

© В. А. Бакаев

DOI: [10.15293/2226-3365.1405.08](https://doi.org/10.15293/2226-3365.1405.08)

УДК 556.551 + 550.4

ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ЛИМНОСИСТЕМ СЕВЕРО-ЗАПАДА БАРАБИНСКОЙ НИЗМЕННОСТИ

В. А. Бакаев (Новосибирск, Россия)

Для диагностики современного состояния и разработки прогнозов возможных изменений экосистем, необходимы наблюдения, позволяющие качественно оценить их экологическое состояние. Интегральным выражением экологического состояния лимносистем выступают особенности химического состава вод, знание которых необходимо для решения вопроса интенсивного использования всех озерных ресурсов. Состав вод формируется под совокупным влиянием внутри- и вневодоемных процессов (физических, химических и биологических), определяемых ландшафтными факторами лимногенеза, отражая зональную специфику условий формирования и внутризональную вариабельность. Взаимосвязь и взаимозависимость озера с водосбором, выражается в составе и количестве элементов химического состава вод, их распространении во времени, условиях миграции и трансформации. В статье на примере одного из районов Барабинской низменности рассмотрены возможности использования ландшафтно-экологического и геосистемно-лимнологического подхода к оценке состояния малых водоемов. В качестве экологических параметров состояния разнотипных озер используются характеристики макрокомпонентного состава и основных гидрохимических показателей (рН, общей жесткости, минерализации), величины валовой концентрации элементов в воде озер и степень их геоэкофильности, особенности водной миграции. Отмечена роль факторов, обуславливающих местные различия. В заключении отмечаются характерные черты региональной экологической обстановки в лимносистемах.

Ключевые слова: лимносистемы, экологическое состояние, Барабинская низменность, макрокомпоненты, водная миграция.

В условиях естественных и антропогенно-индуцированных изменений природы всё более актуальным становится изучение динамики и функционирования экогеосистем основных зональных подразделений террито-

рии и крупных геоморфологических образований, их устойчивость и восприимчивость внешнему воздействию [1]. Барабинская низменность (Бараба) представляет особый интерес с позиций контрастности природных

Бакаев Владимир Александрович – аспирант кафедры физической географии и туризма, Институт естественных и социально-экономических наук, Новосибирский государственный педагогический университет
E-mail: bakaev_dgn@mail.ru

факторов, обусловленных географическим положением на стыке гумидной, семиаридной и аридной зон увлажнения. Типоморфные для неё озёрные геосистемы, как накапливающие элементы ландшафтов, являются наиболее чувствительными индикаторами экологической обстановки в регионе, а разнообразие и сезонная цикличность свойств озёрных вод позволяет использовать количественные и качественные гидро- и геохимические параметры для диагностики состояния, как самих водоёмов, так и сформировавшейся их ландшафтной среды.

Объектом исследования являлись лимносистемы трех озерных ландшафтов Омь-Тартасского междуречья: Притарского редкоозёрного (оз. Данилино, Большой Карбалык, Кыштово), Омь-Тартасского озерно-болотного (оз. Байдово) и Барабинского гривно-многоозерного (оз. Большой Агучак, Малый Агучак, Угуй) – приуроченные к району перехода от гидроморфных условий лесоболотной зоны к семиаридным типично лесостепным.

Озёра разнотипны по своему происхождению: Бол. Карбалык, Бол. Агучак, Угуй и Мал. Агучак относятся к генетическому типу суффозионных, Кыштово и Байдово – материковых, Данилино – долинных [2–3]. По параметрам морфометрии соответствуют трём морфолимническим типам, выделяемым В. В. Богдановым – литоральному (Бол. Агучак, Угуй, Мал. Агучак), литорально-профунтальному (Кыштово, Бол. Карбалык, Байдово) и профундальному (Данилино) [3–4]. Черты гидрологического режима определяют все вышеотмеченные водоемы как озера стоковой группы [5–6].

Пробы воды отбирались в летний период (июль – август 2013 г.). Анализ химического состава проводился в стационарных условиях на базе аккредитованной лаборато-

рии «Аналитический центр» ФГБОУ ВПО «НГПУ» по известным методикам¹²³⁴⁵.

Теоретико-методологической основой исследования послужили фундаментальные работы в области гидрохимии и классификации природных вод О. А. Алекина [7], О. П. Оксенок с соавторами [8], озероведения Б. Б. Богословского [5], В. В. Богданова [4], геохимии ландшафтов А. И. Перельмана [9], а

¹ ГОСТ 23268.3-78 Воды минеральные питьевые лечебные, лечебно-столовые и природные столовые. Методы определения гидрокарбонат-ионов (с Изменением № 1). – М.: Госком СССР по стандартам, 1978. – 5 с.

² ПНД Ф 14.1:2.159-2000 Количественный химический анализ вод. Методика выполнения измерений массовой концентрации сульфат-ионов в пробах природных и сточных вод турбидиметрическим методом. – М.: Госком РФ по охране окруж. среды, 2000. – 14 с.

³ ПНД Ф 14.1:2.4.135-98 Количественный химический анализ вод. Методика выполнения измерений массовой концентрации элементов в пробах питьевой, природных, сточных вод и атмосферных осадков методом атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно связанной плазмой. – М.: Госком РФ по охране окруж. среды, 1998 (Изд. 2008). – 27 с.

⁴ ПНД Ф 14.1:2.4.143-98 Количественный химический анализ вод. Методика измерений массовых концентраций алюминия, бария, бора, железа, калия, кальция, кобальта, магния, марганца, меди, натрия, никеля, стронция, титана, хрома и цинка в питьевых, природных и сточных водах методом ИСП-спектроскопии. – М.: Федеральная Служба по надзору в сфере природопользования, 2011. – 18 с.

⁵ ПНД Ф 14.12.96-97 Количественный химический анализ вод. Методика выполнения измерений массовой концентрации хлоридов в пробах природных и очищенных сточных вод аргентометрическим методом. – М.: Госком РФ по охране окруж. среды, 1997. – 9 с.

также частные региональные лимнологические изыскания [10–12].

Основные гидрохимические показатели (pH , общая жесткость и минерализация) и особенности макрокомпонентного (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , HCO_3^- , SO_4^{2-} , Cl^-) состава вод рассматриваемых озер представлены в табл. 1.

Активная реакция среды изменяется от нейтральной (7,4 ед. pH) в материковых озерах, до слабощелочной (8,2 ед. pH) в северолесостепных суффузионных.

Содержание катионов неоднородно и существенно зависит от литологии и химического состава почв и почвообразующих пород водосборов, а также особенностей положения

водоема в ландшафте. Так доминирование Ca^{2+} в материковых озерах междуречных пространств (Бол. Карбалык, Кыштово) постепенно замещается Mg^{2+} и Na^+ и их смешанными группами химизма в долинных озерах (Данилино) и озерах межгрядных понижений северной лесостепи (Бол. Агучак, Угуй, Мал. Агучак). Общая жесткость изменяется в интервале от 1,62 мг-экв/дм³ (мягкие воды) до 5,79 (воды средней жесткости).

По классификации О. А. Алекина воды рассматриваемых озер относятся к гидрокарбонатному типу, за исключением озера Угуй, для которого характерно преобладание вод хлоридного типа [7].

Таблица 1.

Основные гидрохимические показатели и макрокомпонентный состав

Показатель	Озера						
	Данилино	Большой Карбалык	Кыштово	Байдово	Большой Агучак	Малый Агучак	Угуй
pH , ед. pH	7,90	7,80	7,40	7,60	8,00	8,20	7,80
Ca^{2+} , мг/дм ³	18,00	22,53	50,06	23,30	18,00	15,90	54,10
Mg^{2+} , мг/дм ³	15,80	6,10	11,69	34,20	18,20	10,01	37,60
$Na^+ + K^+$, мг/дм ³	32,20	4,45	6,13	112,30	41,40	23,42	126,40
HCO_3^- , мг/дм ³	189,10	102,66	207,75	290,20	189,10	225,03	128,10
SO_4^{2-} , мг/дм ³	12,30	4,30	8,90	39,60	12,30	8,38	164,50
Cl^- , мг/дм ³	10,60	2,77	2,88	98,80	31,90	16,13	205,60
Общая жесткость, мг-экв/дм ³	2,20	1,63	3,46	3,98	2,39	1,62	5,79
Σ ионов, мг/дм ³	278,00	142,81	287,41	598,40	310,90	298,87	716,30
Индекс химизма воды	C_I^{Na}	C_{II}^{Ca}	C_I^{Ca}	C_I^{Na}	C_I^{NaMg}	C_{III}^{Mg}	Cl_{II}^{Na}

По величине минерализации представленные озера принадлежат к двум категориям: ультрапресные и пресные к α -гипогалинным, с относительно повышенной минерализацией к β -олигогалинным [8].

Наряду с макрокомпонентным составом существенное значение имеет элементный состав вод, как важнейший компонент геохи-

мической природы озер (табл. 2). Для характеристики экологического состояния озер по их элементному составу использованы несколько параметров: валовое содержание элемента в воде, степень его геоэкофильности и интенсивность водной миграции по А. И. Перельману.

Таблица 2.
Элементно-геохимический состав озерных вод

Элемент, мг/дм ³	Озера							
	Данилино	Большой Карбалык	Кыштово	Байдово	Большой Агучак	Малый Агучак	Угуй	ПДК _{вр} *
<i>Mn</i>	0,05	0,018	0,019	0,003	0,003	0,03	н/об	0,01
<i>Fe</i>	3,6	0,047	0,053	0,01	0,01	0,02	0,001	0,1
<i>Cu</i>	0,004	0,0006	0,0008	0,003	0,008	0,0012	0,0008	0,001
<i>Zn</i>	0,1	0,011	0,01	0,1	0,005	0,0024	н/об	0,01
<i>Rb</i>	0,03	0,28	0,55	0,03	0,03	0,27	0,01	0,1
<i>Sr</i>	0,4	0,011	0,022	0,1	0,09	0,011	0,01	0,4
<i>Mo</i>	0,33	0,001	0,001	0,08	0,09	0,001	0,09	0,001
<i>Ni</i>	0,002	0,0044	0,0022	0,016	0,014	0,0034	н/об	0,01
<i>Cr</i>	0,0008	н/об	н/об	0,002	0,001	н/об	0,001	0,02
<i>Pb</i>	0,0061	0,001	0,001	0,007	0,005	0,001	0,001	0,006
<i>Cd</i>	0,0001	н/об	н/об	0,0001	0,0001	н/об	н/об	0,005
<i>Sn</i>	0,002	0,01	0,062	0,002	0,002	0,013	н/об	0,112
<i>Ag</i>	0,0005	н/об	н/об	0,0005	0,0005	н/об	0,0005	0,05
<i>Li</i>	0,003	0,0033	0,0046	0,005	0,005	0,0049	0,002	0,08
<i>Co</i>	н/об	< 0,005	< 0,005	н/об	н/об	< 0,005	н/об	0,01
<i>Si</i> **	2,2	1,43	1,1	0,126	1,2	1,33	2,38	10
<i>B</i>	0,31	0,045	0,089	0,42	0,09	0,033	0,29	0,5
<i>P</i>	0,0012	0,041	0,039	0,026	0,02	0,17	0,044	0,00001
<i>Al</i>	0,001	0,0046	0,01	н/об	н/об	0,01	н/об	0,04

Примечание.

* – предельно допустимая концентрация в воде водоема, используемого для рыбохозяйственных целей (ПДК_{вр})⁶; ** – использована ПДК для водоема хозяйственно питьевого и культурно-бытового водопользования⁷; н/об – элемент не обнаружен

⁶ Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения: приказ Федерального агентства по рыболовству от 18 января 2010 г. № 20 // Рос. газета. – 2010. – 5 марта (№ 5125). – С. 24.

⁷ Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 30.04.2003 № 78 (ред. от 16.09.2013) «О введении в действие ГН 2.1.5.1315-03» (вместе с «ГН 2.1.5.1315-03. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования. Гигиенические нормативы», утв. гл. гос. санитарным врачом РФ 27.04.2003) (Зарегистрировано в Минюсте России 19.05.2003 № 4550) [Электронный ресурс]: Режим доступа http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_159629.html

Распределение валовых концентраций элементов в целом отражает черты региональной биогеохимической ситуации [13]. Озера Притарского ландшафта (Данилино, Бол. Карбалык, Кыштово) содержат повышенное количество *Fe* (0.047–3.6 мг/дм³), *Mn* (0.018–0.05 мг/дм³), *Mo* (0.001–0.33 мг/дм³). Это связано с повышенной увлажненностью климата территории, развитием процессов выщелачивания и оподзоливания почв, вследствие чего увеличивается вынос и аккумуляция этих металлов. Озеро Байдово, расположенное среди болотных массивов Омь-Тартасского ландшафта, отмечается сравнительно повышенным содержанием *Zn*, *Mo*, *Ni* (0.1, 0.08, 0.016 мг/дм³ соответственно), что вероятно обусловлено накоплением в водной толще большого количества органического вещества, связывающего ионы тяжелых металлов в растворимые металлоорганические комплексы, тем самым, способствуя их накоплению в лимнионе [14].

Для водоемов лесостепи характерно увеличение содержания *Cu* (0.0012–0.008 мг/дм³), *P* (0.02–0.17 мг/дм³), как следствие более активного и интенсивного использования водосборов (распашка, выпас скота и др.). Всем озерам присуще значимое содержание *Si*, *B*, *Sr*, *Rb*. Стоит отметить, что согласно полученным данным в водах изученных озер концентрации элементов находятся на уровне значений, приведенных для северных озер Евразии [15].

Следующий параметр – степень геоэкофильности элемента по В. В. Иванову, выражаемая как отношение содержания его в воде к эколого-гигиеническому показателю, т. е. полуколичественная оценка его геоэкологичности (токсичности) [16]. Для оценки использовались нормативы предельно допустимых концентраций вредных веществ для водоемов, пригодных для рыбоводных хозяйственных це-

лей. В соответствии с кратностью превышения, исследуемые элементы можно разбить на три группы: с кратностью превышения норматива значительно выше 10 раз – *Mo*, *P* и *Fe* (превышение содержания железа отмечено в единичном случае на оз. Байдово); с кратностью превышения от 1 до 10 раз – *Rb*, *Mn*, *Pb*, *Cu*, *Zn*, *Ni*; с кратностью превышения менее 1 – все остальные элементы.

Отмеченное выше позволяет вслед за В. Б. Ильиным и А. И. Сысо [17] отнести озера региона к территории относительного геохимического благополучия (богатство озерных вод микроэлементами) и экологического риска (несбалансированность содержания отдельных элементов, с возможным единичными примерами избытка).

Важным параметром является рассчитанный для каждого элемента коэффициент водной миграции по А. И. Перельману [9]. Он отражает интенсивность водной миграции, определяемую свойствами самого элемента, а также степень концентрации или рассеяния в лимногеосистеме (табл. 3).

В характеризуемых озерах наиболее активным водным мигрантом является *Mo*, высокой интенсивностью миграции отличаются *B*, *Rb*, *Sn*, *Ag*, *Cd*. К активными агентами водной миграции можно отнести основные макроэлементы (*Ca*, *Mg*, *Na*, *K*). Наименее подвижными участниками миграционно-геохимических процессов являются *Al*, *Fe*, *Mn*. Отдельно стоит отметить особенности парной миграции отдельных элементов (*Fe/Mn*, *Ca/Sr*). Как правило, интенсивность миграции этих элементов относительно друг друга находится в диапазоне одного порядка, хотя в рассматриваемых водоемах отмечаются нарушения этой закономерности (поведение *Fe/Mn* в водах оз. Бол. Карбалык, где сказывается влияние суходольной части водосбора, снижающей миграционную подвиж-

ность *Mn*; и взаимная миграция *Ca/Sr* в оз. Угуй, где сказывается изменение класса химизма вод, уменьшая интенсивность миграции *Sr*). В целом параметры водной миграции соответствуют величинам определенным для Западной Сибири [12] и отдельных

её регионов [11, 18], а также имеют схожие черты с миграционной обстановкой характерной для подобных регионов Европейской части России [19].

Таблица 3.
Интенсивность и коэффициент водной миграции

Интенсивность водной миграции	K_x	Озера						
		Данилино	Большой Карбалык	Кыштово	Байдово	Большой Агучак	Малый Агучак	Угуй
Очень слабая	< 0,001	<i>Al</i>	<i>Al</i>	<i>Al</i>	<i>Fe, Si</i>	<i>Fe</i>	<i>Al</i>	<i>Fe</i>
Слабая	0,001–0,01	<i>P</i>	<i>Fe</i>	<i>Fe</i>	<i>Mn</i>	<i>Mn</i>	<i>Fe</i>	–
	0,01–0,1	<i>Si, Cr</i>	<i>Si, Cu</i>	<i>Si, Cu, K, Mn</i>	<i>Cr, P</i>	<i>Si, Cr, P</i>	<i>Si, Cu, Zn</i>	<i>Si, Cr, Cu, Sr, P, Pb, Li, Rb</i>
Средняя	0,1–1	<i>Ni, Mn, Fe, Cu, Li, Ca, Rb, K</i>	<i>Mn, Sr, P, Pb, Ni, K, Na, Li, Zn</i>	<i>Ni, P, Pb, Sr, Zn, Li, Na, Co</i>	<i>Cu, Li, Rb, Ni, Sr, Mg, Pb</i>	<i>Zn, Li, Cu, Rb, Mg, Ni, Sr</i>	<i>Mn, Sr, Ni, Pb, K, P, Co</i>	<i>Mg, K, Na</i>
Сильная	1–10	<i>Pb, Na, Sn, Mg, Sr, Zn</i>	<i>Co, Mg, Ca, Mo</i>	<i>Mg, Mo, Ca</i>	<i>Sn, Na, Zn, K, Ca</i>	<i>Pb, Sn, Na, K, Ca</i>	<i>Ca, Mg, Na, Mo, Li, Rb, B</i>	<i>Ca, Ag</i>
	10–100	<i>Ag, Cd, B</i>	<i>Rb, B, Sn</i>	<i>Rb, B, Sn</i>	<i>Ag, Cd, B</i>	<i>Ag, B, Cd</i>	<i>Sn</i>	<i>B</i>
Очень сильная	> 100	<i>Mo</i>	–	–	<i>Mo</i>	<i>Mo</i>	–	<i>Mo</i>

Таким образом, экологическое состояние отмеченных озерных систем характеризуется наличием зональных черт и присутствием топологических отличий.

При переходе от озер Притарского ландшафта к водоемам Барабинского происходит заметное увеличение минерализации, смена классов химизма вод, изменение в ионном составе – доминирующий *Ca* замещается

Mg и *Na*. Концентрации элементов в озерной воде неоднородны, наибольшая степень геоэкофильности присуща *Mo, P, Rb, Mn, Pb, Cu, Zn, Ni*, а кроме того встречаются единичные примеры избытка отдельных элементов. В особенностях водной миграции прослеживаются типичные для данного региона черты, под влиянием ландшафтных факторов отмечаются местные различия.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Нечаева Е. Г.** Мониторинг вещественно-динамического состояния геосистем в познании физико-географического процесса // География и природные ресурсы. – 2007. – № 3. – С. 108–116.
2. **Белецкая Н. П.** Генетическая классификация озерных котловин Западно-Сибирской равнины // Геоморфология. – 1987. – № 1. – С. 50–58.
3. **Савченко Н. В.** Озера южных равнин Западной Сибири – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 1997. – 183 с.
4. **Богданов В. В.** Морфологические типы озер и их роль во взаимоотношениях лимнических и терригенных факторов в озёрном круговороте // Проблемы региональной лимнологии. – Иркутск, 1979. – С. 3–20.
5. **Богословский Б. Б.** Озероведение. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1960. – 335 с.
6. **Природные ресурсы Новосибирской области** / сост. С. Г. Бейром, И. П. Васильев, И. М. Гаджиев и др. – Новосибирск: Наука, Сиб. отд-ние, 1986. – 215 с.
7. **Алёкин О. А.** Основы гидрохимии – Л., 1970. – 298 с.
8. **Оксиюк О. П., Жукинский В. Н., Брагинский Л. П., Линник П. Н., Кузьменко М. И., Кленус В. Г.** Комплексная экологическая классификация качества поверхностных вод суши // Гидробиол. журн. – 1993. – № 29 (4). – С. 62–76.
9. **Перельман А. И.** Геохимия ландшафта. – М., 1975. – 342 с.
10. **Сайдакова Л. А.** Закономерности лимногенеза Барабинской низменности на примере сапропелевых озер: автореф. дисс. ... канд. геогр. наук. – Л., 1990. – 19 с.
11. **Бакаев В. А., Савченко Н. В.** Зональные особенности гидрохимического состояния малых озер Новосибирской области // Мир науки, культуры, образования. – 2013. – № 5. – С. 430–434.
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 юбилею Института водных и экологических проблем СО РАН: в 3 т. – Барнаул, 2012. – Т. 3 – С. 106–111.
13. **Ильин В. Б.** Геохимическая ситуация на территории Обь-Иртышского междурелья // Почвоведение. – 2007. – № 12. – С. 1442–1451.
14. **Moiseenko T. I., Dinu M. I., Gashkina N. A., Kremleva T. A.** Metal speciation in natural waters and metal complexing with humic matter // Doklady Earth Sciences. – 2012. – Т. 442. – № 2. – P. 267–271.
15. **Reimann C., Caritat P.** Chemical elements in the environment. – Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 1998. – 398 p.
16. **Иванов В. В.** Экологическая геохимия элементов: Справочник: В 6 кн. – М.: Недра, 1994. – Кн.1: s-элементы. – 304 с.
17. **Ильин В. Б., Сысо А. И.** Микроэлементы и тяжелые металлы в почвах и растениях Новосибирской области. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2001. – 229 с.
18. **Бакаев В. А.** Современное состояние малых озёр Новосибирской области по данным геохимического и трофического мониторинга [электронный ресурс] // Вестник Новосибирского государственного педагогического университета. – 2013. – № 2. – С. 49–58. – Режим доступа: <http://vestnik.nspu.ru/article/304> (дата обращения 01.08.2014).
19. **Моисеенко Т. И., Гашкина Н. А.** Формирование химического состава вод озер в условиях изменения окружающей среды. – Институт водных проблем РАН. – М., 2010. – 267 с.

DOI: [10.15293/2226-3365.1405.08](https://doi.org/10.15293/2226-3365.1405.08)

Bakaev Vladimir Alexandrovich, Graduate of Faculty of Physical Geography and Tourism, Institute of Natural Social and Economic Sciences, Novosibirsk State Pedagogical University, Novosibirsk, Russian Federation.

E-mail: bakaev_dgn@mail.ru

ENVIRONMENTAL STATUS LIMNOSYSTEMS NORTH-WEST BARABA LOWLAND

Abstract

For the diagnosis of the current state and development forecasts of possible changes in ecosystems are necessary observations to qualitatively assess their ecological status. Integral expression of the ecological state of limnosystems perform the chemical composition of water, knowledge of which is necessary to address the issue of intensive use of lake resources. Composition of water is formed under the combined influence of internal and external processes (physical, chemical and biological) defined landscape factors, reflecting zonal specific conditions of formation and intra-zonal variability. Interrelationship and interdependence of lake watershed, expressed in the composition and number of elements in the water chemistry, their distribution in time, the conditions of migration and transformation. On the example of one of the districts Baraba lowland considered the possibility of using landscape ecological and geosystem-limnological approach to assessing the state of small reservoirs. As an environmental condition parameters of different types of lakes are used macrocomponental characteristics and major hydro-chemical parameters (pH, total hardness, salinity), the gross value of the concentration of elements in the water of the lakes and their degree of geoenvironmental, especially water migration. The role of the factors causing local differences. In the conclusions of the regional characteristics of the environmental situation in limnosystems.

Keywords

limnosystems, ecological condition, Baraba lowland, macrocomponents, water migration

REFERENCES

1. Nechayeva E. G. Monitoring real-dynamic state of geosystems in the knowledge of physical-geographical process. *Geography and natural resources*. 2007, no. 3, pp. 108–116. (In Russian)
2. Beletskaya N. P. Genetic classification of lake basins of the West Siberian Plain. *Geomorphology*. 1987, no. 1, pp. 50–58. (In Russian)
3. Savchenko N. V. *Lake southern plains of Western Siberia*. Novosibirsk, SB RAS Publ., 1997, 183 p. (In Russian)
4. Bogdanov V. V. Morfolimnology types of lakes and their role in the relationship and terrigenous limnological factors in the Lake cycling. *Problems of regional limnology*. Irkutsk, 1979, pp. 3–20. (In Russian)
5. Bogoslovsky B. B. *Limnology*. Moscow, University Press Publ., 1960, 335 p. (In Russian)
6. *Natural resources of the Novosibirsk Region*. Comp. S. G. Beiryom, I. P. Vasiliev, I. M. Gajiyev and others, Novosibirsk, Nauka Publ., 1986, 215 p. (In Russian)
7. Alyokin O. A. *Fundamentals hydrochemistry*. Leningrad, 1970, 298 p. (In Russian)

8. Oksiyuk O. P., Zhukinsky V. N., Braginsky L. P., Linnik P. N., Kuzmenko M. I., Klenus V. G. Complex ecological quality classification of surface waters. *Hidrobiol. Journal*. 1993, no. 29 (4), pp. 62–76. (In Russian)
9. Perelman A. I. *Geochemistry landscape*. Moscow, 1975, 342 p. (In Russian)
10. Saydakova L. A. *Regularities limnogenesis Baraba lowland lakes sapropelic example: author's diss. ... candidate geogr. science*. Leningrad, 1990, 19 p. (In Russian)
11. Bakaev V. A., Savchenko N. V. Zone features hydrochemical state of the small lakes of the Novosibirsk Region. *World of science, culture and education*. 2013, no. 5, pp. 430–434. (In Russian)
12. Savchenko N. V. Biogeochemical monitoring limnogeosistem Western Siberia and its main outcomes. *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: 3 vol.* Barnaul, 2012, vol. 3, pp. 106–111. (In Russian)
13. Ilyin V. B. Geochemical situation on the territory of the Ob-Irtysh mezhdurelya. *Soil*. 2007, no. 12, pp. 1442–1451. (In Russian)
14. Moiseenko T. I., Dinu M. I., Gashkina N. A., Kremleva T. A. Metal speciation in natural waters and metal complexing with humic matter. *Doklady Earth Sciences*. 2012, vol. 442, no. 2, pp. 267–271.
15. Reimann C., Caritat P. *Chemical elements in the environment*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 1998, 398 p.
16. Ivanov V. V. *Environmental Geochemistry of Elements: Reference: In the book 6*. Moscow, Nedra Publ., 1994, Book 1: s-elements, 304 p. (In Russian)
17. Ilyin V. B., Syso A. I. *Trace elements and heavy metals in soils and plants of the Novosibirsk Region*. Novosibirsk, SB RAS Publ., 2001, 229 p. (In Russian)
18. Bakaev V. A. The current status of small lakes in the Novosibirsk region according to the geochemical and trophic monitoring. *Novosibirsk State Pedagogical University Bulletin*. 2013, no. 2, pp. 49–58. Available at: <http://vestnik.nspu.ru/article/304> (accessed: 01.08.2014). (In Russian)
19. Moiseenko T. I., Gashkina N. A. *The chemical composition of lake waters in a changing environment*. Moscow, Water Problems Institute of Russian Academy of Sciences Publ., 2010, 267 p. (In Russian)