

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу

Токарева Игоря Владимировича

«Изотопная реконструкция происхождения, эволюции и оценка текущего состояния водно-ледовых объектов», представленную на соискание ученой степени доктора геолого-минералогических наук по специальности 1.6.6 – Гидрогеология

Актуальность темы диссертации не вызывает сомнений. Исследования Токарева Игоря Владимировича направлены на развитие и детализацию условий применения изотопно-геохимических методов для реконструкции происхождения, эволюции и оценки текущего состояния подземных вод различных регионов Евразии, в том числе района подземного захоронения жидких радиоактивных отходов в Сибири, кроме того соискателем были изучены полигонально-жильные льды в районах Арктики. Работа И.В. Токарева вносит вклад в решение фундаментальных задач изотопной геохимии, но еще более значима для решения насущных прикладных задач, таких, как определение ресурсов, баланса подземных вод, рисков их загрязнения под влиянием природных и техногенных факторов и т.д.

Диссертационная работа Токарева И.В. поражает своим огромным объемом: она состоит из 2-х томов, включающих одно введение, три раздела содержательной части и два заключения, изложенных на 396-ти страницах (1 том – 224 стр., 2 том – 172 стр.), 224 рисунка, 76 таблиц. Библиографический список включает 1081 источника, в т.ч. 559 иностранных публикаций.

Первый раздел (объем 68 стр.) называется «Теоретический анализ применения изотопных систем для исследования водно-ледовых объектов» и состоит из подразделов, посвященных:

- 1) анализу распространения ^1H , $^{16,18}\text{O}$, ^3H в подземной крио-гидросфере на основе литературных данных, в т.ч. баз данных NOAA, МАГАТЭ (объем 14 стр.);
- 2) обоснованию условий применимости $\delta^2\text{H}$, $\delta^{18}\text{O}$, ^3H и благородных газов в подземных водах для реконструкции температуры воздуха местности, обоснованию разработанной автором концептуальной схемы формирования изотопного состава ^1H , $^{16,18}\text{O}$, ^3H , ^3He , ^{20}Ne в инфильтрационных водах районов с наличием холодных сезонов в гумидных районах, где формируется снежный покров, и аридных районах вне зоны сплошной многолетней мерзлоты (обоснованию «кусочно-импульсного» поступления изотопов) (объем 25 стр.);
- 3) анализу условий применимости метода $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ (по активности) для оценки деградации многолетней мерзлоты на основе моделирования автором 2-хстадийного процесса формирования избытков ^{234}U в подземных водах на основе программы MtWolf (автор Румянцев В.А.), также Procесing ModFlow, ver.5 (объем 13 стр.);
- 4) вопросу изотопного датирования подземных вод U, Th, ^4He , $^3\text{H}/^3\text{He}$ и др. методами, методике расчета содержаний радиогенных благородных газов, используемых для геохронологического датирования подземных вод (объем 25 стр.).

Второй раздел, объемом 75 страниц, посвящен обсуждению натурной апробации изотопно-геохимических методов.

В 1-м подразделе показаны результаты физических экспериментов, проведенных автором для оценки фракционирования изотопного состава изотопов ^1H , $^{16,18}\text{O}$ при испарительном процессе, и представлена разработанная автором методика определения потерь на физическое испарение с поверхности (мм/сут) по $\delta^2\text{H}$, $\delta^{18}\text{O}$ изотопным данным остаточной воды (объем 21 стр.);

2-й раздел (объемом всего 3 стр.) автор посвятил постановке проблемы о влиянии климатических вариаций на водный баланс с привлечением опубликованных данных;

В 3-м и 4-м подразделах автор обсуждает результаты исследований водно-ледовых объектов арктического побережья и бассейна р. Колыма с использованием $\delta^2\text{H}$, $\delta^{18}\text{O}$

систематики для реконструкции палеотемператур Арктики и оценки отклика параметров $\delta^2\text{H}$, $\delta^{18}\text{O}$ на современные погоднo-климатические вариации, проведенных в рамках международного проекта NSF ARC1204070 (рук. Шикломанов А.И.) и программы Президиума РАН 23 и НШ-335.2014.5 (рук. Стрелецкая И.Д.) (объем 18 стр.);

В 5-м подразделе (объемом всего 1 стр.) представлены опубликованные данные о температурах зоны аэрации, полученные методом благородных газов NGT и методом $\delta^{18}\text{O}$ -термометра (решение обратной задачи), и показана существующая разница между ними.

В 6-м подразделе (объемом 23 стр.) автор обсуждает проблему формирования избытков ^{234}U в подземной гидросфере на основе собственных и литературных данных.

Третий раздел, составляющий 2-й том диссертации, представляет собой, по сути, сборник 11-ти отчетов научно –исследовательских работ (НИР) по проектам, по-видимому, выполненным в рамках разных хоздоговорных работ или при поддержке различных фондов (грантов). Подразделы автором собраны в три группы: первые две по принципу замкнутости или открытости гидрогеологической структуры (зоны питания, транзита и разгрузки подземных вод), а третья группа объединяет исследования 3-х объектов, связанных с проблемой подземного захоронения радиоактивных отходов (РАО). По формату подачи материалов видно, что каждый подраздел (отчет) соответствует отдельному самостоятельному исследованию со своими целями и задачами: отчет начинается с описания объекта, далее излагаются результаты работ и выводы.

Особо нужно отметить, что в период подготовки диссертации были проведены отбор, обработка значительного объема водных проб и их анализ с применением изотопно-геохимических методов, и собранная база изотопных данных по подземным водам различных районов Евразии:

- Альмерии (Испания) (объем 14 стр.);
- бассейна р. Нарын (Кыргызстан) (объем 20 стр.);
- Кировского горнопромышленного района (Мурманская область, Россия) (объем 16 стр.);
- южной Карелии (объем 11 стр.);
- Северодвинского месторождения йодных вод (объем 7 стр.);
- Ленинградского артезианского бассейна (объем 14 стр.);
- юго-запада Республики Татарстан (12 стр.);
- термоминеральных вод равнинного Крыма (объем 4 стр.);
- района захоронения жидких радиоактивных отходов СХК, Томская обл. (20 стр.);
- района Тече-Бродской структуры (район деятельности ПО «Маяк») (объем 10 стр.);
- Нижнеканского гранитоидного массива (бассейн р. Енисей) (объем 13 стр.)

имеет самостоятельную научную ценность, поскольку в литературе таких данных явно недостаточно.

Далее перейдем к замечаниям к работе.

1. Сразу обращает внимание неудачное, слишком претензионное название диссертации, поскольку «водно-ледовые объекты» в названии не ограничены ни Землей, ни географическим регионом, не определено их место в геологическом и гидрогеологическом отношении;
2. В работе отсутствует раздел «Литературный обзор состояния проблемы». При весьма большом списке использованной литературы в 1081 источника, не показана история развития изотопно-геохимических методов в гидрогеологических, геокриологических исследованиях, не определены остающиеся «белые пятна» и место (ниша) собственных исследований соискателя в современном состоянии проблемы;
3. В работе отсутствует раздел «Объекты исследования». Не понятно, что за «водно-ледовые объекты», и как они соотносятся с «водными объектами» и «ледовыми объектами», о которых речь идет в содержательной части работы? Что общего в объектах исследования соискателя?

4. В работе отсутствует раздел «Личный вклад». Несмотря на бесспорно большое количество изотопно-геохимических исследований, выполненных соискателем, в том числе в рамках различных хоздоговорных работ, следует полагать, что эти проекты выполнялись коллективом. В томе 1 раздел II обсуждаются результаты 2-х научно-исследовательских проектов (3 и 4 подразделы), проведенные под руководством других исследователей. В томе 2 (раздел III) приведены научные отчеты по 11-ти проектам. Внушительный список публикаций соискателя по теме диссертации, а это 82 статьи, за исключением одной, идут под группой соавторов от 3-х до 5-ти и более человек, и только в $\frac{1}{4}$ из них соискатель представлен первым автором. В связи с этим как раз было необходимо детально осветить личный вклад автора.
5. Разделы «Фактический материал» и «Методы» объединены и приведены в излишне краткой форме. Необходимо было указать количество собственных данных, использованных в работе, поскольку в доказательной части диссертации использовано много заимствованных данных (из публикаций, из баз данных МАГАТЭ и др.), и не всегда ясно – где данные самого автора, а где чужие данные. Отсутствует информация по видам проб и методам анализа, не перечислены новые методики, предлагаемые автором, а также не указаны аналитические центры, в которых проводились анализы.
6. Для обоснования актуальности работы автор перечисляет проблемы – «белые пятна» в изотопно-геохимических исследованиях подземной крио- гидросферы (том 1, стр. 6), на решение которых направлялись его усилия:
 - 1) – недостаточное понимание условий формирования изотопных сигналов $\delta^2\text{H}$, $\delta^{18}\text{O}$, ^3H в подземной крио- и гидросферах;
 - 2) – неопределенность области применимости некоторых изотопно-геохимических методов в различных природно-техногенных обстановках;
 - 3) – проблема выбора изотопно-геохимических методов для решения различных практических задач и его обоснования.

Вопрос к 1-му пункту: на основании каких данных выявлена недостаточность понимания условий формирования изотопных сигналов $\delta^2\text{H}$, $\delta^{18}\text{O}$, ^3H в подземной крио- и гидросферах? В чем эта недостаточность понимания определяется (критерии)? Где ссылки на источники? Какова история развития этого метода? По 2-му пункту: что за «некоторые изотопно-геохимические методы» имеет ввиду автор? Нужно было назвать эти методы. В каких именно «различных природно-техногенных обстановках» не определены области применимости этих методов? Кроме того, нужно было конкретизировать 3-ью проблему (слишком общие слова): для каких «практических задач» существует проблема подбора изотопно-геохимических методов?

7. **Цель работы** сформулирована следующим образом: это – «*теоретическое и экспериментальное обоснование способов применения изотопно-геохимических и геохронологических методов для реконструкции происхождения, эволюции, оценки текущего состояния и прогноза изменения характеристик водно-ледовых объектов под действием природных и антропогенных факторов*», то есть: получается «...обоснование способов применения... способов (методов)»? Вижу здесь смысловую тавтологию, избыточность слова «способов». Возможно, следовало написать просто: 1) «...обоснование применения изотопно-геохимических методов...» или 2) «...детализация условий применения изотопно-геохимических методов...». К тому же геохронологические методы – это часть изотопно-геохимических методов, поэтому можно было оставить только «изотопно-геохимические методы» и не перегружать предложение.

8. Три задачи, которые решал соискатель, на мой взгляд, сформулированы в слишком общей форме и пространно, но без необходимой конкретики.

В 1-й задаче какое «развитие способов интерпретации изотопно-геохимических данных» имел в виду автор, в каком направлении предполагалось «развитие»? Что имеется в виду под «отдельными изотопными методами» (в 1-й задаче), «отдельными физико-химическими факторами» (во 2-й задаче), почему не названы методы и факторы? И в том же ключе: апробация каких именно «стандартных и вновь предлагаемых автором способов получения и интерпретации изотопно-гидрохимической информации» ставилась в 3-й задаче? Там же: что имеет в виду автор под «конкретными объектами», на которых проводилась апробация методов? В задачах эти загадочные «способы», «методы», «факторы», «объекты» не расшифрованы, что я считаю недостатком.

9. **Задачи** содержат ряд подзадач. Например, 2-ая задача содержит 1) физическое и компьютерное моделирование поведения изотопов в природных и техногенных обстановках; 2) оценку информативности изотопных данных при изучении месторождений пресных, минерально-лечебных, промышленных и термальных вод, а также захоронений радиоактивных отходов. Почему автор не разбил задачи на большее количество задач?

10. Единственное место в автореферате на стр. 7, где вскользь упоминается, что водные и ледовые объекты – это «поверхностные и подземные воды, ледники, плавающие льды и мерзлота». Между тем в диссертации ледники и плавающие льды не обсуждаются. Что автор подразумевает под термином «мерзлота»? Это сезонная или многолетняя мерзлота? Или имеются в виду многолетнемерзлые породы, содержащие лед?

11. В томе 2 диссертации представлено 11 научных отчетов по разным исследованиям. Понятно, что для каждого исследования были свои самостоятельные цели и задачи, но почему они автором не обозначены? Приходится догадываться о них по содержанию и выводам в отчетах.

12. Каждый подраздел 2-го тома заканчивается выводами, это всего - 11 отдельных выводов на разных страницах обширного тома! Есть также выводы, подытоживающие результаты в каждой подгруппе раздела – это еще 3 (три) дополнительных вывода! Еще дополнительный 1 (один) вывод по результатам исследований водных объектов северо-запада РФ. Если обратимся к 1-му тому диссертации, там также по всему тексту вкраплены выводы в 7-ми различных местах текста. Итого, всего в 22-х разных местах диссертации приводятся выводы по тем или иным обсуждаемым вопросам диссертации. Не лучше ли было собрать эти выводы в одном месте с их обобщением в **заключении**?

13. В диссертацию включен подраздел II.1 (стр. 80 – 101, объемом 22 стр.), посвященный результатам экспериментального изучения процесса физического испарения и изменения изотопного состава ^1H , ^2H , ^{16}O , ^{18}O в остаточной воде, и представлению методики оценки потерь на физическое испарение по $\delta^2\text{H}$, $\delta^{18}\text{O}$ в остаточной воде. Эти результаты не оформлены в защищаемое положение. Чем обосновано включение этого раздела в диссертацию?

14. В диссертации два **заключения**, каждый объемом всего по 1,5 страницы, которые размещены как в конце 1-го тома, так и в конце 2-го тома. Удивительно то, что оба заключения оказались идентичны между собой. Почему в работе два заключения? Зачем в диссертации вообще 2-й том, если он вообще ничего не изменил, ничего не добавил в заключение работы? В автореферате вместо заключения есть выводы.

Итак, обзор работы выявил фрагментарную («кусочную») структуру подачи материала, каждый обсуждаемый вопрос разделен на три дискретные части: постановку вопроса нужно искать в теоретическом разделе I, а результаты экспериментов и расчетные данные по этому же вопросу – находить во II разделе, а третью часть вопроса, связанную с апробацией методов, выискивать в разделе III или в подразделах 3, 4, 6 II раздела, при этом в самых разных местах диссертации. Например, возьмем $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ метод: теоретическая часть и математическое моделирование приведены в разделе I (том 1, стр. 40-52), результаты экспериментов, результаты натурных исследований – в разделе II (том 1, стр. 130-150), примеры использования этого метода в разделе III (том 2, стр. 101-102, 111, 122-123).

В диссертации отсутствует ряд необходимых разделов (см. выше), зато есть разделы, не связанные с защищаемыми положениями (подраздел II. 1), то есть лишние. На мой взгляд, работе не хватает цельности изложения и последовательности рассуждения, начиная от постановки вопроса до выводов. Разрозненная структура работы при ее очень большом объеме затрудняет восприятие работы как цельного исследования.

При отсутствии литературного обзора состояния проблемы трудно обосновать научную новизну исследований, которая, несомненно, имеет место быть. **Научная новизна** исследований И.В. Токарева, на мой взгляд, заключена:

1) в разработке импульсно-кусочной модели формирования изотопного состава $^{1,2}\text{H}$, $^{16,18}\text{O}$, ^3H в инфильтрационных водах вне зоны сплошной многолетней мерзлоты в силу преимущественного подпитывания осадками холодного сезона (в аридных зонах) и снеготалыми водами (в гумидных зонах при формировании снежного покрова зимой) с более обедненным составом изотопов ^2H , ^{18}O по сравнению с осадками теплого сезона. Эта разработка легла в основу 1-го защищаемого положения.

2) в объяснении высоких значений $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ радиоактивного отношения, обнаруживаемых в подземных водах, 2-х-стадийным процессом выщелачивания и выноса изотопов урана, а именно формированием избытка ^{234}U изотопа в пленочной влаге многолетнемерзлых пород (в силу эффекта естественного фракционирования природного урана) и его поступлением в подземные воды при деградации многолетней мерзлоты на основе математического моделирования. Эти результаты легли в основу 2-го защищаемого положения.

3) в разработке методики разделения расчетным путем тритиевого ^3H и терригенного ^4H , которая при измерении концентраций благородных газов и родительских изотопов U, Th, ^3H позволяет выполнить $^3\text{H}/^3\text{He}$, U,Th/ ^4He датирование подземных вод, оценить пропорции смешения молодых (вод моложе 60 лет) и древних подземных вод. Эти наработки легли в основу 3-го защищаемого положения.

4) в экспериментальном установлении взаимосвязи потерь на физическое испарение и изменения изотопного состава $^{1,2}\text{H}$, $^{16,18}\text{O}$ в остаточной воде, и разработке методики определения потерь на физическое испарение (мм/сут) по изотопным данным (решение обратной задачи). Эти новые результаты автором не вынесены в защищаемое положение, тем не менее они представлены в диссертации в виде подраздела II.1 (стр. 80 – 101, объемом 22 стр.).

5) впервые на основе содержания изотопов $\delta^{18}\text{O}$ в полигонально-жилых льдах проведена реконструкция пространственного распределения зимних палеотемператур на арктическом побережье начиная с 60 тыс. лет назад до настоящего времени (периоды МИС-1, МИС 2 МИС 3, МИС 4).

В работе 4 защищаемых положения. **Первое защищаемое положение** теоретически обосновано, этому помогает хорошая визуализация концептуальной модели формирования изотопного состава $^{1,2}\text{H}$, $^{16,18}\text{O}$, ^3H в инфильтрационных водах с учетом сезонности питания, изотопного состава атмосферных осадков (том 1, стр. 29). В качестве доказательства первого защищаемого положения использован опубликованные данные температур зоны аэрации, полученные двумя способами: на основе $\delta^2\text{H}$, $\delta^{18}\text{O}$ и методом NGT благородных газов (том 1, стр. 128).

А где собственные данные исследований автора для доказательства защищаемого положения? Почему они не показаны? Хотелось бы увидеть данные соискателя, которые показывают взаимосвязь изотопных составов инфильтрационных вод и атмосферных осадков холодного сезона. Между тем в ходе выполнения 11-ти различных научно-исследовательских проектов, отчеты по которым представлены во 2-м томе, и еще двух проектов НИР, представленных в 1-м томе, автором собраны данные по $\delta^2\text{H}$, $\delta^{18}\text{O}$ в атмосферных осадках, в поверхностных и подземных водах, в подземных льдах и мерзлых породах. Эти данные в разрозненном виде приведены в разных местах диссертации: в томе

1 это страницы 110, 111, 118, 119, 126, в томе 2 – это страницы 14, 31, 33, 35, 36, 45, 62, 65, 74, 81, 84, 85, 101, 121, 136, 151. Этом большой массив изотопных данных не сведен вместе в качестве доказательства первого защищаемого положения в четком и ясном формате, в работе не представлено их совокупное обсуждение и выводы. Для доказательства первого защищаемого положения мне не хватило собственных данных соискателя. Поиск и выявление возможных косвенных доказательств первого защищаемого положения в 11-ти отчетах НИР, по моему мнению, не соответствует формату диссертации и защите научных положений.

Второе защищаемое положение основано на результатах математического моделирования естественного фракционирования изотопов урана-234 и урана-238, проведенного автором на программном комплексе MtWolf (авт. Румянцев В.А., Санкт-Петербург), также Procесing ModFlow, ver.5, при этом принималось условие, что коэффициенты диффузии в альфа-треках примерно в 500 раз (до 1000 раз) больше коэффициентов диффузии в матрице горной породы. Расчеты проведены для двух вариантов радиокинетического разделения изотопов урана: 1) одностадийного выщелачивания урана из горных пород при постоянном потоке; 2) двухстадийного варианта с периодом стагнации водообмена (при нахождении пород в мерзлом состоянии) и накопления изотопов урана в пленочной влаге и с их последующим переходом в гравитационные воды и вымыванием потоком воды (при деградации многолетней мерзлоты). При моделировании второй стадии скачкообразно увеличивали проницаемость пород (моделирование таяния). Оказалось, что двухстадийная модель наилучшим образом описывает и объясняет опубликованные ураганно-высокие значения $^{234}\text{U}/^{238}\text{U} > 10$, часто наблюдаемые в подземных водах, и повышенные значения $^{234}\text{U}/^{238}\text{U} > 1$ в донных осадках, отложившихся в ледниковые эпохи. По мнению автора, за долгий период пребывания горных пород в мерзлом состоянии происходит накопление избытков ^{234}U в пленочной влаге мерзлых пород и их освобождение (поступление в подземные воды) при деградации многолетней мерзлоты.

В подземных водах Ленинградской области автором выявлены $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ от ~1.0 до 25 (стр. 133), в подземных водах Карелии – до 6.4 (стр. 134), Архангельской области – от 2.81 до 6.84 (стр. 135), на Полярном Урале – 3.5-4.2 (стр. 136), в термальных подземных водах Чукотки – от 1.19-2.84 до 4.42-8.59 (стр. 136). Между тем в подземных водах Мурманской области $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ не отличалось от равновесного и составило 0.89–1.23. Эти данные автора можно было бы принять за несомненное доказательство 2-го защищаемого положения, но остается неясным периодичность, частота отбора проб. Если отбор проб был единичным, то тяжело эти данные связать именно с деградацией многолетней мерзлоты или со следами бывшей многолетней мерзлоты. Отмечу, что для усиления доказательства 2-го защищаемого положения, кроме собственных данных, соискателем дополнительно были привлечены многочисленные опубликованные данные района озера Байкал, подземных вод Центральной Азии, Северной Америки, океанического резервуара и т.д. (том 1, стр. 138 – 150).

Между тем известно, что в Олхинской скважине на юге Сибирской платформы в ходе долговременного мониторинга в 2013–2022 гг. было установлено повышение $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ до 15.71, обусловленное эффектом Чалова–Чердынцева при растворении карбонатных пород (без связи с деградацией многолетней мерзлоты) [Рассказов и др., 2024]. Известна взаимосвязь $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ в поверхностных и подземных водах и сейсмической активности: например, в приповерхностных подземных водах Култукского полигона около озера Байкал показатель $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ повышался до 3.29 при росте сейсмической активности, в связи с этим показатель $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ рекомендован для использования в сейсмопрогностических целях [Рассказов и др., 2015].

Почему автор не определил показатели $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ в подземных и поверхностных водах бассейна р. Колыма, где на основе данных $\delta^2\text{H}$, $\delta^{18}\text{O}$ как раз им были установлены признаки деградации многолетней мерзлоты (том 1, стр. 113)? Выявление ураганно-

повышенных значений $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ в водных пробах бассейна р. Колыма стало бы сильным аргументом для 2-го защищаемого положения.

Интересны результаты натурных экспериментов по отжигу и охлаждению дробленого гранита для изучения выщелачивания ^{234}U (том 1, стр.130). Чем автор объяснит снижение $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ в водных растворах (выщелатах) после отжига и последующего охлаждения гранитов по сравнению с исходными показателями? Как результаты этих экспериментов согласуются с предложенной 2-стадийной моделью формирования избытков ^{234}U в природных водах?

Третье защищаемое положение, посвященное неон-гелиевой систематике, считаю доказанным. В работе показаны результаты расчетов тритигенного ^3He и терригенного ^4He в подземных водах с использованием разработанной автором методики, приведены примеры датирования подземных вод $^3\text{H}/^3\text{He}$ и $(\text{U-Th})/^4\text{He}$ методами, оценено смешение молодых (моложе 60 лет) и древних вод, проведены расчеты потенциальных ошибок при датировании $^3\text{H}/^3\text{He}$ и $(\text{U-Th})/^4\text{He}$ методами.

Четвертое защищаемое положение «Апробация предлагаемых методов использования системы изотопных трассеров ($^{1,2,3}\text{H}$, $^{16,18}\text{O}$, $^{3,4}\text{He}$, ^{20}Ne , $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$) в широком круге природно-географических условий и варьирующих типах техногенной нагрузки подтвердила эффективность их комплексного применения, позволяющего: а) реконструировать обстановки, определявшие условия формирования водно-ледовых объектов, б) диагностировать и количественно оценивать основные факторы, контролирующие формирование ресурсов и качества подземных вод, в) использовать изотопные данные для решения прогнозных задач, например, при обосновании безопасности захоронения радиоактивных отходов в подземном пространстве», на мой взгляд, достаточно банально, поскольку вышеперечисленные систематики были разработаны и совершенствовались именно для этих целей (для получения новых знаний об условиях формирования и развития различных геологических систем). Доказанность 4-ого защищаемого положения не вызывает сомнений, поскольку оно подкреплено результатами большого объема изотопно-геохимических исследований поверхностных и подземных вод, атмосферных осадков, подземных льдов, представленных в 11-ти научных отчетах 2-го тома диссертации, и в подразделах 3, 4, 6 разделах II 1-го тома диссертации.

Заключение. И.В. Токаревым проделана огромная работа по изучению изотопного состава подземных вод различных регионов Евразии, в том числе подземных вод районов захоронения радиоактивных отходов, также изучен изотопный состав подземных льдов в Арктике. В диссертации представлен большой фактический материал. Достоверность полученных аналитических данных не вызывает сомнений. В работе присутствует научная новизна, основное внимание направлено на детализацию условий применения и совершенствование изотопно-геохимических методик для реконструкции происхождения, эволюции и оценки текущего состояния подземных вод.

Диссертация значима как в фундаментальном, так и в прикладном планах. Особенно значимы реконструкции палеоклимата по изотопному составу полигонально-жильных льдов. В практическом отношении полученные соискателем результаты особенно важны для прогноза радиационной безопасности в районах захоронения жидких радиоактивных отходов,

Защита 1-го, 2-го научных положений диссертации недостаточно аргументирована результатами собственных исследований соискателя.

К фрагментарной (разрозненной) структуре диссертации и к форме подачи фактического материала в виде отдельных научных отчетов, отсутствию обобщающих сводных диаграмм и отсутствию совокупного анализа фактических данных есть существенные замечания, устранение которых сняло бы многие вопросы относительно профессиональной квалификации соискателя.

Автореферат полностью отражает содержание диссертации.

Работа апробирована на ряде международных, всероссийских и региональных конференций. По материалам диссертации опубликовано 7 монографий и 82 статьи, в том числе 67 статей в рецензируемых журналах из перечня, рекомендованного ВАК Минобрнауки РФ, то есть результаты работы более чем достаточно широко освещены и апробированы.

По своей актуальности, новизне, научно-практической значимости диссертационная работа «Изотопная реконструкция происхождения, эволюции и оценка текущего состояния водно-ледовых объектов», представленная на соискание ученой степени доктора геолого-минералогических наук по специальности 1.6.6 – Гидрогеология, соответствует п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842 (ред. от 26.09.2022) и паспорту специальности 1.6.6 – Гидрогеология (геолого-минералогические науки), а ее автор Токарев Игорь Владимирович заслуживает присуждения ученой степени доктора геолого-минералогических наук по специальности 1.6.6 – Гидрогеология.

Артамонова Светлана Юрьевна
Старший научный сотрудник
Федерального государственного бюджетного учреждения науки
Института геологии и минералогии им. В.С. Соболева
Сибирского отделения Российской академии наук
доктор геолого-минералогических наук
24.02.2025

630090, Новосибирск, проспект академика Коптюга, 3, ИГМ СО РАН
Интернет адрес организации: www.igm.nsc.ru
e-mail: artam@igm.nsc.ru
Тел.: +7 913 481 13 27

Я, Артамонова Светлана Юрьевна, даю согласие на включение моих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

Подпись Артамоновой С.Ю. заверяю



18.8. Щитова
Зав. канцелярией
24.02.2025