

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Восель Юлии Сергеевны

«ГЕОХИМИЯ УРАНА В СОВРЕМЕННЫХ КАРБОНАТНЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ МАЛЫХ ОЗЕР (ФОРМЫ НАХОЖДЕНИЯ И ИЗОТОПНЫЕ ОТНОШЕНИЯ  $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ ) на соискание учёной степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 25.00.09 – «Геохимия, геохимические методы поисков полезных ископаемых»

Изучение форм нахождения урана в донных отложениях озёр представляет актуальную задачу, решение которой способствует пониманию процессов поступления, накопления и диагенеза урана в осадках. Уточнение механизмов накопления урана в экзогенных условиях имеет большое значение для правильной интерпретации уранового сигнала в осадочных кернах при реконструкции условий окружающей среды и климата, в частности, для оценки степени выраженности окислительно-восстановительных условий в донных отложениях при их формировании и диагенезе. Понимание этих процессов также имеет значимость при поисках месторождений урановых руд.

Представленная работа выполнена с использованием современных методов и имеет существенную научную новизну. Автором разработан новый подход для идентификации новообразованных собственных аутигенных минералов урана (IV) в донных отложениях, основанный на модифицированной методике последовательной селективной экстракции, с последующим анализом изотопного состава урана в экстрактах и твёрдых остатках. Данный подход успешно опробован на осадках нескольких типов мелких озёр, с оценкой биогеохимических процессов. Кроме того, автором разработан подход, позволяющий дифференцировать содержание Mn в карбонатах и окси/гидроксидных фазах осадка, основанный на комбинации аналитических методов: ЭПР-анализе (измерение Mn в карбонатах) и определении Mn на различных этапах последовательной селективной экстракции. Что позволяет более точно реконструировать окислительно-восстановительные условия в карбонатных осадках.

Достоверность полученных результатов определяется комплексным подходом к решению задач с использованием современных высокочувствительных аналитических методов, большим объёмом проведённых исследований на хорошо подобранных объектах.

Имеется ряд замечаний по автореферату.

1. В разделе «Актуальность» автор указывает только один из возможных механизмов накопления урана в осадках, характерных для морей и океанов – за счёт градиента уранил-ионов из придонной воды на red-ox границу в осадке. Однако для ряда озёр этот механизм имеет подчинённое значение. В Байкале, например, основной



- механизм – сорбция растворённого урана из водного тела озера на осаждающуюся взвесь (основной коллектор – гидроксид железа, покрывающий частички взвеси, см. работы нашей группы [Гольдберг, Чебыкин, Жученко]). И уже после того, как взвесь с ураном переходит red-ox границу, он окончательно фиксируется в осадках. Это чисто климатический сигнал, связанный с влажностью (Гольдберг и др., 2005) – интенсивным поступлением с речными притоками в тёплые климатические периоды. В результате горизонты осадков, им соответствующие, в значительной мере обогащены аутигенным ураном.
2. Вряд ли обработку осадка концентрированной азотной кислотой можно считать селективными этапами процедуры последовательной экстракции, поскольку в экстракт может переходить уран из разных фаз, в том числе в значительной мере и равновесный терригенный уран. И только данные по изотопному составу позволяют сделать дифференцировку.
  3. **«Последнее растворение проводилось в 4 этапа различной длительности (3, 5, 10 и 10 часов) для исследования кинетики этого процесса».** Не понятно, что значит «10 и 10 часов»?
  4. **«После второй стадии растворения, которая производилась в течение 1 часа концентрированной HNO<sub>3</sub>, было обнаружено, что в раствор перешло в 4 раза меньше U, чем после первой, причём отношение 234U<sub>хем</sub>/238U<sub>хем</sub> в полученном растворе практически равно 1 (табл. 3)».** В таблице 3 указано  $234U/238U = 1.28$ , что достаточно сильно отличается от 1. Не ясно также, что означают индексы "хем" в урановых отношениях в данном предложении? Это то же самое урановое отношение, что и указано в табл. 3 или какая-то другая величина?
  5. Метод радиоавтографии не позволяет различить степени окисления урана, поэтому им нельзя подтвердить новообразованные фазы U(IV). Метод позволяет видеть только степень рассеяния U и Th. На мой взгляд, радиоавтография скорее не противоречит полученным данным, нежели «подтверждает» их. Трудность растворения таких фаз в азотной кислоте и особенности треков на автордиограммах – такая связь, мне кажется, трудно доказуема.
  6. **«Валовое соотношение U и Th в осадке позволяет утверждать, что на радиографии фиксируется распределение U, Th не оказывает влияния (его менее 1 %)».** В осадке, как правило, тория больше, чем урана. В каких единицах рассчитаны проценты (массовые проценты, атомные, радиоактивные или же какие-то другие)?
  7. В описании главы пять: **«Как обычно, для получения информации об окислительных обстановках в изучаемых колонках осадков использовано распределение в них окси/гидроксидов Mn».** Желательно измерять окислительно-восстановительный потенциал в самих осадках и/или их поровых растворах. Величина такого потенциала дала бы гораздо больше информации. Распределение Mn не всегда информативно, он может маркировать текущую red-ox зону или же захоронённые Fe-Mn корки (при эпизодах быстрого или катастрофического осадконакопления)
  8. **«Как видно из графика 5 в верхних горизонтах осадка, в слое 0-30 см, наблюдается резкий рост Mn(окс)/Ca по направлению к границе осадок-вода».** На графике видно, что резкий рост начинается не с 30, а с 10 см.
  9. В заголовках Таблицы 4 нет информации, где концентрации урана, а где его отношения. Что означает прочерк? Урана не обнаружено или анализ не делали?



10. В последнем абзаце перед заключением «**Таким образом, полученные результаты подтверждают наше предположение о том, что в верхних горизонтах осадков мелководных озёр периодически могут образовываться условия, приводящие к восстановлению U(VI)**». Просто для мелководных озёр – это некорректно, там может быть всё по-другому, особенно в пресноводных. Не лучше ли уточнить «мелководных солёных сульфатных озёр»?
11. Количество выводов в **Заключении** работы – шесть, а число защищаемых положений – три. Желательно, чтобы количество выводов соответствовало числу защищаемых положений.
12. В первом выводе Заключения: «**Изотопные отношения растворённых форм U соответствуют изотопным отношениям озерных вод, что свидетельствует о их аутигенном происхождении**». Скорее всего, допущена опечатка «растворённых форм U». По смыслу тут надо «**подвижных форм U**».

Указанные недостатки не снижают ценности работы. Считаю, что представленная диссертационная работа является самостоятельным, квалифицированным и завершённым научным трудом, и по своей актуальности, новизне и практической значимости соответствует п. 9 «Положения о порядке присуждения учёных степеней», утверждённого Постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а его автор Восель Юлия Сергеевна заслуживает присуждение искомой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 25.00.09 – «Геохимия, геохимические методы поисков полезных ископаемых».

Чебыкин Евгений Павлович,

664033, г. Иркутск, ул. Улан-Баторская, 3, а/я 278.

тел. +7(950)100-8177; Email: [cheb@lin.irk.ru](mailto:cheb@lin.irk.ru)

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Лимнологический институт Сибирского отделения Российской академии наук,

Старший научный сотрудник Лаборатории биогеохимии, кандидат химических наук.

Дата составления отзыва – 28 января 2016 г.

*Е.П. Чебыкин*

