

## ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу

**Полетаевой Веры Игоревны**

«Геоэкологическая оценка сопряженных сред «вода – донные отложения» и геохимический отклик крупной водной системы на антропогенное воздействие (р. Ангара и каскад ее водохранилищ)», представленную на соискание ученой степени доктора геолого-минералогических наук по специальности 1.6.21.– Геоэкология

**Актуальность** работы В.И. Полетаевой не вызывает сомнения. Прежде всего, этому способствует сам объект исследования – река Ангара и каскад ее водохранилищ. Это и сама Ангара, единственная река, вытекающая из озера Байкал – уникальный природный объект, требующий изучения его эволюции в условиях антропогенного воздействия. Это и составляющие единую систему с Ангарой водохранилища, возникновение которых связано со строительством крупнейшего в России комплекса гидроэлектростанций, играющего важнейшую роль в обеспечении устойчивости энергосистемы страны. В связи со значимостью и масштабностью объекта исследования оценка современных гидрохимических особенностей водоемов Ангарской системы и степени антропогенной нагрузки на них представляется актуальной задачей, от решения которой существенно зависят направленность и подходы к решению многих экологических и социально-экономических проблем.

Следует отметить многообразие важных и интересных задач, которые решает автор в рамках диссертационного исследования: общие вопросы трансформации водных экосистем при переходе речного режима в режим водохранилищ; необходимость учета разнообразия антропогенного воздействия со стороны как промышленных предприятий, так и городских агломераций, а также влияния лесозаготовительной деятельности; формирование геохимических барьеров; выработка критериев для оценки экологического состояния природно-антропогенной системы. Нельзя не оценить огромный объем фактического материала и комплексный характер работ. Помимо проведения классических гидрохимических исследований (причем многолетних), включающих определение

макро- и микрокомпонентов в поверхностных и придонных водах р. Ангары и четырех водохранилищ, анализировались также поровые воды, общие содержания и формы нахождения элементов в донных осадках на участках водохранилищ с наибольшей антропогенной нагрузкой. Такой комплексный подход позволил автору сформировать представление об устойчивости и изменчивости водной системы в целом и установить роль седиментационного геохимического барьера; провести оценку качества вод с учетом различных факторов их формирования; обосновать целесообразность применения региональных критериев для экологического нормирования и природопользования.

**Научная новизна** диссертационной работы заключается в следующем:

Впервые на современном научно-методическом уровне выполнен детальный анализ пространственно-временной динамики гидрохимического состава р. Ангары и каскада ее водохранилищ.

Выявлены участки Ангарской водной системы, подвергающиеся наибольшей антропогенной нагрузке, и показан вклад основных факторов формирования гидрохимического состава этих природно-антропогенных водоемов.

Показано, что образованные после зарегулирования реки геохимические барьеры препятствуют распространению элементов техногенного происхождения по акватории водохранилища.

Обоснована возможность использования результатов гидрохимических исследований истока р. Ангары в качестве индикаторных геохимических критериев.

**Теоретическая значимость** результатов исследования заключается в выявлении различия и сходства гидрохимических особенностей и их пространственно-временной динамики, а также закономерностей распределения химических элементов в системе «вода – донные отложения» для реки Ангары и каскада ее водохранилищ, представляющих собой комплекс единых по своему происхождению природно-антропогенных пресноводных экосистем. Совокупность полученных результатов представляет собой методологическую и методическую

основу для анализа и прогноза состояния водных экосистем, подвергающихся антропогенному воздействию различной интенсивности.

**Практическая значимость** исследования заключается, прежде всего, в комплексной, основанной на результатах многолетних наблюдений и современных аналитических данных, оценке эколого-геохимического состояния уникальной Ангарской водной системы. Еще одним важным с практической точки зрения аспектом работы является предложенная и обоснованная автором корректировка существующих требований в области нормирования уровней загрязнения окружающей среды, что является стратегически важным для водных объектов Байкало-Ангарской водной системы – уникального резервного фонда по запасам пресных питьевых вод. Следует отметить, что часть результатов исследований уже вошла в зарегистрированную пространственную базу данных «Неорганические загрязнители в стоке оз. Байкал».

**Достоверность результатов исследования** подтверждается представительностью фактического материала, полученного на натуральных объектах и проанализированного в аккредитованном аналитическом отделе ИГХ СО РАН по аттестованным методикам. Результаты работ отражены в отчетах по ряду проектов, в числе которых темы госзадания ИГХ СО РАН, государственные контракты, а также проекты, поддержанные авторитетными научными фондами и организациями. Основные научные положения работы неоднократно докладывались и обсуждались на международных, всероссийских и региональных конференциях. По материалам диссертации опубликованы 32 статьи в рецензируемых изданиях из перечня ВАК и баз цитирования WoS и Scopus, 2 работы – в коллективных монографиях, 1 работа – в Государственном докладе.

Диссертация состоит из введения, 5 глав, содержит 279 страниц, в том числе 53 рисунка, 53 таблицы, список литературы из 358 наименований и 2 приложения.

Первые две главы являются вводными. **В главе 1** автор приводит основные характеристики объектов исследования – р. Ангары и каскада ее водохранилищ. **Глава 2** посвящена описанию методологии исследования и обзору использованных методов. Она начинается с изложения основных подходов к изучению состояния водных экосистем (краткий обзор литературы), за ним следует анализ степени

изученности собственно Ангарской водной системы, описание фактического материала, положенного в основу диссертационной работы, и, наконец, последовательное перечисление и краткая характеристика методов отбора и подготовки проб к анализу, методов самого анализа и контроля качества результатов измерений, применяемого в работе метода физико-химического моделирования и использованных автором индексов загрязнения. В следующих главах 3-5 изложены собственно результаты диссертационной работы. Каждая глава заканчивается кратким резюме, что очень удобно для восприятия большого массива разноплановых данных.

**Глава 3** (самая большая по объему) называется “Пространственно-временная динамика гидрохимического состава Ангарской системы”. В ней последовательно рассмотрены гидрохимические характеристики истока р. Ангары, Иркутского, Братского, Усть-Илимского и Богучанского водохранилищ. В зависимости от поставленных задач в пробах воды определены главные ионы, микроэлементы, биогенные компоненты, органическое вещество, фенолы, нефтепродукты, Сорг. В этой главе автором проведен анализ пространственно-временной динамики гидрохимических показателей и на его основе выявлен вклад основных факторов в формирование режима растворенных веществ для каждого из водоемов Ангарской водной системы. При этом рассмотрены как природные факторы (сток оз. Байкал, подземные воды), так и антропогенные (крупные техногенные источники – Усольская и Братская промышленные промышленной зоны, лесозаготовительная деятельность). Полученные результаты позволили автору сформулировать первое защищаемое положение. Его обоснованность не вызывает ни малейшего сомнения, но формулировка представляется неудачной – слишком общей, неконкретной и потому тривиальной: “Анализ пространственно-временной динамики химического состава вод и изучение факторов формирования Ангарской системы показали, что каждый водоем имеет свои гидрохимические особенности, обусловленные поступлением элементов из природных и антропогенных источников”.

Следующие три защищаемые положения основаны на результатах, представленных в **главе 4**, которая называется “Факторы, определяющие миграционные потоки элементов, и процессы самоочищения в пресноводной системе”. Полученные автором данные о распределении и формах нахождения

химических элементов в донных отложениях и о составе поровых вод, позволили выделить два наиболее значимых для Ангарской водной системы геохимических седиментационных барьера, на которых происходит осаждение взвешенного материала, поступающего с промышленных территорий в составе стока. Здесь также можно сделать замечание к формулировке защищаемых положений – второго и третьего. Оба они посвящены геохимическим барьерам, определяющим миграцию элементов и устойчивость природно-антропогенных водоемов. Автор отмечает двоякую роль седиментационных барьеров, с одной стороны, накапливающих химические элементы антропогенного происхождения и препятствующих их распространению по акватории водоема, а с другой стороны, являющихся экологически опасными объектами с потенциалом негативного пролонгированного действия на водную среду. С точки зрения оппонента, эти два защищаемых положения могли бы быть объединены в одно, причем, как и в случае первого защищаемого положения, желательно сделать формулировки более конкретными – например, указать, о каких именно барьерных зонах идет речь. Аналогичное замечание (слишком общая формулировка) можно сделать и к четвертому защищаемому положению, в котором перечислены факторы формирования поровых вод. Необходимо подчеркнуть, что эти замечания носят редакционный характер – обоснованность всех защищаемых положений сомнению не подлежит.

Заключительная **глава 5** посвящена оценке антропогенного воздействия и методическим аспектам мониторинга вод Ангарской системы. В ней рассмотрены основные подходы к оценке качества вод: официально установленные нормативные показатели, предложенные различными авторами индексы загрязнения. В результате автором сформулировано пятое защищаемое положение – предложено в качестве индикаторных геохимических критериев, отражающих природные условия формирования и позволяющих объективно оценить вызванные антропогенной деятельностью изменения гидрохимического состава водоемов Ангарской системы, использовать концентрации микроэлементов в воде истока р. Ангары, полученные за долговременный период наблюдений. Это защищаемое положение также представляется полностью обоснованным; его формулировка замечаний не вызывает.

При общем чрезвычайно благоприятном и убедительном впечатлении, которое производит диссертационная работа, при чтении ее возникает ряд небольших вопросов и замечаний.

1. Глава 3 в наибольшей степени насыщена численными данными, и, возможно, было бы полезно в таблицах с концентрациями главных ионов и микрокомпонентов (табл. 3.1.1, 3.1.2 и т.п.) привести ряд показателей, с которыми эти концентрации можно было бы для наглядности сразу сравнить. Это могут быть ПДК, нормативы WHO и усредненные концентрации микрокомпонентов в реках мира (как это сделано в главе 5, но только в одной итоговой табл.5.1) плюс приведенные в монографии *Шварцев С.Л. Гидрогеохимия зоны гипергенеза. М.: Недра. 1998* концентрации макро- и микрокомпонентов в речных водах. А вот сравнение с ПДК для водоемов рыбохозяйственного (!) назначения состава сточных вод Усольской промышленной зоны (с.101) или вод коллекторной сети предприятия «Усольехимпром» (с.122) представляется, наоборот, излишним.

2. Относительно схемы постадийной экстракции, использованной в работе. Насколько имеет смысл в данном случае определение водорастворимой фракции? Ведь донные отложения и так находятся в контакте с пресными водами – в отличие от почв или горных пород? И небольшое замечание – при определении форм нахождения мышьяка обычно добавляется специальная анионообменная стадия экстракции (ее называют специфической сорбированной, в зарубежной литературе “strongly adsorbed”); для ее получения используют растворы гидрофосфата или дигидрофосфата натрия или аммония.

3. Вопросы по термодинамическому моделированию. Его результаты изложены на с.186-189, и из этого краткого изложения можно понять, что оно заключалось в расчете равновесного минерального состава донных отложений в районе геохимического барьера (о. Конный) исходя из их элементного состава. Это было моделирование взаимодействия с водой – придонной или поровой? В каком соотношении жидкой и твердой фаз? Несколько удивляет, что при расчете равновесного состава среди минералов присутствуют хорошо растворимые соли нахколит и мирабилит – гидрокарбонат и сульфат натрия. Для их образования требуются довольно высокие концентрации главных ионов, не характерные для

пресноводных водоемов. В пресной воде эти минералы должны растворяться, поэтому хотелось бы видеть результат расчета состава не только твердых фаз, но и жидкой.

4. На с.199-200 обсуждаются особенности поведения и миграционные формы марганца и железа в зависимости от окислительно-восстановительных условий. Здесь было бы уместно привести диаграммы Eh-pH для Mn и Fe и нанести на них точки поровых вод, как это сделано на диаграмме серы на с.219. Интересно было бы посмотреть и на результаты термодинамического расчета миграционных форм в поровых водах – какую долю от общей концентрации Mn и Fe занимают свободные ионы, а какую – комплексные частицы.

5. Не всегда понятен выбор ссылок, используемых автором. Так, например, на с.5 в разделе “Степень изученности проблемы” автор, говоря о широко освещенных в литературе проблемах (микроэлементы как одни из наиболее распространенных загрязнителей природных сред или важная роль форм нахождения элементов в донных отложениях), приводит по две ссылки на частные работы, относящиеся к конкретным водоемам, расположенным в Румынии, Индии, Греции и Испании. Более уместны были бы здесь ссылки на обобщающие работы, которых достаточно в литературе. Например, обзорные главы из *Treatise on Geochemistry. 2014 (vol. 7. Surface And Groundwater, Weathering and Soils; vol.11. Environmental Geochemistry)*; глава *Формы нахождения элементов в окружающей среде и методы их исследования. В коллективной монографии Химический анализ в геологии и геохимии (ред. Г.Н.Аношин) Новосибирск, 2016* и др. Или классификация частиц по размерам на с.36 – автор пишет, что она предложена в работе (*Samillah, 1990*), хотя эта классификация как общепринятая входит в учебники химии значительно более ранних годов издания.

Высказанные замечания носят уточняющий или рекомендательный характер, не затрагивают существа диссертационной работы и не влияют на полученные автором результаты.

Диссертация В.И.Полетаевой соответствует критериям, установленным в пп. 9-11, 13 и 14 Постановления Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. N 842 «Положение о присуждении ученых степеней». Диссертация

представляет собой научно-квалификационную работу, в которой на основании выполненных автором исследований решена научная проблема выявления особенностей и закономерностей функционирования крупной природно-антропогенной водной системы (р. Ангара и созданный на ней каскад водохранилищ).

Содержание автореферата соответствует содержанию диссертационной работы. Основные результаты достаточно полно опубликованы в научной печати.

Считаю, что диссертационная работа В.И.Полетаевой отвечает всем требованиям, предъявляемым к работам, представленным на соискание ученой степени доктора геолого-минералогических наук по специальности 1.6.21.– Геоэкология, а ее автор Полетаева Вера Игоревна **заслуживает присуждения** **искомой степени.**

Чарыкова Марина Валентиновна

доктор геолого-минералогических наук, доцент,

профессор с возложенными обязанностями заведующего кафедрой геохимии

Института наук о Земле

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет»

Адрес: 199155, Санкт-Петербург, пер. Декабристов, 16

[m.charykova@spbu.ru](mailto:m.charykova@spbu.ru)

+7 812 3636000 (доб. 3000)

14 января 2025 г.

Подпись руководителя  
Удостоверено

Чарыковой М.В.

ЗАМЕСТИТЕЛЬ НАЧАЛЬНИКА  
УПРАВЛЕНИЯ КАДРОВ ГУОРП



14.01.2025