

## ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук Малова Виктора Игоревича на тему:  
**«Геохимия и минералогия компонентов системы Онежского озера»**  
по специальности 1.6.4. Минералогия, кристаллография. Геохимия, геохимические методы поисков полезных ископаемых

Для оценки содержания диссертационной работы были представлены текст диссертации, изложенный на 120 страницах, включая 63 иллюстрации, 8 таблиц и список используемой литературы из 149 наименования, а также автограф на 21 странице.

**Актуальность темы диссертации.** Диссертация Малова В.И. посвящена изучению особенностям формирования геохимических и минералогических свойств осадочного вещества в процессе седиментогенеза донных отложений Онежского озера как в современных условиях антропогенной нагрузки, так и без таковой в более ранние времена голоцен и позднего плейстоцена. Следует отметить, что использование химических характеристик донных отложений и последующего аутигенного минералообразования в качестве критерия, достоверно описывающего состояние озера, до настоящего времени остается недостаточно исследованным. Последовательное рассмотрение соискателем «всей цепочки» от поступления автохтонного и аллохтонного вещества в озеро и его диагенетических преобразованиях в донных отложениях существенно расширяет представления о процессах седиментогенеза крупного пресноводного водоема. В своей работе соискатель решает не только фундаментальные задачи по минералого-геохимической трансформации в области разработки критериев оценки состояния континентальных водоемов по вещественному составу донных отложений, но и прикладные задачи. Такие как процессы депонирования фосфора, поступающего от интенсивного рыбохозяйственной деятельности на Онежском озере, и пути трансформации ртути в экосистеме озера. Это дает основание считать, что научная проблема, сформулированная в диссертации, нетривиальна, а выбранное соискателем направление исследований весьма перспективно. Следует признать организаторские способности соискателя и отдать должное его напористости, методичности и последовательности, что позволило обобщить и проанализировать весьма представительную коллекцию проб донных осадков (836 проб), материалы седиментационных ловушек, пробы воды.

Рассмотрим каковы же конкретные результаты, полученные автором при решении поставленных задач. Для удобства представления ответов соискателем замечания по тексту отзыва будут пронумерованы (*н*).

**Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций соискателя.** В первой главе соискателемдается литературный обзор по литогенезу, и история изучения донных отложений Онежского озера. На основе изложенных материалов можно сказать, что соискатель владеет обширной информацией о

результатах предыдущих исследований донных отложений. Это позволило соискателю выполнить корректную формулировку задач исследований и путей их реализации.

Во второй главе приводится физико-географическая характеристика Онежского озера и его водосбора, а также описание геологического строения прилегающей к озеру территории. (1) Подробно описывается геологическое строение территории, на которой соискателем выделяются три породных комплекса. Для улучшения работы возможны высказывания соискателя предположения – какими минералого-geoхимическими индикаторами можно было бы охарактеризовать эти комплексы.

В третьей главе описываются полевые и аналитические методы исследования. Рисунок 3.1 «Карта отбора фактического материала» дает представление на сколько обширен и представителен фактурный материал. Аналитические работы проводились с использованием масс-спектрометра высокого разрешения ELEMENT, рентгеновского спектрометра «ARL-9900-XP», дифрактометра ARLX'TRA, сканирующего электронного микроскопа MIRA 3 TESCAN, атомно-абсорбционного спектрометра Perkin Elmer 3030 с ртутно-гидридной приставкой MHS-20, атомно-абсорбционного спектрометра «Solaar M6». Возраст образцов определялся гамма-спектрометрическим методом на колодезном коаксиальном детекторе. Использование высокоточного аналитического оборудования свидетельствует о достоверности результатов, полученных соискателем.

В четвертой главе рассматриваются геохимический и минеральный состав донных отложений Онежского озера. Соискателем рассматриваются минералого-геохимические особенности трех типов осадков донных отложений Онего: 1) ледниковые и флювиогляциальные отложения верхнего плейстоцена; 2) верхнеплейстоценовые лимногляциальные отложения Онежского Приледникового озера; 3) современные голоценовые отложения. При этом соискатель рассматривает как вертикальное распределение этих показателей при разных климатических условиях, так и в аспекте площадного распространения в осадочном чехле. При рассмотрение процессов седиментогенеза во времени и смене ландшафтно-климатических условий, соискатель приходит к выводам, что характер вертикального распределения элементов регулируется двумя факторами: 1) гумидизацией климата, что приводит к увеличению поступления таких элементов, как Mn, Fe, Hg, P, Mo, Cd в Онежское озеро в голоцене; 2) диагенетическим преобразованием в голоценовых отложениях, что приводит к перераспределению ряда элементов (Fe, Mn, Ba, P, Cd, Ni, Zn, Mo и Hg) на окислительно-восстановительной границе в донных отложениях и формированию аутигенных минералов на данной границе.

В этом разделе интересным является факт находки аутигенного сидерита. Например, в Байкале химическое формирование сидерита из водной толщи и порового раствора «химически запрещено». Однако он обнаруживается в донных отложениях, сопряженных с зонами разгрузки метана. И с этих позиций (2) работу

бы украсило выдвижение автором своих гипотез причин формирования сидерита в Онежском озере.

При рассмотрении пространственного и вертикального распределения минералого-geoхимических компонентов с таким обилием фактурного материала (3) работа смотрелась бы лучше, если бы автор подкрепил свои выводы графическими результатами применения многомерной непараметрической статистики. Например, метод главных компонентов, канонический корреляционный анализ и т.д., показывающих группировку минерало-geoхимических ассоциаций и пространственную локации участков акватории озера.

В пятой главе представлены результаты изучения взвешенного вещества из: 1) рек и Онежского озера; 2) седиментационных ловушек; 3) современных донных отложений, которые представляют материал *заключительного этапа формирования донных отложений*. (4) Такая формулировка современных отложений выглядит странной, поскольку наоборот – это самый первый этап формирования донных отложений, которые должны пройти сложный путь диагенетических преобразований до их литофикации.

Соискателем установлено, что в донных отложениях наблюдаются более железистые разности иллита и хлорита, в отличие от разностей этих же минералов во взвешенном веществе в воде. Выдвигается предположение, что часть слоистых силикатов формируется непосредственно в донных отложениях и имеет аутигенный генезис. (5) На Рисунок 5.12 одна из частиц идеальной сфероидальной формы идентифицирована как «3 – иллит ( $Fe > Mg$ ) сферической морфологии». Это очень интересный факт для минерала типично моноклинальной сингонии и требует своего пояснения от соискателя.

Показано, что донные отложения имеют более схожий минеральный состав в разных районах Онежского озера в отличие от взвешенного вещества Онежского озера и рек, что указывает на гомогенизацию осадка по всей акватории в процессе осаждения. (6) Результаты исследований из Раздела 5.5 «Результаты кластерного анализа» представляются как изменчивость элементного состава взвеси в уже определенных типах объектов седиментационных ловушек и донных отложений. Данный раздел был бы более доказателен, если бы соискатель также провел дополнительную кластеризацию на проверку гипотезы: «*А достоверно ли выделяются объекты на основе элементного состава? И если – да, то какие элементы определяют эту достоверность?*

Следует особенно подчеркнуть важность определения скоростей осадконакопления для последних 100-150 лет по акватории озера для дальнейших исследований. Установлено, что скорости осадконакопления меняются от 0,03 (Центральное Онего) до 0,14 см/год (Малое Онего).

В шестой главе рассматриваются вопросы нахождения в системе Онежского озера ртути. Соискателем установлено, что максимальные концентрации ртути характерны для водных проб, отобранных в Южном Онего (0,852 мкг/л) и Большом Онего (0,552 мкг/л), что выше допустимых концентраций (0,5 мкг/л), согласно

СанПиН 2.1.4.1074-01. Определено, что преобладающая форма нахождения ртути в воде Онего – это «раствор+коллоид». Только лишь в Кондопожской губе и Повенецком заливе преобладает ртуть во взвешенной форме. При изучении латерального распределения содержаний ртути в верхней части разреза донных отложений соискателем установлено, что содержание ртути в донных отложениях имеет равномерный характер распределения и варьируется в диапазоне от 0,041 до 0,089 мкг/г. Максимальные значения содержания ртути в верхней части донных отложений установлены в Кондопожской губе. Это хорошо иллюстрирует негативное влияние Кондопожского целлюлозно-бумажного комбината на экосистему Онежского озера. Соискателем показана тесная связь ртути с Fe и Mn, верхней части разреза донных отложений, что объясняется сорбцией Hg гидроксидами Fe и Mn.

В заключении диссертации автором даются акценты на научную и практическую значимость проведенных исследований.

**Оценка новизны, практической значимости и достоверности научных выводов и заключений соискателя.**

Автор диссертационной работы применил комплексный подход при оценке процессов седиментогенеза от поступления взвешенного вещества и его диагенез на акватории и водосборном бассейне Онежского озера от позднего плейстоцена до современного периода. На основе полного площадного опробования всей акватории Онежского озера, получены данные по минеральному и геохимическому составу всего разреза четвертичных отложений. Установлено, что для голоценовых донных отложений процессы диагенеза имеют важную роль в распределении химических элементов и формировании аутигенных минералов. Детальное изучение всех этапов формирования донного осадка из взвешенного вещества, поступающего из разных источников в озеро, позволило установить факторы, отвечающие за состав минеральных ассоциаций донных отложений, и проследить изменение вещественного состава в процессе осадконакопления.

Примененный соискателем в диссертационной работе подход к интерпретации минералого-геохимического состава донных отложений и процессов осадконакопления на основе комплексных исследований донных отложений **является фундаментальным и не вызывает сомнения.**

На основе обширного фактического и аналитического материала убедительно выполнена детализация процесса литогенеза гумидного типа в крупном пресноводном бассейне. Соискателем разработана и предложена оригинальная система индикаторов оценки состояния озера по химическим показателям донных отложений с учетом геэкологических особенностей региона и характера антропогенного воздействия.

В целом результаты исследований, полученные соискателем и представленные на защиту, **являются новыми научными знаниями** и в основном согласуются с современными взглядами специалистов. По результатам исследований в диссертационной работе сформулированы три защищаемых

положения. Все положения хорошо обосновываются фактурными данными и разработанными индикаторами трансформаций химических компонентов и взвешенного вещества автохтонного и аллохтонного происхождения в водной толще озера и его осадочном чехле под действием природного и антропогенного фактора.

Таким образом, *все три защищаемых положения*, выносимые автором на защиту, в достаточной мере обоснованы и *могут считаться защищенными*.

Приведенные выше замечания не снижают положительной оценки диссертации.

**Значимость для науки и практики, полученных автором диссертации результатов.** В целом следует сделать вывод, что выполненные автором исследования пространственно-временной изменчивости характеристик вещественного состава воды и донных отложений существенным образом дополняют знания о процессах седиментогенеза гумидного типа под влиянием природных и антропогенных факторов. Детально изучены факторы, отвечающие за состав минеральных ассоциаций донных отложений, и прослежены изменения вещественного состава в процессе осаждения. Сискателем получены новые данные о минералогическом составе донного осадка Онежского озера, особенно о формировании вивианита в значительных количествах. Разработанная автором методика оценки вторичного загрязнения водоема с использованием минералого-геохимических маркеров из донных отложений может быть рекомендована профильным ведомствам Минприроды России. Полученные результаты позволяют в будущем выстроить модели эвтрофикации Онежского озера, что необходимо учитывать при разработке рационального подхода в рыбохозяйственной деятельности на озере.

**Оценка содержания диссертации, ее завершенность в целом, замечания по оформлению.** Содержание диссертационной работы позволяет сделать вывод о ее завершенности и решении задач, поставленных автором в соответствии с целью проводимого исследования. Изложение текста диссертации сопровождается наглядными иллюстрациями. Особено хочется отметить иллюстрации по аутигенному минералообразованию.

В целом диссертация и автореферат обладают внутренним единством. Анализ основных выводов, глав диссертации и заключения позволяет констатировать, что поставленные соискателем задачи для достижения цели исследования решены.

**Соответствие автореферата основным положениям диссертации.** Автореферат В.И. Малова соответствует содержанию работы и отражает цели и задачи, поставленные автором в ходе исследования, текст и рисунки хорошо читаются.

**Подтверждения опубликованных основных результатов диссертации в научной печати.** Полученные результаты были опубликованы в: 1-й монографии, 4-х статьях, которые вошли в международные реферативные базы данных ВАК, Web of Science и Scopus, 9-ти материалах конференций. Кроме того, результаты

исследований были представлены устными и стендовыми докладами на 6-ти международных и всероссийских конференциях.

**Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным Положением о порядке присуждения ученых степеней.** Суммируя все вышеизложенное можно констатировать, что, несмотря на высказанные замечания, представленная диссертационная работа В.И. Малова является законченным научно-исследовательским трудом, выполненным автором самостоятельно на высоком научном уровне. Полученные автором результаты достоверны, выводы и заключения в основном обоснованы. Работа базируется на достаточно большом объеме исходных полевых и аналитических данных, гипотез, примеров и расчетов.

В целом диссертационная работа Малова Виктора Игоревича соответствует требованиям п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 года № 842, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук, а ее автор Малов Виктор Игоревич заслуживает присуждения степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 1.6.4. Минералогия, кристаллография. Геохимия, геохимические методы поисков полезных ископаемых.

Федотов Андрей Петрович

доктор геолого-минералогических наук по специальности 25.00.06 – литология, директор Федерального государственного бюджетного учреждения науки Лимнологического института Сибирского отделения Российской академии наук (ЛИН СО РАН).

Почтовый адрес: 664033 г. Иркутск, ул. Улан-Баторская, д. 3, а/я 278

Официальный сайт: [www.lin.irk.ru](http://www.lin.irk.ru)

Адрес эл. почты: [info@lin.irk.ru](mailto:info@lin.irk.ru)

Контактные телефоны: (3952) 42-65-04, факс (3952) 42-54-05.

Я, Федотов Андрей Петрович, даю свое согласие на включение персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета 24.1.050.02.

17 января 2025 г.



А.П. Федотов