

© В. А. Бакаев

УДК 574 + 556 + 913(571)

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ МАЛЫХ ОЗЕР НОВОСИБИРСКОЙ ОБЛАСТИ ПО ДАННЫМ ГЕОХИМИЧЕСКОГО И ТРОФИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА *

В. А. Бакаев (Новосибирск, Россия)

В работе рассмотрены особенности современного геоэкологического состояния малых озер Новосибирской области. Определены основные тенденции природных и антропогенных изменений лимногеосистем. Обосновывается необходимость мониторинга этих изменений на основе биогеохимических наблюдений. Выделены интегральные качественно-количественные критерии геоэкологической устойчивости: ландшафтно-геохимический и трофический коэффициенты, коэффициент геоэкологической напряженности. На их основе определены эколого-географические особенности современного состояния озерных комплексов различных природных зон.

Ключевые слова: лимногеосистемы, динамика, геохимический мониторинг, трофический мониторинг, устойчивость, эколого-географические особенности.

Новосибирская область относится к числу наиболее заозеренных в пределах лесостепной и степной зон Российской Федерации: в ее фонде насчитывается свыше 6800 озер [1], абсолютное большинство которых относится к малым. Степень заозеренности крайне неравномерна, большинство водоемов расположено на левобережье Оби – в центральной и западной частях Барабинской и Кулундинской равнинах. В западной и юго-западной части области озера занимают от 2 до 12 % территории, в восточных районах их количество сокращается до 0,1 – 0,3 %.

Отмеченное изобилие и распределение озер обусловлено рядом причин. Во-первых, своеобразным географическим положением территории на стыке гумидной и семиаридной зон увлажнения (от с. Кыштовка на севере до г. Купино на юге на расстоянии 250 км выражены 5 природно-климатических подзон – подтайги, северной и южной лесостепи, колючной и типичной степи). Во-вторых, геологическим строением, т.е. практически повсеместным распространением пород тяжелого механического состава – глин и тяжелых суглинков, являющихся водоупорами для атмосферной влаги.

* Статья подготовлена в рамках реализации Программы стратегического развития ФГБОУ ВПО «НГПУ» на 2012–2016 гг., конкурс молодых ученых.

Бакаев Владимир Александрович – аспирант кафедры физической географии и туризма Института естественных и социально-экономических наук, Новосибирский государственный педагогический университет.

E-mail: bakaeв_dgn@mail.ru

В-третьих, разнообразием генетических типов озерных котловин, наибольшее распространение из которых получили котловины, образовавшиеся под действием суффозионно-просадочных процессов. По долинам современных рек широко представлены озера, созданные водно-эрозионными и водно-аккумулятивными процессами, среди болотных массивов – озера вторичного происхождения, озера, приуроченные к переуглубленным участкам днищ ложбин древнего стока (их возникновение связано с образованием перемычек и плотин из аллювия) и остаточного-реликтовые водоемы древнеозерных равнин. Озера всех генетических типов зародились и формировались в последние тысячелетия голоцена. Так, в частности большинство котловин суффозионно-просадочного типа оформились свыше 1900 лет назад, а остаточного-реликтовые озера равновозрастны периоду трансгрессивно-регрессивных фаз озеро Чаны [2–3].

В морфолимническом отношении преобладают мелководные литоральные водоемы. Гораздо меньшее количество озер имеет литорально-профундальный морфолимнический тип [3–4].

Динамика элементов водного баланса предопределена положением озер в различных ландшафтных зонах, т.е. подчинена зональному распределению основных гидротермических элементов – увлажнения территории, показателей испаряемости, радиационного режима и др. Главными составляющими в приходной части водного баланса озер являются атмосферные осадки на озерные акватории (от 21,4 до 80,5 %) и поверхностный приток с водосборов (от 12,3 до 76,5 %). Доля грунтового питания незначительна (от 1,9 до

21,6 %). В расходной части водного баланса подавляющего числа озер преобладает испарение – от 22,9 до 100 %. У сточных озер существенна доля поверхностного стока (от 5 до 73,4 %). По классификации В. В. Богословского [5] в пределах лесной зоны и северной лесостепи распространены озера стоковой группы, а в южной лесостепи и степной зоне преобладают водоемы испарительной группы.

С зональностью водно-балансовых элементов связано изменение химического комплекса. По характеру минерализации озера, в основном, пресные, и только сравнительно немногие (менее 10 %), расположенные в юго-западной части области, солоноватые и соленые. Минерализация воды возрастает от ультрапресноводных и пресноводных водоемов в лесной зоне, до соленых в южной лесостепи и степи.

В природе области озера выполняют несколько важных функций: являются естественными регуляторами стока рек (Байдово, Ихтинское, Угуй, Соскуль, Кырчик, Иткуль, Урюм, Саргуль, Хорошее), стимулируют развитие процессов заболачивания (Маметьево, Щучье), обуславливают контрастность микроклиматов на прилегающих к ним пространствах [6].

Природная и хозяйственная значимость озер определяется в первую очередь наличием в них разнообразных ресурсов: минеральных (вода, соли, глинистые и песчано-гравийные отложения), органических (растения, животные, рыбы, торф), органо-минеральных (сапропели), рекреационных (лечебные грязи, минеральные источники, места отдыха и туризма).

Озера, как и все элементы ландшафтов, участвуют в общем процессе эволюции природной среды, претерпевают постоянные

природные изменения, на которые накладывает свой отпечаток и хозяйственная деятельность человека.

Для природной динамики озер области характерно изменение водности, как производное от изменчивости увлажненности на фоне общей ее недостаточности [7], характерной для всей территории юга Западной Сибири. Это влечет за собой колебание уровней, изменение степени минерализации и доминирующих ионов в гидрохимическом комплексе, смену морфологических типов водоемов, и, как следствие, смену спектра экологических условий.

Влияние человека на малые озера за последние 40 лет свелось главным образом к воздействию сельского хозяйства, а самый распространенный фактор – земледелие. Воздействие выражается в значительной загрузке озер биогенными элементами, а видимые изменения их экосистем обусловлены антропогенным эвтрофированием. Роль земледелия проявляется в распашке водосборов (усиление эрозии почв, вынос веществ в водотоки и водоемы со стоком), в применении ядохимикатов и удобрений (дополнительный приток биогенных элементов и токсикантов в озера). Антропогенное изменение биогенной нагрузки сказывается на изменении структуры экосистем озер: повышается уровень трофности, меняется видовой состав гидробионтов, нарушается устойчивость трофических связей.

В настоящее время, в связи с резким спадом сельскохозяйственного производства, лимногеосистемы области испытывают слабое антропогенное воздействие и их эвтрофирование происходит, преимущественно под влиянием природных факторов лимногенеза – почвенного покрова, характера

рельефа, литологии почвогрунтов, элементов климата [8].

Озера, в ходе своего развития постепенно видоизменяются под влиянием природных и антропогенных факторов, проходят ряд стадий собственно озерного типа и, наконец, превращаются в новую ландшафтную или ландшафтно-антропогенную структуру. В этой связи весьма актуальным направлением лимнологических исследований становится диагностика этих изменений, выявление закономерностей функционирования лимногеосистем, под влиянием лимитирующих природных и антропогенных факторов. Решение данных вопросов возможно на основе мониторинговых наблюдений за состоянием озер, которые позволяют выразить качественное состояние водоемов. Основой подобных наблюдений является геохимический и трофический мониторинг как самих озер, так и прилегающих водосборов с последующей корреляцией полученных результатов.

Геохимический мониторинг основывается на наблюдении за химическим комплексом озер. Качественный состав озерных вод представлен растворенными газами, макро- и микроэлементами, органическим и биогенным веществом. Большая часть растворенных веществ находится в виде ионов, среди которых преобладает семикомпонентный состав – Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^{+} , K^{+} , HCO_3^{-} , SO_4^{2-} , Cl^{-} – определяющий класс химизма и общую минерализацию вод. Главным поставщиком основных ионов выступают почвы и подстилающие их грунты. С точки зрения геохимического потока северная (лесоболотная) часть характеризуемого региона представляет элювиальные фации геохимического ландшафта, районы выноса

подвижных солей, центральные лесостепные части – транс-элювиальные фации, районы транзита солевых масс, а крайняя юго-западная степная его оконечность в силу бессточности – транс-аккумулятивные и аккумулятивные фации, район сброса и аккумуляции этих солевых масс. В результате, в малых озерах Новосибирской области в направлении с севера, северо-востока на юг и юго-запад в соответствии с общим уклоном рельефа и увеличение аридности климата происходит утяжеление механического состава почв и грунтов, увеличение степени их гидроморфности и засоленности и, соответственно, в этом же направлении смена классов химизма озерных вод от гидрокарбонатного через сульфатно- и хлоридно-гидрокарбонатный до хлоридного. Состав и сумма ионов, определяемые ландшафтными и внутрилимническими условиями, изменяются в разных озерах и озерных группах, по сезонам года и в многолетних трендах. Многолетняя динамика компонентов основного химического состава предопределяется в основном колебаниями элементов водного баланса, в частности изменением объема стока и проточности [3; 9].

Семикомпонентный состав неорганических ионов не отражает всего геохимического своеобразия озерных вод и их ландшафтно-индикационных свойств. Огромное влияние на геохимические особенности и гидрохимический режим озерных вод оказывает растворенное органическое вещество (РОВ). Для определения содержания органического вещества, его природы, используются показатели перманганатной (ПО) и бихроматной (БО) окисляемости, а также их разнообразные количественные соотношения. Перманганатная окисляемость свидетельству-

ет о наличии в составе РОВ сравнительно легко разлагаемых компонентов, чаще автохтонного (внутриводоемного, планктонного) происхождения. Величина бихроматной окисляемости, напротив, указывает на содержание в воде трудноразлагаемой органики и преимущественно аллохтонный (терригенный, вневодоемный) генезис [3; 8]. Соотнесение их показателей позволяет сделать вывод, что удельный вес аллохтонного органического вещества больше в биотическом балансе озер лесной зоны, чем в водоемах лесостепи и степи, более богатых автохтонным органическим веществом. Отношение РОВ к общей сумме растворенных минеральных веществ возрастает в лимногеосистемах лесной зоны, а минимальные его значения характерны для озер степных ландшафтов. Все это подтверждает прямые связи водоемов с водосборной частью окружающего ландшафта. Зональная и внутризональная динамика РОВ связана с изменениями радиационно-климатических и почвенно-биотических условий, определяющих, с одной стороны, продуктивность и биологический круговорот водосборов озер, а с другой – биопродуктивность самих лимнионов. В формировании органического вещества многих озер существенную роль играют и антропогенные факторы.

Важное значение в геохимическом мониторинге имеют макро- и микроэлементы содержащиеся в воде озер, биоте, верхнем слое озерных илов и в дренируемых подстилающих породах.

Абсолютные их значения (мг/л, мг-экв., % и т. п.) переводятся в ландшафтно-геохимические коэффициенты [10; 15] – относительные соизмеримые величины: 1) коэффициент озерно-биогенной (биолимнической) аккумуляции ($K_{ба}$), выражающий

отношение содержания элемента в золе биоты, к содержанию этого элемента в дренируемых породах; 2) коэффициент водно-озерной (ландшафтно-лимнической) миграции ($K_{\text{зм}}$) отношение содержания элемента в минеральном остатке озерной воды и его содержания в дренируемых породах.

$K_{\text{ба}}$ отражает интенсивность захвата элементов озерной биотой и степень их накопления (стабилизации) в верхнем слое донных отложений озер: чем больше его значение, тем больше накапливается элемента в озерной системе.

$K_{\text{зм}}$ указывает на интенсивность выноса химических элементов из почвогрунтов озерных водосборов: чем больше его значение, тем лучше элемент растворяется в воде и в больших количествах приносится в озеро из почвогрунтов ландшафта и наоборот.

В последующем, на основе рассчитанных значений этих коэффициентов составляются миграционно-геохимические формулы лимногеосистем, а затем при корреляции с трофическими показателями – и формулы геоэкологической устойчивости. Класс водной миграции лимногеосистемы, перед дробной чертой каждой из формул, определяет тип соответствующего ей природного ландшафта – лесной, лесостепной, степной, болотный – и соответствует ландшафтно-геохимическим формулам А. И. Перельмана [11; 12]. В числителе формулы располагаются наиболее активные элементы биолимнической аккумуляции ($K_{\text{ба}}$ элемента ≥ 1 , при $K_{\text{зм}} < 1$), в знаменателе – элементы активной водно-озерной миграции ($K_{\text{зм}}$ элемента ≥ 1 , при $K_{\text{ба}} < 1$). Элементы располагались по мере уменьшения значения величин их коэффициентов. Рядом с дробью в конце

формулы указываются лишь те элементы, которые активно проявляли себя в том, и в другом процессах ($K_{\text{ба}}$ и $K_{\text{зм}}$ элемента ≥ 1). Чем больше элементов активно участвует в обоих процессах, тем динамичнее данная лимногеосистема, а значит и выше степень ее устойчивости к антропогенным воздействиям. Важная заключительная часть формул – итоговые количественные показатели, учитывающие всю исходную ландшафтно-геохимическую информацию, в том числе и об элементах, не вошедших в нее из-за низких значений коэффициентов ($K_{\text{ба}}$ и $K_{\text{зм}} > 0$, но < 1). Цифра в числителе после дробной черты – сумма коэффициентов озерно-биогеоаккумуляции, в знаменателе – ландшафтно-лимнической миграции. Отношение этих чисел названо коэффициентом динамической напряженности ($K_{\text{дн}}$). Если его значение равно единице, то озерная геосистема сбалансирована по круговороту вещества и энергии и является устойчивой. При $K_{\text{дн}} > 1$ вещественно-энергетический баланс нарушен, то есть процесс накопления вещества доминирует над выносом и водоем подвержен нарастающей эвтрофикации, и чем больше значение этого коэффициента, тем выше ее степень. Если же $K_{\text{дн}} < 1$, то в лимногеосистеме преобладает вынос вещества и энергии: чем меньше значение коэффициента, тем выше степень олиготрофии водоема [12].

В результате геохимического мониторинга мы получаем практически полную картину состояния абиотического комплекса озер. Биотическую же его часть в полной мере характеризует трофический мониторинг.

Он основан на методике гидро-биологических наблюдений разработанных В. Г. Дабковой с со авторами. Его показания

охватывают широкий спектр трофических показателей: по фитопланктону – число видов, количество клеток, биомассу, хлорофилл «а»; по зоопланктону и зообентосу – число видов, численность и биомассу; первичную продукцию (Φ) и деструкцию (D) органического вещества, коэффициент (Φ/D). Это позволяет отражать степень биологического разнообразия в экосистеме озера, балансовые зависимости между выделением и потреблением кислорода, образованием и распадом органического вещества, его накоплением в озерах. Соотношение продукционно-деструкционных процессов – коэффициент Φ/D – характеризует интенсивность круговорота органики, на который замыкаются практически все лимнические процессы [13–14].

Таким образом, выделены два основных интегральных качественно-количественных критерия геоэкологической устойчивости. Первый, отражающий структурные и функциональные изменения биологических сообществ в лимногеосистеме – трофический. Он показывает соотношение продукционно-деструкционных процессов и позволяет установить пределы устойчивости для биологических сообществ. Его относительным выразителем является коэффициент Φ/D . Второй – ландшафтно-геохимический, отражающий функционально-динамические изменения озерных геосистем в целом через соотношение аккумуляции и миграции вещества. Его относительным выразителем может быть коэффициент динамической напряженности ($K_{\text{дн}}$), величина которого определяет пределы устойчивости для всего озерного комплекса.

Сопоставление их результатов (с учетом ландшафтной дифференциации территории Новосибирской области и разнообразия

генетических типов озерных котловин) позволило установить следующие эколого-географические особенности современного состояния озерных комплексов [1; 8; 12]:

1. В лесной зоне наиболее устойчивыми озерными геосистемами являются крупные материковые водоемы и озера пойменного типа. Коэффициент Φ/D в них равен или приближен к единице. В аккумулятивно-миграционном процессе одновременно участвуют Mn, Fe, Ca, K, P, N, Zn, Cu, Pb, Cd, коэффициент $K_{\text{дн}}$ изменяется от 0,96 до 1.

Лимногеосистемы вторичного (внутриболотного) генезиса можно отнести к слабоустойчивым и неустойчивым. Они имеют самый бедный видовой состав гидробионтов и низкие показатели их продуктивности, коэффициент Φ/D варьирует от 3,6 до 6,7. Водная масса и озерные илы накапливают много органического вещества (ОВ), тяжелых металлов (особенно железа) и азота. Значения $K_{\text{дн}}$ изменяется в диапазоне от 1,3 до 7,05.

2. Лесостепные и степные территории области, характеризуются более позитивными показателями устойчивости их экосистем. Наиболее устойчивы проточно-сточные озера суффозионно-просадочного происхождения, а также большинство пойменных водоемов. Показатели продуктивности их гидробионтов имеют максимальные значения относительно всех природных зон Западной Сибири. Соотношение продукции и деструкции ОВ в них близко к единице. Лимногеосистемы активно накапливают Ca, Si, P, Al, Mn, K, Li. К динамично мигрирующим элементам, подверженным выносу, относятся Mo, Na, Sr, Zn, K. В обоих процессах элементно-геохимического круговорота одновременно и активно участвуют Mg, B, S, Mo.

3. Материковые и суффузионные озера ленточного бора правобережья реки Оби также являются слабоустойчивыми. В отличие от всех других типов водоемов, их уровневый режим почти не меняется как на протяжении года, так и межгодовом тренде. Обусловлено это приточно-сточным гидрологическим режимом и врезом большинства их котловин в песчано-супесчано-суглинистые отложения. Большинство химических элементов и ОБ выносятся с подземным стоком, обуславливая олиготрофность и низкие значения коэффициентов: $K_{\text{дн}}$ сотые и тысячные доли и Φ/Δ всегда <1 . Из химических элементов накапливаются Si, Al, Mg.

4. Сильно минерализованные озера (при содержании основных ионов от 10 г/л и выше) лесостепных и степных ландшафтов являются самыми неустойчивыми гео- и экосистемами на всей территории области. Они активно аккумулируют Na, Mg, Sr, Ca, Cl, S, N и другие элементы. Высокая минерализация служит мощным лимитирующим фактором деструкционных процессов, поэтому такие озера накапливают много ОБ, частичная деструкция которого возможна лишь при анаэробных условиях. Ландшафтно-геохимический и трофический

коэффициенты здесь имеют самые высокие значения из всех водоемов Западной Сибири.

5. Озера антропогенного генезиса (пирогенные, запрудные, карьерные) становятся относительно сбалансированными лишь в том случае, когда у них сформируется сточный гидрологический режим. Однако они всегда остаются слабоустойчивыми и с точки зрения динамики химических элементов, и в аспекте соотношения продукционно-деструкционных процессов.

Следовательно, для территории Новосибирской области характерна значительная пространственная вариабельность свойств озерных комплексов, в частности качественных и количественных их параметров, обусловленная совокупным влиянием зональных и топологических факторов лимногенеза. Полученная качественно-количественная информация о характере, интенсивности и территориальной приуроченности ландшафтной изменчивости отдельных компонентов природной среды, например озер, позволяет осуществлять корректное и целенаправленное регулирование динамики естественных и антропогенных процессов в соответствии с природно-региональной спецификой.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бакаев В. А. Биогеохимический мониторинг озер Новосибирской области и его основные итоги // Географическая наука и образование: современные проблемы и перспективы развития: материалы Всероссийской научно-практической Интернет-конференции (1-25 апреля 2012 г.) / под науч. ред. П. В. Лепина. – Новосибирск: Изд. НГПУ, 2012. – С. 5–11.
2. Поползин А. Г. Озера юга Обь-Иртышского бассейна. – Новосибирск: Зап.-Сиб. кн. изд-во, 1967. – 350 с.
3. Савченко Н. В. Озера южных равнин Западной Сибири. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 1997. – 297 с.
4. Богданов В. В. Морфолимнические типы озер и их роль во взаимоотношениях лимнических и терригенных факторов в озерном круговороте // Проблемы региональной лимнологии. – Иркутск, 1979. – С. 3–20.
5. Богословский Б. Б. Озероведение. – М.: Изд-во Моск. гос. ун-та, 1960. – 330 с.

6. **Природные ресурсы** Новосибирской области / С. Г. Бейром, И. П. Васильев, И. М. Гаджиев и др. – Новосибирск: Наука, 1986. – 215 с.
7. **Пульсирующее озеро** Чаны. – Л.: «Наука», 1982. – 304 с.
8. **Савченко Н. В., Ядренкина Е. Н., Киприянова Л. М. и др.** Ландшафтная дифференциация региона // Биоразнообразие Карасукско-Бурлинского региона (Западная Сибирь). – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2010. – С. 15–45.
9. **Алекин О. А.** Основы гидрохимии. – Л.: Гидрометеиздат, 1970. – 443 с.
10. **Нечаева Е. Г.** Ландшафтно-геохимический анализ динамики таежных геосистем. – Иркутск, 1985. – 210 с.
11. **Перельман А. И.** Геохимия ландшафта. – М.: Высшая школа, 1975. – 341 с.
12. **Савченко Н. В.** Биогеохимический мониторинг лимногеосистем Западной Сибири и его основные итоги // Водные и экологические проблемы Сибири и Центральной Азии: Труды Всероссийской научной конференции с международным участием, посвященной 25-летию Института водных и экологических проблем СО РАН: в 3 т. – Барнаул, 2012. – Т.3 – С. 106–111.
13. **Драбкова В. Г., Беляков В. П., Денисова И. А. и др.** Закономерности формирования экосистем тундровых озер и их изменение под влиянием антропогенного воздействия // Особенности структуры экосистем озер Крайнего Севера. – СПб.: Наука, 1994. – С. 242–248.
14. **Восстановление экосистем малых озер.** – СПб.: Наука, 1994. – 144 с.
15. **Nechaeva E. G., Davydova N. D.** The advancement of landscape-geochemical research in Siberia // Geography and Natural Resources. – Volume 31, Issue 3, September 2010. – P. 209–214. – URL: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1875372810000444> (дата обращения: 01.03.2013).

© V. A. Bakaev

UDC 574 + 556 + 913(571)

CURRENT CONDITION OF SMALL LAKES OF NOVOSIBIRSK REGION ACCORDING TO GEOCHEMICAL AND TROPHIC MONITORING

V. A. Bakaev (Novosibirsk, Russia)

This paper describes the features of modern geo-environmental condition of small lakes in Novosibirsk region. The main tendencies of natural and anthropogenic changes limnogeosistem are defined. The author considers necessity of monitoring of these changes on the basis of biogeochemical observations. Integrated qualitative and quantitative criteria of geo-ecological resilience: landscape-geochemical and trophic factors, the ratio of geo-ecological tension are allocated. Ecological and geographical features of the current state of lake complexes of different zones are defined.

Keywords: *limnogeosystems, dynamics, geochemical monitoring, trophic monitoring, sustainability, ecological and geographical features.*

REFERENCES

1. **Bakaev V. A.** Biogeochemical monitoring of lakes of Novosibirsk region and its basic results // Geographical Science and Education: Contemporary Issues and Perspectives: All-Russian Scientific and Practical Internet Conference (1–25 April 2012) / ed. P. V. Lepin. – Novosibirsk.: NGPU, 2012. – pp. 5–11.
2. **Popolzin A. G.** Lake south of the Ob-Irtysh basin. – Novosibirsk: West-Sib. book. publishers, 1967. – 350 p.
3. **Savhenko N. V.** The lakes of southern plains of Western Siberia. – Novosibirsk.: Publishers SB RAS, 1997. – 297 p.
4. **Bogdanov V. V.** Morfolimnological types of lakes and their role in the relationship limnological and terrigenous factors in lake cycle // Problems of regional limnology. – Irkutsk, 1979. – pp. 3–20.
5. **Bogoslovsky B. B.** Limnology. – Moscow: Moscow State University Press, 1960. – 330 p.
6. Natural resources of the Novosibirsk region / S. G. Beyrom, I. P. Vasiliyev, I. M. Gadzhiev and etc. – Novosibirsk.: Nauka, 1986. – 215 p.
7. **Pulsating Lake Chany.** – L.: «Science» 1982. – 304 p.
8. **Savhenko N. V., Savhenko N. V., Kipriyanova L. M.** and etc. Landscape differentiation region // Biodiversity Karasuk-Burlin region (West Siberia). – Novosibirsk.: Publishers SB RAS, 2010. – pp. 15–45.
9. **Alekyn O. A.** Basics of hydrochemistry. – L.: Gidrometeoizdat, 1970. – 443 p.
10. **Nechayeva E. G.** Landscape-geochemical analysis of taiga geosystems. – Irkutsk, 1985. – 210 p.
11. **Perelman A. I.** Geochemistry landscape. – M.: High School, 1975. – 341 p.
12. **Savchenko N. V.** Biogeochemical monitoring of limnogeosystems of Western Siberia and its basic results // Water and environmental problems of Siberia and Central Asia: Proceedings of the Scientific Conference with international participation, dedicated to the 25th anniversary of the

Institute for water and environmental problems SB RAS: The 3 volumes. – Barnaul, 2012. – Vol.3 – pp. 106–111.

13. **Drabkova V. G., Belyakov V. P. Denysova I. A.** and etc. Regularities of the formation of tundra ecosystems of lakes and their changes under the influence of human impact // Features of the structure of ecosystems Lakes North. – St.-Petersburg.: Nauka, 1994. – pp. 242–248.
14. **Ecosystem restoration of small lakes.** – St.-Petersburg.: Nauka, 1994. – 144 p.
15. **Nechaeva E. G., Davydova N. D.** The advancement of landscape-geochemical research in Siberia // Geography and Natural Resources. – Volume 31, Issue 3, September 2010. – pp. 209–214. URL: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1875372810000444>

Bakaev Vladimir Alexandrovich – the post-graduate student of faculty of physical geography and tourism, Institute of Natural Social and Economic Sciences, Novosibirsk State Pedagogical University.
E-mail: bakaev_dgn@mail.ru