуются с точки зрения гидродинамики в пределах верхнего и нижнего гидрогеодинамических этажей. Указывается, что и для северного, и для южного районов исследований типична повышенная водообильность, которая определяется приуроченностью подземных вод к проницаемым зонам литолого-фациального и тектонического генезиса. Для исследованных районов характерны все возможные виды разгрузки: родниковая, субаквальная, подземная и разгрузка в руслах рек и на дне озер. Разгрузка подземных вод в виде источников осуществляется в долины рек Колва, Сылва, Кишертка и Ирень.

Замечания.

1. При описании геологического строения и гидрогеологической обстановки следовало привести вертикальные разрезы, на которых отобразить литологический состав водоносных горизонтов, водоупорные толщи, положение свободной и пьезометрической поверхности подземных вод, их минерализацию и состав. Эти разрезы дали бы наглядное представление о подземной гидросфере и упростили сравнение северной и южной части исследуемого региона.

2. На рис. 3.4 и 3.5 представленные гидрогеологические карты таковыми не являются, скорее это схемы местоположений точек опробования (источник, родник (чем источник отличается от родника?), водопад, река), нанесенных на геологическую основу. На гидрогеологических картах необходимо отражать распространение различных водоносных комплексов и горизонтов, источники их дебит, колодцы, буровые скважины, кровлю и подошву водоносных толщ, глубину залегания подземных вод и их химический состав. Здесь этих сведений нет.

3. В разделе к гидрогеологическим подразделениям наряду с классическими водоносным горизонтом и комплексом относятся серия, свита, надзона. Откуда эта вольная трактовка гидрогеологической терминологии?

Раздел 4 посвящен анализу особенностей формирования состава природных вод. На основе изучения химического и изотопного состава автор оценивает роль атмосферных осадков (подраздел 4.1) и поверхностных вод (подраздел 4.2) в формировании состава подземных вод. Выявлено, что средневзвешенные годовые значения изотопного и химического состава осадков для станций Искор и Кунгур демонстрируют широтную зональность, снижаясь в направлении с юга на север, а годовой ход изотопного состава речных вод, в целом, подобен годовому ходу состава атмосферных осадков, отличаясь от последнего существенно меньшей амплитудой и некоторым сдвигом по времени. Для определения характера взаимосвязи между водами поверхностного руслового стока, подземными водами и атмосферными осадками применялся метод корреляционного анализа. Проанализировано сезонное изменение содержания пяти микрокомпонентов в речных водах *южного* района, на основании чего сделан вывод о том, что «анализ содержания железа показывает, что речные воды *северного* района в летний и осенний периоды, *южного* района – в весенний и осенний периоды, подпитываются водами, поступающими с заболоченных участков.

Замечания.

1. По какой причине выбраны именно эти пять (Cu, Zn, Sr, Fe, Pb) микрокомпонентов в составе вод?
2. В табл. 4.7 (и по тексту в диссертации) неверно указана ПДК для железа - 0.25 вместо 0.3 мг/дм³.

В подразделе 4.3 описываются особенности формирования химического и изотопного состава подземных вод трех гидродинамических зон. Первые из них – инфильтрационные воды, в качестве которых изучалась капель со сводов гротов Кунгурской Ледяной и Ординской пещер с целью определения времени просачивания инфильтрационных вод. Автором установлено, что в Кунгурской пещере «по результатам изотопного анализа нами выделено два вида просачивания капели: быстрое (один месяц) ...и медленное (до девяти-двенадцати месяцев)...», а в Ординской пещере «время, необходимое для инфильтрации воды ... составляет примерно шесть месяцев».

Вопросы.

1. С чем связана различная скорость инфильтрации вод в карстующихся породах пещер?
2. На стр. 79 отмечено: «Определение времени инфильтрации и фильтрации вод до горизонта подземных вод является частью **второго защищаемого положения**». А где же другая часть? И почему сразу второе защищаемое положение? Еще не доказано первое.
3. На стр. 83 диссертации указано, что «весной минерализация инфильтрационных вод имеет максимальное значение – до 2564 мг/дм³, что соответствует минерализации атмосферных осадков». Не ошибка ли это, поскольку минерализация атмосферных осадков в регионе изменяется от 6 до 72 мг/дм³?

Дальнейший текст подраздела 4.3 посвящен подземным водам, распространенным в водоносных горизонтах гидродинамических зон горизонтальной циркуляции и сифонной циркуляции вод (по А.Г. Максимовичу), и разгружающимся в виде источников в долинах рек Колвы, Сылвы либо в подземные и поверхностные озера. Для выделенных подразделений приводится характеристика макрокомпонентного, изотопного состава и содержание пяти микрокомпонентов, проводится сравнение (и корреляционный анализ) с атмосферными осадками. На этом основании делается вывод о вероятности питания за счет инфильтрации осадков и/или за счет разгрузки нижележащих подземных вод.

Исследования изотопного состава и химического состава этих типов вод позволили соискателю обосновать **первое защищаемое положение**: на основе изотопно-гидрохимических параметров подземных вод установлено, что в весенний, летний и зимний периоды питание вод происходит за счет атмосферных осадков и напорной разгрузки из нижележащих отложений, в осенний период – только за счет атмосферных осадков.

Замечание.

Все подземные воды характеризуются соискателем только по анализам состава вод источников, посредством которых разгружаются напорные воды того или другого

горизонта (комплекса). Есть ли подтверждение данными бурения приуроченности вод источников к рассматриваемым гидрогеологическим подразделениям? Каков состав этих вод, каков их напор, с какой глубины и как осуществляется разгрузка вод из нижележащих отложений, какой тип очагов разгрузки, есть ли связь с тектоническими нарушениями? На эти вопросы можно было бы легко найти ответ, если бы была полноценная гидрогеологическая карта в работе.

Доказательству **третьего защищаемого положения** отведена часть **подраздела 4.3.1**, которая громко названа «Концептуальная модель формирования состава подземных вод в нижнепермских отложениях». Здесь дается комплексная характеристика этих вод (попутно суммируются все сведения о водах источников, подземных и карстовых озер), выделяется четыре типа подземных вод по генерализованному составу, минерализации и значениям $\delta^{18}\text{O}$ и $\delta^2\text{H}$ и формулируется *предварительный вывод* о том, «что изотопный состав подземных вод зависит от состава вмещающих пород, но практически не зависит от возраста гидрогеологического подразделения, в которых сосредоточены подземные воды». После расчета индексов насыщения (И.н.) и коэффициентов растворимости (К.р.) в системах «гипс-вода» и «карбонат-вода» соискатель приходит к выводу, «что изменение минерализации, а также изотопного состава вод, сосредоточенных в разных вмещающих породах Среднего Предуралья, главным образом определяется взаимодействием «вода-порода» и в меньшей мере – релеевской дистилляцией».

Вопрос и замечание.

1. Означает ли *предварительный вывод*, что он не доказан и будет уточняться?
2. Не совсем удачно структурирована работа: обоснование и доказательство выносимых на защиту положений смещено ко второй половине последнего раздела, что сдвинуло центр тяжести всей выстроенной конструкции диссертации.

В **Заключении** сформулированы научные результаты работы.

Завершая рассмотрение содержательной части диссертационной работы А.С. Казанцевой, следует отметить, что она явилась итогом восьмилетних исследований автора по изучению особенностей формирования состава подземных вод нижнепермских отложений в карстовых районах среднего Предуралья. Основные результаты исследований, изложенные в диссертационной работе, апробированы на всероссийских и международных конференциях, совещаниях. Представленная к защите работа является завершенной и вполне может рассматриваться как научно-квалификационный труд. Автореферат в целом отвечает содержанию диссертации, однако по объему он превышает рекомендуемый ВАКом – 1 печ.л. В автореферате приведены сведения о публикациях автора, названия публикаций полностью соответствуют направлению диссертационной работы и ее защищаемым положениям.

Без сомнения диссертант на защите своей работы сумеет ответить на замечания, изложенные в настоящем отзыве.

Таким образом, работа «Изотопно-геохимические особенности формирования состава подземных вод в нижнепермских отложениях карстовых районов среднего Предуралья» отвечает требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 1.6.6. – гидрогеология, а её автор Алена Сергеевна Казанцева достойна присуждения ей искомой степени.

Отзыв рассмотрен на заседании Отдела гидрогеологии и инженерной геологии ФГБУН Института земной коры СО РАН, протокол № 2 от 23 марта 2022 г.

Ведущий научный сотрудник
лаборатории гидрогеологии
Института земной коры СО РАН,
доктор геолого-минералогических наук,
специальность 25.00.07 – гидрогеология.
664033, Иркутск, ул. Лермонтова, 128
+79500555890
lalex@crust.irk.ru



Алексеева Людмила Павловна

Старший научный сотрудник
лаборатории гидрогеологии
Института земной коры СО РАН,
кандидат геолого-минералогических наук,
специальность 25.00.07 – гидрогеология.
664033, Иркутск, ул. Лермонтова, 128
+79149309720
spavlov@crust.irk.ru
30 марта 2022 г.



Павлов Сергей Харитонович

Сведения об организации:

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт земной коры Сибирского Отделения Российской академии наук

Россия, 664033, Иркутск, ул. Лермонтова, 128

Тел./факс: +7(3952)427000, e-mail: log@crust.irk.ru, website: www.crust.ru

Свидетельство о постановке на учет Российской организации в налоговом органе по месту нахождения 25 февраля 1994 г., № 3812. Инспекцией Федеральной налоговой службы по Свердловскому округу г. Иркутска.

Подпись	Алексеевой А.М.
_____	завещаю
Ведущий эксперт Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института земной коры Сибирского отделения Российской академии наук.	
«04»	04 2022 г.

