

**А.С. Никандров**

*Южно-Уральский федеральный научный центр минералогии и геоэкологии Уро РАН,  
г. Миасс, elite-games@rambler.ru*

## **ОБ ИСТОЧНИКЕ ВЕЩЕСТВА ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ОЗЕРА БОЛЬШОЕ МИАССОВО (ЮЖНЫЙ УРАЛ)**

### **Введение**

Интерес к донным отложениям (далее ДО) давний. Еще в древности людьми использовались продукты озерных отложений, такие как сапропель (как органическое удобрение и пищевая добавка для скота), озерная известь или гажка (как минеральное удобрение), песок и глина (как материал, использовавшийся в строительстве и производстве предметов быта), а также производилась добыча железной руды. Однако изучение ДО началось сравнительно недавно. Согласно [Субетто, 2009] научный интерес к ДО развивался поэтапно. Первые эпизодические работы по изучению ДО появились в середине-конце XIX века. Рассматривались вопросы о развитии озер послеледниковых периодов, этапах их формирования. Позднее, в начале XX века (примерно до 1920 года), работы стали систематическими. Появились работы по изучению стратиграфии и строению ДО озер и болот, разрабатывались методы изучения грунтов, методы химического анализа озерных осадков, проведены обширные работы по изучению ДО многочисленных озер Центральной части России. Однако ранние исследования ДО, вплоть до конца войны (1941–1945 гг.), носят, в основном, прикладной характер. Решались задачи практического использования сапропелевых отложений как твердого топлива, сырья для химической промышленности, для нужд сельского хозяйства. Теоретических работ было немного: появились работы по реконструкции климатических условий, предшествующих аквальному условиям осадконакопления, совершенствовались методы и аппаратура проботбора. После войны и далее, вплоть до текущего времени, произошел как качественный, так и количественный рост исследований ДО. В своих работах исследователи постепенно переходили от прикладного характера исследований к фундаментальным. Появилась теория общего литогенеза. В связи с совершенствованием методов исследования а, главное, приборной базы, произошел качественный скачок в вещественном изучении ДО. Интерес исследователей сместился в сторону палеореконструкций, изучения природно-климатических условий и их изменений в четвертичном периоде. На этом этапе и сформировался интерес к ДО озер Ильменского заповедника, которые уникальны еще и тем, что находятся на территории практически не затронутой хозяйственной деятельностью человека.

Ранний интерес автора к ДО озера Большое Миассово возник в конце 90-х годов XX века в связи с находкой сотрудником Ильменского заповедника Ю.Б. Корниловым железомарганцевых образований (далее ЖМО), черных, мажущих примазок на проботборнике в ряде проб ДО акватории озера. Более детальные работы в этом направлении показали, что ЖМО широко распространены в ДО акватории озера, хотя и имеют специфический ареал распространения [Корнилов и др., 1998; Андреева и др., 2000; Корнилов и др., 2008]. В 2006 г. проведены водолазные работы, давшие большое количество вещественного материала ЖМО. Проведены исследования по изучению минерального и химического состава, морфологии ЖМО [Вализер и др., 2012; 2013; 2015; Никандров, 2014; 2015; Shcherbakova et al., 2014]. Ареал исследований расширился, работа коснулась изучения ДО акватории озера в целом. Несмотря на достаточно детальные исследования вещественного состава ЖМО ряд вопросов остался без ответа (ЖМО рассматривается как частный случай ДО), главный из которых – источник вещества. Ранее было высказано предположение, что источник вещества – площадь водосбора, однако, более детальных работ в этом направлении не проводилось. Данный труд направлен на решение этого вопроса.

Далее в работе рассматривается территория площади водосбора, какие факторы участвуют в формировании площади водосбора озера Большое Миассово, как происходит питание

озера веществом, показаны предположительные схемы движения вещества от площади водосбора к акватории озера. Показано, какие элементы, и в какой форме находятся на площади водосбора. Выбор элементов обуславливался полнотой информации по содержаниям их в водной массе акватории озера (данные многолетних наблюдений гидробиологов Ильменского заповедника), а также по содержанию их в ДО. Для таких элементов, как Fe<sub>общ</sub>, Mn, Cu, Zn, Pb, Ni получены данные по содержанию в водной массе и донных осадках, а для Ca, Mg, Na, K, Ba, и V только в ДО. В заключительной части работы приведено распределение элементов в ДО акватории озера. ДО озера были опробованы и исследованы согласно ранее описанным методикам [Вализер и др., 2012; 2013; 2015; Никандров и др., 2012; 2013б; Никандрова и др., 2013; Щербакова и др., 2012; Shcherbakova et al., 2013; 2014; Никандров, 2014; 2015]. Большинство инструментальных исследований проводились на базе центра коллективного пользования ЮУ ФНЦ МиГ УрО РАН. Для построения схем распределения элементов в пределах акватории озера использовалась программа *Surfer* (версия 13.0.383).

### Геологическое строение площади водосбора

Озеро Большое Миассово обладает самой большой площадью водосбора среди озер Ильменского заповедника, площадь его составляет более 310 км<sup>2</sup>. Границы площади водосбора, а также геологическое строение, представлено на рисунке 1.

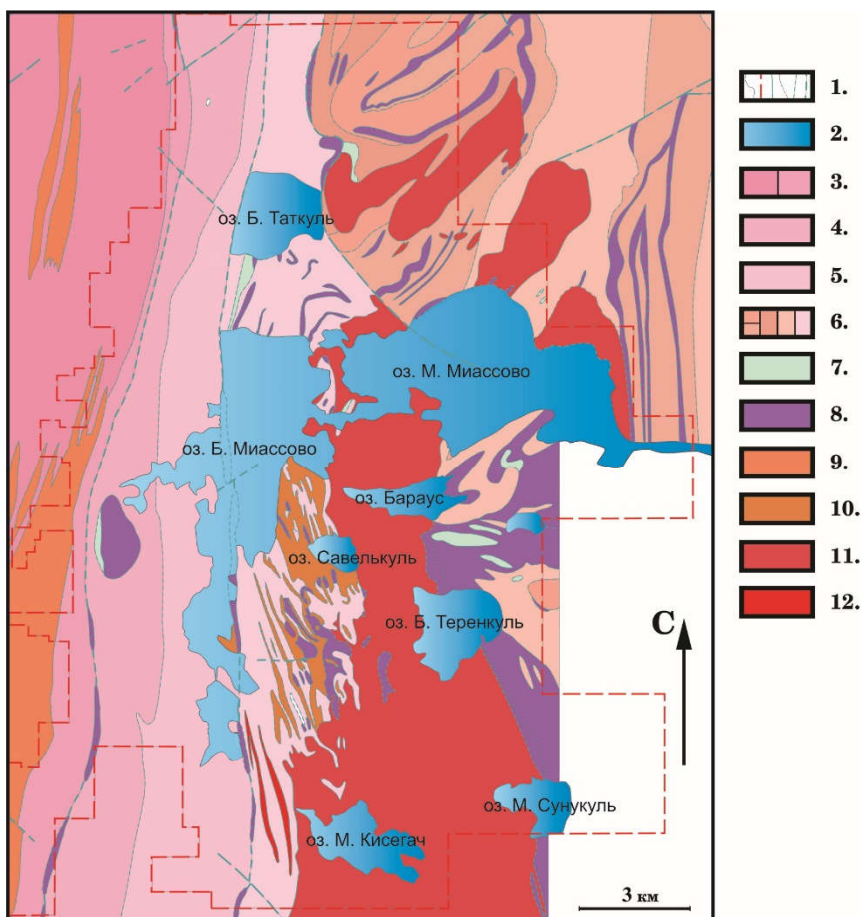


Рис. 1. Схема геологического строения площади водосбора (по [В.Н. Юрецкий и др., 1982]).

1 – границы (слева направо – границы водоемов, граница площади водосбора, достоверные геологические, разновозрастных литологических и фациальных подразделений, предполагаемые геологические, предполагаемые разрывные нарушения); 2 – водоемы; 3 – Селянkinский блок (толщи селянkinская и вишневогорская); 4 – ильменогорская толща; 5 – еланчиковская толща; 6 – Сайтовский блок (толщи сайтовская, аракульская, игишская и кыштымская); 7 – габбро-амфиболиты; 8 – ультраосновные породы; 9 – сиениты (миаскиты); 10 – мелкозернистые, гнейсовидные граниты; 11 – граниты (Кисегачский гранитный массив и др.); 12 – крупные жильные тела.

Большая часть западного берега сложена плагиогнейсами и мигматитами еланчиковской толщи. Коренные выходы пород образуют цепочки невысоких бугров вдоль линии берега. Плагиогнейсы существенно биотитовые, характеризуются небольшим содержанием граната, силлиманит редок. Мигматиты характеризуются резким преобладанием плагиоклаза над калиевым полевым шпатом. По химическому составу соответствуют кислым и средним породам с несколько повышенным содержанием глинозема и характеризуются более низким содержанием железа и более высоким содержанием кальция по сравнению с породами ильменогорской толщи. Кроме того, в пределах береговой линии, часто встречаются тела гранитных пегматитов.

На западном берегу озера Большое Миассово в районе Штанной курьи обнажаются амфиболиты. Данные породы отнесены к ильменогорской толще. Берег здесь имеет пониженный рельеф и слегка заболочен. Толща представлена амфиболитами гранатовыми и пироксеновыми, плагиогнейсами гранат-биотитовыми, биотитовыми, силлиманит-гранат-биотитовыми кварцито-гнейсами и кварцитами биотитовыми, гранат-биотитовыми, биотит-графитовыми. Амфиболиты составляют до 40 % от общего объема пород толщи. Немногочисленные коренные выходы у береговой линии сложены полосчатыми бластомилонитами по амфиболитам и плагиогнейсам. Амфиболиты ильменогорской толщи характеризуются более низким содержанием Na, несколько меньшим содержанием кальция и железа по сравнению с амфиболитами залегающей восточнее кыштымской толщи, одинаковым количеством титана по сравнению с амфиболитами Селянkinского блока. Гнейсовая составляющая толщи характеризуется химическими составами близкими к группе пород кислого состава высокоглиноземистого ряда. В пределах ильменогорской толщи, чуть западнее Штанной курьи, выделяется Няшевский массив, сложенный энстатит-оливиновыми породами с развивающимися по ним серпентинитами и амфиболитовой оторочкой на западе.

Западнее ильменогорской толщи находится Селянkinский блок, объединяющий породы вишневогорской и селянkinской толщ. Он сложен разнообразными по составу гнейсами и амфиболитами. Находится на западной границе площади водосбора и его породы соприкосновения с береговой линией не имеют.

На юго-восточном и северном берегах залегают породы кыштымской толщи, которая является частью Сайтовского блока. По западной границе толщи проходит крупное тектоническое нарушение, фиксирующееся зонами порфиорокловых бластомилонитов (северный берег) и пластообразными телами метагипербазитов (южный берег). В состав кыштымской толщи входят: графитистые кварциты, амфиболиты гранатовые и пироксеновые, плагиогнейсы биотитовые, гранат-биотитовые, ставролит-гранат-биотитовые, слюдяные кварциты, мрамора. Амфиболиты этой толщи характеризуются увеличением содержания глинозема и кальция, что соответствует появлению в этих породах диопсида, ассоциации эпидота и плагиоклаза повышенной основности.

На юго-восточном берегу в породах кыштымской толщи встречаются небольшие вытянутые тела гранитов мелкозернистых, гнейсовидных. Существенным отличием этих пород является несколько повышенное содержание бериллия и свинца (по сравнению с кларковым). Кроме того, в пределах выхода по берегам пород кыштымской толщи на севере и на юго-востоке наблюдаются обнажения ультраосновных пород. Тела маломощные, пластообразные, сложенные оливин-талковыми породами, хризотил-лизардитовыми серпентинитами и метасоматическими образованиями. Химический состав их характеризуется несколько повышенным содержанием свинца, титана, бария и галлия (по сравнению с кларковым).

Восточные берега оз. Б. Миассово у Проходной курьи сложены гранитоидами Кисегачского массива. Гранитоиды представлены преимущественно лейкогранитами, среди которых встречаются небольшие ксенолиты граносиенитов, гранодиоритов и адамеллитов. Кроме того, выходы гранитоидов прослеживаются на п-ове Сайма (севернее Проходной курьи) и далее на север среди пород Сайтовского блока. Основным, а часто единственным темнокрасным минералом является биотит с повышенным содержанием титана (2.4–3.8 вес. %).

Из аксессуарных минералов характерны сфен, апатит и циркон. По своему химизму породы характеризуются несколько повышенным содержанием железа и магния, высоким содержанием урана и тория. Гранитоиды данного массива характеризуются повышенными содержаниями стронция, и преобладанием Sr по отношению к Rb. Кроме того, гранитоиды Кисегачского массива отличает повышенное содержание меди, свинца, молибдена, бериллия, ванадия и ряда других элементов [Пермяков, 1999].

Состав восточной части площади водосбора определяется Саитовским блоком (включающий, помимо кыштымской толщи, породы саитовской, аракульской и игишской толщ). Сложен он преимущественно кварцитами и плагиосланцами различного состава. Породы Саитовского блока (кроме кыштымской толщи), так же как и породы Селянкинского блока соприкосновения с берегами озера не имеют.

Кроме пород Саитовского блока, южнее озера М. Миассово прослеживаются выходы ультраосновных пород; так же ультраосновные породы в виде червеобразных тел прослеживаются среди пород Саитовского блока в северо-восточной части площади водосбора. Представлены оливин-талковыми, тальк-карбонатными, тальк-актинолитовыми, тальк-тремолитовыми, тальк-антофиллитовыми и тальк-хлоритовыми породами.

### **Факторы определяющие питание озера**

В монографии [Андреева и др., 2000] выделяется несколько факторов, обеспечивающих питание озера, как водной массой, так и веществом, которое в конечном итоге попадает в акваторию. Гидрографическая сеть и вероятные пути движения вещества на площади водосбора представлены на рисунке 2.

Главным фактором, определяющим питание озера, является рельеф, который и обуславливает всю гидрографическую сеть площади водосбора (сеть ручьев, больших и малых речек, болот и крупных проток). Озеро находится в межгорной котловине и обладает, как уже сказано выше, одной из самых больших площадей водосбора. Западная граница площади находится в местности, относящейся к низкогорному ландшафту, и определяется восточной частью Ильменских гор с абсолютными отметками высот от 490 до 652 метра над уровнем моря (самая высокая точка – г. Белая, 652 м). Далее на восток характер местности меняется на всхолмленное плато с абсолютными отметками холмов 340–425 метров над уровнем моря (самая высокая точка – г. Савелькуль, 425.3 м). Для рельефа в общем характерна неравномерная расчлененность и «ступенчатость» поверхности, связанная с деятельностью ветра и атмосферной воды. Такое устройство рельефа отражается на гидрографической сети. Ручьи и речки берут начало в приводораздельных участках и впадают в озеро. Часть ручьев превращается в протоки соединяющие озера. В низинных участках образуются болота. Долины ручьев хорошо прослеживаются, и при этом прослеживаемые современные русла уже, чем ширина долин, что указывает на более интенсивный водоток в прошлом (соответственно вещества в акваторию поступало больше).

Кроме рельефа, факторами, влияющими на питание озера, являются породы слагающие площадь водосбора (породы западной части менее проницаемы для метеорных и подземных вод, чем в восточной), характер лесов и почв (также влияет на проницаемость для метеорных вод), климат (определяет частоту и характер выпадения осадков), внешний водообмен и др. [Андреева и др., 2000].

Основной приток озера осуществляется путем поступления выпавших атмосферных осадков с площади водосбора с помощью малых и больших притоков в виде ручьев и рек. Важную роль в питании озера играет выпадение осадков на водное зеркало. Озеро является самым большим в Ильменском заповеднике, площадь его водного зеркала составляет 11.4 км<sup>2</sup>.

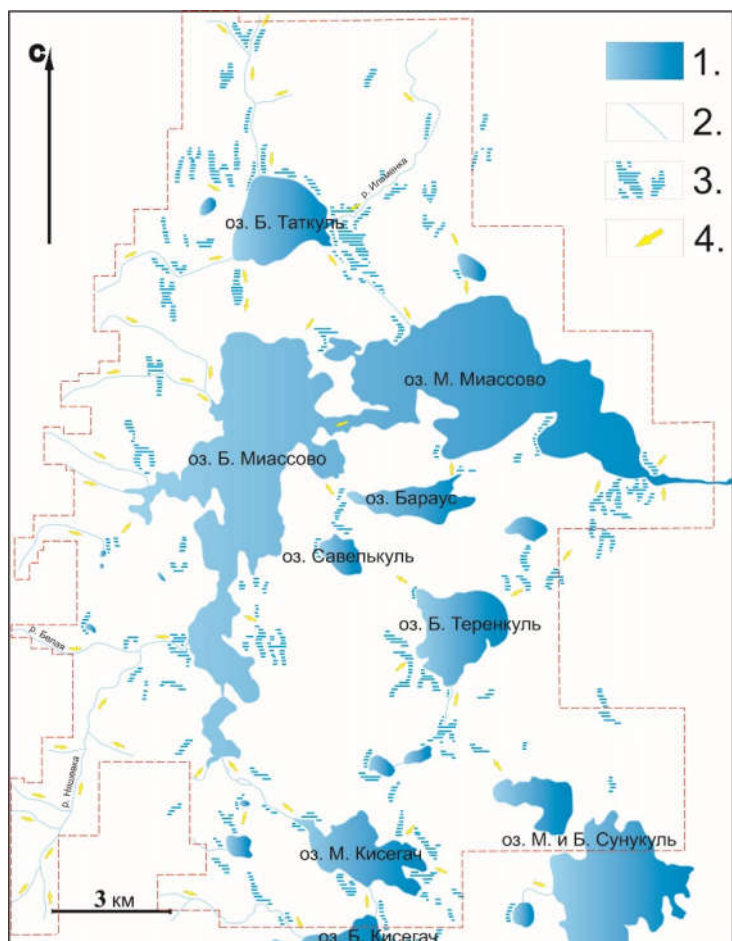


Рис. 2. Схема движения вещества в гидрографической сети.

1 – водоемы; 2 – малые и большие ручьи и реки; 3 – болота; 4 – предполагаемые направления движения вещества.

Таким образом, поступление вещества, попадающего в акваторию с притоков и атмосферных осадков на водное зеркало, составляет до 75 % общего объема поступающего вещества [Андреева и др., 2000]. Остальной объем вещества приходится на внешний водообмен, подземные и грунтовые воды, а также множество крупных и малых болот. Озеро Б. Миассово соединено постоянной широкой протокой с озером М. Миассово и сообщающимися протоками с озерами Б. Таткуль и М. Кисегач. Вместе они образуют единый комплекс, в котором происходит движение вещества.

### Распределения элементов в пределах акватории озера

Анализ распределения элементов в пределах ДО озера показал высокое содержание  $Fe_{общ}$ , Mn, Cu, Zn, Pb, Ni, Ca, Mg, Na, K, Ba, и V. Их распределение показано на рисунках 3 и 4. Для  $Fe_{общ}$ , Ca, Mg, Na и K значения приведены в процентах, для Mn, Cu, Zn, Pb, Ni, Ba и V в ppm. Кроме этого, для  $Fe_{общ}$ , Mn, Cu, Zn, Pb, Ni приведено сопоставление с их содержаниями в воде. По воде все содержания указаны в ppm, и сами содержания средние по выборке за три сезона 2003 года (более 70 проб, отобранных за весну, лето и осень).

Для  $Fe_{общ}$  наибольшие концентрации в ДО озера приходятся на северо-западную часть озера (залив Зимник), повышенные содержания наблюдаются вдоль западного берега и по центру озерной ванны. Минимальные содержания приходятся на восточную часть (Курья Липовая). Максимальные содержания – 5.47 %, минимальные – 1.8 %. По воде ситуация в общем схожа, минимальные концентрации на востоке (0.03 ppm), повышенные на западе и в центральной части (до 0.092 ppm).



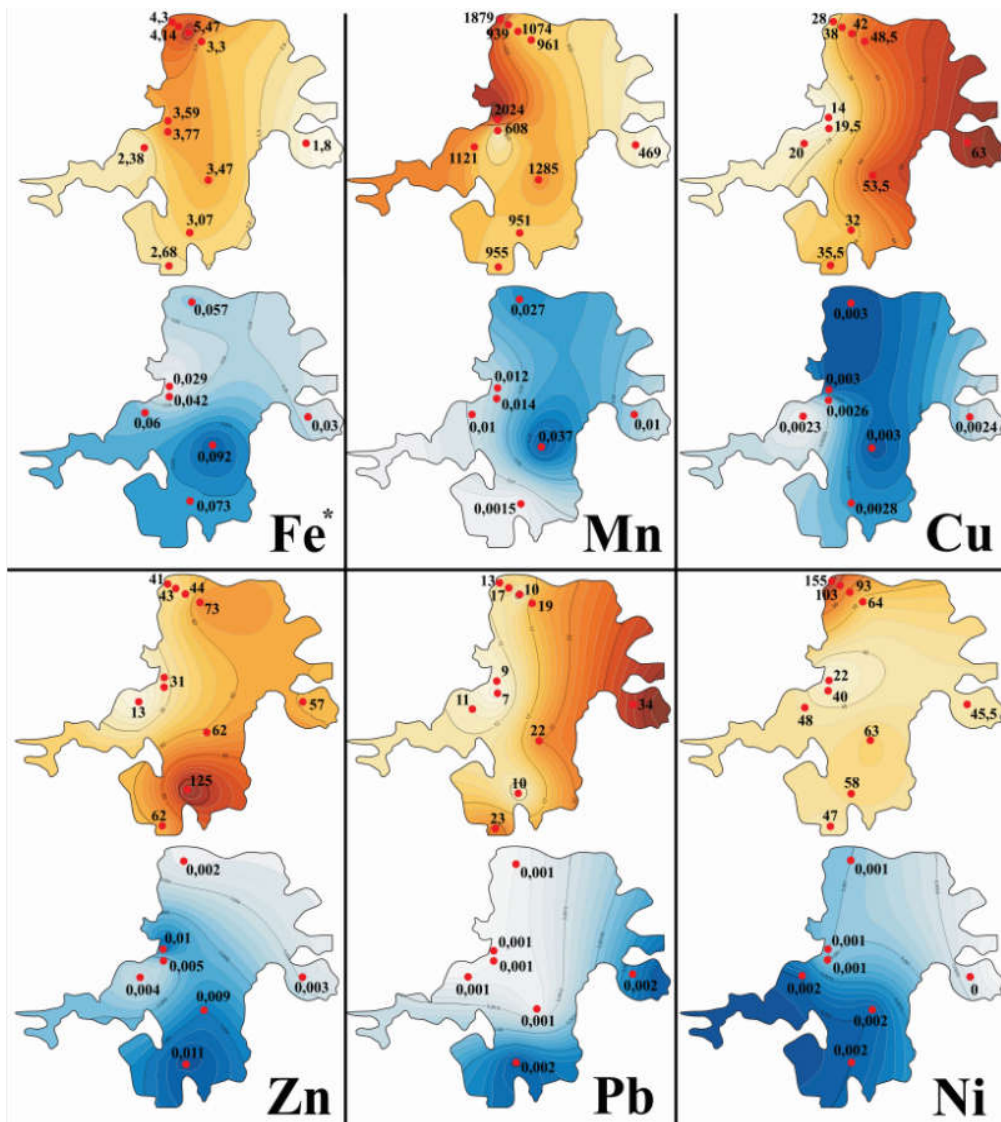


Рис. 3. Схема распределения концентраций Fe<sub>общ</sub>, Mn, Cu, Zn, Pb и Ni в пределах акватории озера.

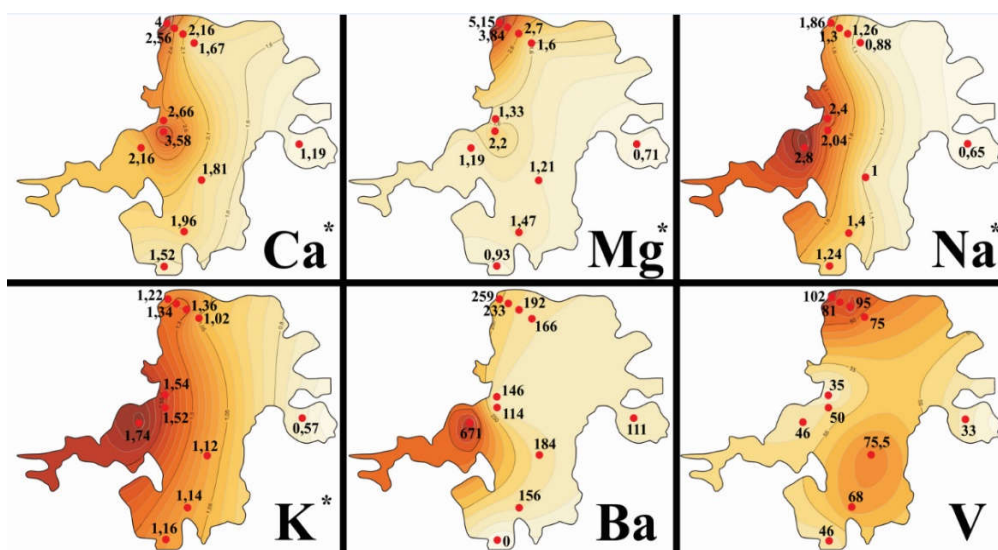


Рис. 4. Схема распределения концентраций Ca, Mg, Na, K, Ba, и V в ДО озера.

Распределение Mn схоже с распределением Fe. Наибольшие концентрации вдоль западного берега (2024 ppm) и по центру озерной ванны (1285 ppm). Минимальные содержания на востоке (469 ppm). По воде ситуация аналогична.

По Cu ситуация обратная, наибольшие концентрации на востоке (63 ppm), повышенные концентрации по центру озерной ванны (53.5 ppm) и пониженные на западе (14–20 ppm). С водой ситуация следующая – максимальны содержания меди приходится на центральную часть озерной ванны (0.003 ppm), а минимальные на краевые части (0.0023–0.0024 ppm).

Zn показывает наибольшие концентрации в южной части озера (125 ppm), наименьшие вдоль западного берега (с юга на север концентрации возрастают от 14 до 43 ppm). По воде концентрации схожи с концентрациями ДО (максимальные концентрации в южной части озера).

По Pb наибольшие концентрации на востоке (34 ppm), минимальные вдоль западного берега (с юга на север концентрации варьируют от 7 до 17 ppm). По воде наибольшие концентрации свинца приходится на южную и восточную части озера (0.002 ppm).

По Ni наибольшие концентрации в северо-западной части озера (155 ppm), минимальные концентрации на юге и на востоке (45.5 и 47 ppm). По воде наибольшая концентрация на юге (0.002 ppm).

Ca и Mg показывает схожее распределение. Максимальные содержания вдоль западного берега (от 2.16 до 4 % для кальция и от 1.19 до 5.15 % для магния). Минимальные (1.19 и 0.71 % соответственно) наблюдаются в восточной части озера.

Распределения Na и K так же схоже с Ca и Mg. Единственное отличие – вдоль западного берега максимальные концентрации кальция и магния в северо-западной части, а максимальные концентрации натрия и калия (2.8 и 1.74 %, соответственно) южнее. Минимальные концентрации на востоке (0.65 и 0.57 %).

Распределение Ba схоже с распределением натрия и калия. Только концентрации много ниже. Максимально – 671 ppm, минимально – 111 ppm.

V показывает повышенные концентрации в северо-западной части и по центру озерной ванны (от 75 до 102 ppm). Минимальные концентрации отмечены на востоке (33 ppm).

## Заключение

Территория площади водосбора отличается минеральным разнообразием [Попов и др., 1979; Пермяков, 1999; Кобяшев и др., 2000; Кориневский и др., 2019; Никандров С.Н. и др., 2000; Баженов, 2001; Попов, Попова, 2006; Никандров и др., 2013а; Белогуб и др., 2016; Чередниченко, Дубинина, 2017; Рассомахин, Котляров, 2018]. Темноцветные минералы, такие как слюды, амфиболы, пироксены, гранаты могут при разрушении в гипергенных условиях высвобождать железо, марганец, магний, цинк, щелочные и щелочноземельные элементы (Na, K, Ca, Ba и др.). Полевые шпаты и фельдшпатоиды являются источником натрия, калия, кальция, в меньшей степени бария, стронция, свинца. На площади водосбора встречаются тела метагипербазитов, состоящие в основном из силикатов магния, с примесью никеля и хрома; карбонатных пород, продуцирующих кальций, магний, железо, марганец; пегматитов, часто содержащих слабоустойчивые минералы марганца – спессартин, гелвин; на восточном берегу озера находится мощная жила практически мономинерального барита. Во многих породах встречается рассеянная вкрапленность различных сульфидов железа, меди, никеля и продуктов их разрушения – лимонита, малахита, «гарниерита». Кроме того, ряд пород площади водосбора может служить источником Ca, Na, Pb, Ba и других элементов.

В рамках гидрографической сети отмечены содержания ряда элементов [Андреева и др., 2000], таких как Ca (в Проходной курье до 20 мг/л), Na (в устье реки Няшевка до 16 мг/л), K (в устье реки Белой до 10 мг/л), Fe (в ручье, впадающем в залив Зимник, до 6.3 мг/л), Mn (в ручьях, впадающих в озеро в основном по западному берегу, свыше 9 мг/л) и другие элементы.

Таким образом, имеются источники элементов Fe<sub>общ</sub>, Mn, Cu, Zn, Pb, Ni, Ca, Mg и др. в виде продуктов разложения минералов и горных пород, слагающих площадь водосбора. Гидрографическая сеть является транспортным агентом, куда элементы попадают с помощью метеорных вод, деятельности ветра и других факторов, доставляющим их до акватории озера, после чего элементы переходят в ДО озера.

Механизм перехода элементов из водной толщи в акваторию озера различен. Некоторые элементы напрямую высаживаются из воды или попадают в ДО в виде терригенного материала [Никандров, 2014], некоторые, прежде чем оказаться в ДО, принимают участие в жизненном цикле водных растений, моллюсков, рыб и пр. [Андреева и др., 2000]. Для некоторых элементов механизм остается невыясненным.

Автор в первую очередь выражает благодарность человеку, пробудившему его интерес к ДО, но, к сожалению, уже ушедшему из жизни – Юрию Борисовичу Корнилову. А также, людям, на протяжении многих лет помогавшим в работе – Елене Павловне Щербаковой и Сергею Николаевичу Никандрову. Отдельная благодарность сотрудникам биологического отдела Наталье Александровне Исаковой и Светлане Викторовне Гаврилкиной, геологам-сотрудникам музея Елене Владимировне Медведевой и Михаилу Анатольевичу Рассомахину за помощь в работе.

## Литература

- Баженов А.Г.* К систематике пироксенов Ильменогорского комплекса метаморфических, гранитоидных и щелочных пород // Уральский минералогический сборник № 11. Миасс, 2001. С. 38–65.
- Белогуб Е.В., Рассомахин М.А., Попов В.А.* Слюды из пегматитов Ильменского заповедника // Минералогия. 2016. № 1. С. 9–23.
- Вализер П.М., Щербакова Е.П., Мороз Т.Н., Никандров А.С., Никандров С.Н.* О находках железо-марганцевых конкреций в пресноводных озерах Ильменского заповедника (Южный Урал) // Вестник ИГ Коми НЦ УрО РАН. Сыктывкар, 2012. № 12. С. 17–19.
- Вализер П.М., Щербакова Е.П., Никандрова Н.К., Никандров А.С., Никандров С.Н.* О находках минералов группы фужерита в пресноводных озерах Ильменского заповедника (Южный Урал) // Вестник ИГ Коми НЦ УрО РАН. Сыктывкар, 2013. № 5. С. 6–8.
- Вализер П.М., Щербакова Е.П., Никандрова Н.К., Никандров А.С., Никандров С.Н.* О мессбауэрите из донных отложений пресноводных озер Ильменского заповедника (Южный Урал) // Вестник ИГ Коми НЦ УрО РАН. Сыктывкар, 2015. № 9. С. 33–35.
- Кобяшев Ю.С., Никандров С.Н., Вализер П.М.* Минералы Ильменских гор. Миасс: ИГЗ УрО РАН, 2000. 118 с.
- Корнилов Ю.Б., Вализер П.М., Веретенникова Т.Ю.* Генезис железо-марганцевых конкреций и железо-марганцевых корок в пресноводном оз. Большое Миассово (Южный Урал) // Типы седиментогенеза и литогенеза и их эволюция в истории Земли. Т. I. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2008. С. 344–347.
- Корнилов Ю.Б., Веретенникова Т.Ю.* Марганцевые конкреции оз. Большое Миассово (Южный Урал) // Минералогия Урала-III. Т. I. Миасс: ИМин УрО РАН, 1998. С. 150–152.
- Кориневский В.Г., Филиппова К.А., Котляров В.А., Кориневский Е.В., Артемьев Д.А.* Элементы-примеси в минералах некоторых редко встречающихся пород Южного Урала // Литосфера. 2019. Т. 19. № 2. С. 269–292.
- Никандров А.С.* Внутреннее строение и минеральный состав железомарганцевых образований пресноводного озера Большое Миассово (Южный Урал) // Вестник ИГ Коми НЦ УрО РАН. Сыктывкар, 2014. № 8. С. 7–11.
- Никандров А.С.* Ва-Mn минералы донных отложений оз. Б. Миассово // «Онтогенез, филогения, система минералогии»: мат-лы Всероссийской конференции. Миасс: ИМин УрО РАН, 2015. С. 146–149.
- Никандров С.Н., Кобяшев Ю.С., Вализер П.М.* Амфиболы ильменогорского комплекса. Миасс, 2000. 120 с.
- Никандров А.С., Корнилов Ю.Б., Мороз Т.Н., Никандров С.Н., Щербакова Е.П.* Железо-марганцевая минерализация донных отложений пресноводного озера Большое Миассово (Южный Урал) // «Ленинградская школа литологии»: мат-лы Всероссийского литологического совещания (25–29 сентября 2012 г.). СПб.: СПбГУ, 2012. Т. II. С. 82–84.



- Никандров А.С., Никандров С.Н., Никандрова Н.К.* Особенности состава клинопироксенов Ильменогорского комплекса: новые данные // Записки РМО. 2013а. № 4. С. 90–100.
- Никандров А.С., Щербакова Е.П., Никандров С.Н.* Новый геохимический тип озерных железомарганцевых конкреций // Материалы III Международной научно-практической конференции молодых ученых и специалистов памяти академика А.П. Карпинского, 11–15 февраля 2013 г. СПб.: ВСЕГЕИ, 2013б. С. 454–456.
- Никандрова Н.К., Щербакова Е.П., Никандров А.С., Никандров С.Н.* Применение мессбауэровской спектроскопии к исследованию донных отложений из пресноводных озер Ильменского заповедника // «Минералы: строение, свойства, методы исследований»: мат-лы V Всеросс. молодеж. науч. конф. Екатеринбург: УрО РАН, 2013. С. 140–142.
- Пермяков Б.Н.* Кисегачский гранитный массив (Южный Урал). Миасс: ИГЗ УрО РАН, 1999. 221 с.
- Попов В.А., Поляков В.О., Попова В.И., Щербакова Е.П.* Материалы по инвентаризации копей Ильменского заповедника. Миасс, 1979. 128 с. Фонды ИГЗ.
- Попов В.А., Попова В.И.* Минералогия пегматитов Ильменских гор // Минералогический альманах. 2006. Т. 9. 151 с.
- Рассомахин М.А., Котляров В.А.* Минералогия включений в корунде из копи № 418 (Ильменский заповедник, Южный Урал). Минералогия. 2018. Т. 4. № 3. С. 27–35.
- Субетто Д.А.* Донные отложения озер: палеолимнологические реконструкции. СПб.: РГПУ им. А.И. Герцена, 2009. 348 с.
- Чердниченко С.В., Дубинина Е.В.* Бариевые полевые шпаты Ильмено-Вишневогорского комплекса (Южный Урал). Вестник Института геологии Коми научного центра Уральского отделения РАН. 2017. № 8 (272). С. 17–22.
- Щербакова Е.П., Мороз Т.Н., Пальчик Н.А., Григорьева Т.Н., Корнилов Ю.Б., Никандров А.С., Никандров С.Н.* Структурно-химические особенности железомарганцевых образований озера Большое Миассово (Южный Урал) // Кристаллическое и твердое некристаллическое состояние минерального вещества: проблемы структурирования, упорядочения и эволюции структуры: Материалы минералогического семинара с международным участием. Сыктывкар: Геопринт, 2012. С. 353–354.
- Экология озера Большое Миассово / *М.А. Андреева, Е.И. Вейсберг, С.В. Гаврилкина, Н.С. Гордиенко, Ю.Б. Корнилов, А.В. Лагунов, Е.В. Медведева, Б.А. Миронов, А.В. Перескоков, Н.А. Савельева, Н.М. Самойлова, Л.В. Снитко.* Миасс: ИГЗ УрО РАН, 2000. 318 с.
- Юрецкий В.Н., Петров В.И., Кузнецов Г.П., Левин В.Я., Пунегов Б.Н. и др.* Отчет ильменогорского геологосъемочного отряда о результатах геологического доизучения масштаба 1:50 000 Ильменогорской площади в Каслинском и Аргаяшском районе, территориях г.г. Кыштым, Карабаш, Миасс, Чебаркуль Челябинской области за 1976–1982 гг. 1982, ПГО «Уралгеология», ЧГРЭ. Т. 1. Кн. 1. 280 с. Кн. 2. 326 с. Фонды ИГЗ.
- Shcherbakova E., Nikandrova N., Valizer P., Nikandrov A., Nikandrov S.* Fougerite group from the bottom sediments of the freshwater lakes of the Ilmen State Reserve (South Urals, Russia) // Abstract of 21-st General Meeting of International Mineralogical Association, South Afrika. 1–5 September 2014.
- Shcherbakova E., Nikandrov A., Nikandrov S.* New type of mineralogical sites in the Ilmen Reserve (Russia) // 7<sup>th</sup> International Symposium “Mineral Diversity – research and preservation. Sofia, Bulgaria. 11–14 October 2013. P. 20.