

© Н.С. ЛАРИНА, С.И. ЛАРИН, С.С. МАСЛЕННИКОВА

nslarina@yandex.ru

УДК 504.45

## ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ НЕКОТОРЫХ СИЛЬНОСОЛОНОВАТЫХ ОЗЕР ПРИИШИМЬЯ\*

**АННОТАЦИЯ.** По результатам исследования зональных особенностей и химического состава вод и донных отложений озер Сладковского района Тюменской области (Глубокое, Щербаково и Могильное) показано, что воды всех исследованных озер имеют довольно высокие индексы токсического загрязнения (превышены ПДК Pb, Cu, Fe). Отмечено значительное концентрирование Pb, Mn и Cd в донных отложениях озер, причем значительная часть их находится в подвижной форме.

**SUMMARY.** The research results of zone features and chemical composition of waters and sediments of Sladkovo area lakes in the Tyumen region (Glubokoye, Sherbakovo and Mogilnoye) show that waters of all explored lakes possess rather high indexes of toxic pollution (the excess of maximum concentration limits of Pb, Cu, Fe). The research revealed a significant concentration of Pb, Mn and Cd in lake sediments, and the considerable part of them is in mobile form.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА.** Сильносолоноватые озера Приишимья, химический состав, донные отложения, тяжелые металлы.

**KEY WORDS.** Strongly brackish lakes in the Ishim river area, chemical composition, sediments, heavy metals.

Озера Тоболо-Ишимской лесостепи постановлением правительства РФ от 13.09.1994 г. объявлены особо ценными водно-болотными угодьями и внесены в список Рамсарской конвенции. Изучение их генезиса, современного состояния и динамики развития представляется весьма важным вопросом, требующим серьезных исследований.

Во время исследования озер, расположенных в пределах водораздельной части правобережья р. Ишим, авторами было выявлено наличие озер (Глубокое, Щербаково и Могильное), которые относятся к сильносолоноватым по классификации Посохова Е.В. [1]. В работе приведена химико-экологическая оценка качества вод и донных отложений данных озер Сладковского района Тюменской области.

Исследование озер и отбор проб были выполнены в августе 2005 г. (оз. Могильное — 20.08.05; оз. Щербаково — 13.08.05; оз. Глубокое — 15.08.05). Указанные озера, наряду с другими, изучались ранее экспедицией Института «Гидрорыбпроект» в начале 1960-х гг., а также отделами Сибрыбниипроекта в более поздние годы [2-3]. Согласно данным этих исследований, питание озер осуществляется за счет грунтовых вод и поверхностного стока. Осадки летнего периода полностью расходуются на испарение, составляющее в южной зоне около 700 мм. Уровни воды и площади озер находятся в прямой связи с колебаниями водности и объемом стока рек. Амплитуда многолетних колебаний уровней воды в озерах весьма значительна и составляет около 50 см, а среднемесячных — от 40 до 100 см.

\* Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки (ГК № 14.740.11.0641).

Озеро Могильное [2-3] имеет площадь зеркала 70-105 га, преобладающие глубины 2,8 м. Максимальная глубина изменяется в пределах 2,5-3,8 м. Средняя глубина 2,3-3,2 м. Объем воды — 1,61-3,36 млн. м<sup>3</sup>. Прозрачность 54 см. Дно ровное заиленное. Ил темно-серый плотный. Мощность иловых отложений — 0,9 м.

По данным наших наблюдений ил в озере очень жидкий. Полоса чистого песка шириной до 30 м. Заиленно-песчаная литораль до 100 м. Около 5 га водного зеркала заняты тростником и камышом. Зарастаемость озера рдестами незначительна (7-20%), цветение также незначительно. Ихтиофауна — карась, голян. Озеро заморное. Следует обратить внимание, что в момент более ранних гидрохимических обследований озеро [2-3] было пресное. Сумма ионов составляла 920-1820.

По нашим данным полевого обследования в 2005 г., берега в целом пологие, заняты выгоном скота. Северный берег высотой 0,7-1,0 м обрывистый, подвергается активной абразии. Заметны блоки отседания. Разрез террасы на северном берегу озера представлен следующими осадками (сверху вниз): 0-8(10) см — дернина; 10-40 см — горизонт светло-черного цвета, плотный, корко-плитчатая структура, пронизана корнями, нижняя граница языковатая, глубиной до 78-80 см; 40-80 см — тяжелый суглинок, близкий к глинистому, осадки более сортированные, заметны белесые карбонатные высыпания. В целом от 10 до 80 см идет заметное осветление. Горизонт по стенке разреза пронизан норами животных; 80-160 см — легкий суглинок светло-коричневого цвета, нижняя граница уходит под урез воды. Юго-восточный берег озера постепенно выполаживается, в некоторых местах этого участка берега улавливаются следы другой террасы (1-я терраса в других озерах), в этих случаях верхняя бровка фиксирует уровень базальной поверхности. Разрез приозерной террасы на северо-западном берегу оз. Могильное представлен (сверху вниз): 0-8 см — дернина; 8-35(40) см — легкий суглинок черного цвета, плотная в сухом состоянии корка, нижняя граница языковатая. Языки гумуса прослеживаются до глубины 40 и местами даже до 50 см; 35(40)-70 см — суглинок, влажный, вязкий, мажется как пластилин, нижняя граница уходит под урез воды.

По данным исследований [2-3] озеро Щербаково имеет площадь 75-84 га. Преобладающие глубины 1,6 м, максимальная глубина 1,7 м. Средняя глубина 1,5 м. Объем воды — 1,12-1,26 млн. м<sup>3</sup>. Прозрачность 38 см. Дно ровное, заиленное. Ил черный со слабым запахом сероводорода. Мощность иловых отложений — 0,5 м. В западной части мель с глубинами до 0,6 м. Песчаная литораль шириной до 10 м. В западной и северной части под илом голубая глина. Озеро глухое, связей с другими озерами не имеет. Зарастаемость незначительная — 5% (тростник). В литорали редкие кустики роголистника и рдестов. Цветение озера слабое. Ихтиофауна представлена золотым карасем, голянком, до 1920 г. жили окунь и щука. Озеро заморное. Весной наблюдаются экземпляры погибшего карася. Зимой вода «тухнет». В момент обследования [2-3] озеро было солоноватое. Наши наблюдения показали, что озеро расположено в мезозападине с плавными бортами. Северный берег относительно пологий, южный более крутой. На северном берегу от уреза воды в озере, снизу вверх, выделяются: приозерная низкая пойма, заросшая тростником, с относительной высотой примерно 10 см и шириной около 15 м, далее она плавно переходит в приозерную пойменную террасу без тростника. Пойменная терраса имеет ровную поверхность и ширину около 55-60 м. Выше идет озерная терраса, заросшая в момент описания пшеничным полем. Озерная терраса отделена от озерной поймы заметным уступом, имеющим округлую бровку. Относительная высота от уреза воды до бровки озерной террасы 1,6-1,7 м. Южный берег озера Щербаково более высокий, так как здесь к озеру подходит грива. Западный берег очень пологий и по сути пред-

ставляет собой приозерную низину, покрытую засоленной растительностью (красно-бурые солянки, злаки и др.). Поверхность этой низины плоская, местами с западинами. По всей видимости, озеро Катайское, расположенное рядом, и озеро Щербаково вложены в плохо выраженную палеодолину. Не исключено, что и другие близлежащие озера, могут иметь такой же генезис.

Озеро Глубокое (абс. высота по топокарте масштаба 1:100000 составляет 128,5 м) по данным [2-3] имеет площадь 205 га. Преобладающие глубины 2,2 м, максимальная глубина 2,3 м. Дно ровное, заиленное. Ил темно-серый, вблизи берегов с запахом сероводорода. Мощность иловых отложений-1,2 м. В литорали, за исключением северной части, песчаная полоса 70-150 м. Берега пологие, песчано-заиленные. По нашим наблюдениям, в августе 2005 г., западный песчаный берег очень пологий, в виде пляжа. Его относительная высота плавно повышается в западном направлении. Здесь идет кайма тростника. Кругом выгон скота. На восточном берегу хорошо выражена озерная пойма шириной 42 м. Ее относительная высота над урезом воды в озере 30-40 см. Поверхность террасной площадки плоская, покрыта солянками, ближе к тыловому шву вейниково-подорожниковой и полынно-злаковой растительностью. Выше нее расположена озерная терраса, имеющая относительную высоту 1,6 м. Она является базисной поверхностью, в которую вложена озерная впадина. Озеро глухое, связей с другими озерами не имеет. В момент обследования [2-3] озеро было солоноватое. Зарастаемость озера незначительная. Повсюду мелкие кустики гребенчатого рдеста. Цветение озера очень слабое. Ихтиофауна представлена карасем, гольяном, до 1941 г. в озере обитал окунь и щука. Озеро заморное.

В исследуемых образцах воды были определены общие гидрохимические и биогенные показатели качества вод, содержание некоторых тяжелых металлов. Проведен химический анализ донных отложений. По результатам определений сделана химико-экологическая оценка качества вод и выводы о круговороте тяжелых металлов в системе «вода - донные отложения».

В водах исследуемых озер значения электропроводности находятся в диапазоне 6192-8130 мкСм/см (табл. 1), рН всех озер около  $7,8 \pm 0,5$ .

Таблица 1

#### Результаты определения рН и электропроводности

Озеро	рН	Электропроводность	Тип воды
Могильное	$7,76 \pm 0,44$	$6192 \pm 124$	сильносоленые
Глубокое	$7,87 \pm 0,45$	$7647 \pm 153$	сильносоленые
Щербаково	$7,75 \pm 0,44$	$8130 \pm 163$	сильносоленые

Для классификации вод исследуемых озер по химическому составу в них было определено содержание главных ионов. Все озера принадлежат к III типу хлоридно-натриевой группы. Генетически воды этого типа являются смешанными и метаморфизованными, формируются в результате испарения молекул воды и катионного обмена (обычно  $\text{Na}^+$  раствора на  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{Mg}^{2+}$  почв и пород) [4].

Для оценки качества вод можно использовать различные показатели, отражающие содержание различных групп веществ и влияющие на химико-экологическое состояние водоема [4-7].

Классификация по эколого-санитарным показателям представляет собой сумму гидрофизических и гидрохимических показателей качества вод. В ней

выделяют 6 классов качества вод [4]. По содержанию различных форм азота (аммонийного, нитратного, нитритного) качество вод исследуемых озер сильно варьирует от «чистой» до «предельно грязной» (табл. 2).

Основной вклад в загрязнение водоемов вносят нитрат-ионы. Повышенное содержание нитратного азота к концу лета может быть вызвано снижением потребности в нитрат-ионах как в биогенном элементе, или в результате смыва с водосборной площади [1], [8]. По содержанию минерального фосфора озеро Глубокое относится к мезотрофным, озера Щербаково и Могильное являются эвтрофными. Цветность воды в исследуемых озерах в целом не превышает ПДК для рыбохозяйственных водоемов.

Таблица 2

## Эколого-санитарная оценка озер

Показатели	Озеро					
	Глубокое		Щербаково		Могильное	
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> :N, мг/дм <sup>3</sup>	0,36±0,14	II	0,58±0,23	III	<0,05	I
	2,09±0,44	III	0,64±0,25	III	<0,05	I
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> :N, мг/дм <sup>3</sup>	2,09±0,42	V	6,32±0,95	VI	5,05±0,76	VI
	2,92±0,58	V	5,11±0,77	VI	3,96±0,59	VI
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> :N, мг/дм <sup>3</sup>	<0,02	I	<0,02	I	<0,02	I
	<0,02	I	<0,02	I	<0,02	I
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> :P, мг/дм <sup>3</sup>	0,08±0,01	II	1,58±0,16	VI	0,19±0,03	III
	0,19±0,03	III	1,74±0,17	VI	0,24±0,04	IV
ПО, мгО/дм <sup>3</sup>	14,0±2,96	IV	26,3±5,42	VI	7,7±0,9	II
	14,2±1,58	IV	25,1±4,22	VI	8,3±0,9	II
Цветность, град. цв.	15,7±1,6	I	25,2±2,5	I	16,6±1,7	I
	16,0±1,6	I	20,3±2,0	I	21,8±2,2	I
Мутность, мг/дм <sup>3</sup>	4,30±0,43	I	12,1±1,21	I	4,60±0,46	I
	5,03±0,50	I	13,9±1,39	I	10,8±1,08	I
Хф/х	20,4	III	44,3	IV	20,4	III
	28,0	III	39,1	IV	15,8	III
Хэвт	3,33	II	155	VI	16,1	IV
	10,6	III	171	VI	21,0	IV

*Примечание:* в числителе — содержание в поверхностном слое, в знаменателе — содержание в придонном слое. I — чистая, II — удовлетворительной чистоты, III — умеренно загрязненная, IV — сильно загрязненная, V — весьма грязная, VI — предельно грязная. Хф/х — физико-химический индекс загрязнения; Хэвт — индекс эвтрофирования вод.

Оценка качества воды по эколого-токсикологическим показателям основывается на определении уровня токсического загрязнения вод тяжелыми металлами и дает представление о потенциальной токсичности водных масс (уровень токсического загрязнения). Здесь также выделяют 6 уровней токсического загрязнения вод [4]. По содержанию цинка и кадмия воды озер обеих групп можно отнести к чистым (табл. 3). Во всех озерах были обнаружены медь, железо и свинец, в количествах, во много раз превышающих значения ПДК для этих металлов. Содержание этих металлов в поверхностном и придонном слоях изменяется незначительно (табл. 3).

Таблица 3

## Оценка по эколого-токсикологическим показателям

Озера	Токсические вещества													
	Cu, мкг/дм <sup>3</sup>		Pb, мкг/дм <sup>3</sup>		Zn, мкг/дм <sup>3</sup>		Cd, мкг/дм <sup>3</sup>		Fe, мг/дм <sup>3</sup>		Mn, мг/дм <sup>3</sup>		Хтокс	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Глубокое	6,61±0,91	III	<1,00	I	<10,0	I	<1,00	I	1,56±0,23	IV	<0,05	I	28,3	II
	4,02±0,63	III	<1,00	I	<10,0	I	<1,00	I	2,15±0,32	IV	<0,05	I	71,1	III
Щербаково	<1,00	I	11,8±1,62	VI	<10,0	I	<1,00	I	3,92±0,59	V	0,22±0,05	I	83,0	III
	<1,00	I	21,5±2,86	VI	<10,0	I	<1,00	I	4,03±0,60	V	0,20±0,05	I	73,9	III
Могильное	115±11,8	VI	11,1±1,61	VI	<10,0	I	<1,00	I	1,39±0,21	IV	<0,05	I	143	IV
	72,1±7,46	VI	20,9±2,78	VI	<10,0	I	<1,00	I	0,21±0,03	II	<0,05	I	121	IV

*Примечание:* в числителе — содержание металла в поверхностном слое, в знаменателе — содержание металла в придонном слое. Хтокс — индекс загрязнения токсическими веществами. 1- содержание металла; 2 — уровень токсического загрязнения; I — чистая, II — удовлетворительной чистоты, III — умеренно загрязненная, IV — сильно загрязненная, V — весьма грязная, VI — предельно грязная.

**Характеристика химического состава донных отложений.** В последнее время все чаще при оценке состояния и мониторинге водных объектов определяют степень загрязнения донных отложений, так как при определенных условиях они могут играть важную роль в процессах самоочищения, а возможно, и загрязнения водоема. При определенных условиях взаимодействия в системе «вода — донные отложения», под воздействием ветро-волновых процессов происходит взмучивание частиц донных грунтов, их трансседиментация, и как следствие процесса — возможное вторичное загрязнение водной среды [10], [11]. Поэтому для исследуемых озер был осуществлен отбор донных отложений традиционным способом (дночерпателем) и проведен их химический анализ.

*Зольность и потери при прокаливании* характеризуют соотношение органических и минеральных веществ в донных отложениях. Органическое вещество донных отложений обладает большой сорбционной способностью, следовательно, значительное содержание его в донных отложениях озер обеспечивает их большую способность накапливать химические элементы [12], хотя часть из них может иметь и биогенную природу, т.е. накапливаться биологически в период жизни растений и животных. Во всех исследуемых озерах потери при прокаливании (ПП,%) не превышают 6%, рН водной вытяжки находится в пределах от 7,56 до 8,14, а электропроводность — от 7450 до 8570 мкСм/см, что связано с различной минерализацией озер (табл. 4).

Таблица 4

**Некоторые общие геохимические показатели донных отложений озер**

Озеро	ПП, %	рН <sub>водн</sub>	Электропроводность, мкСм/см
Глубокое	3,96±0,40	7,56±0,43	7450±149
Щербаково	4,15±0,42	7,59±0,43	8070±161
Могильное	4,44±0,44	8,14±0,46	8570±171

Металлы являются наиболее активными компонентами природных вод, их химическая и биологическая активность, а также степень токсичности определяются не столько валовыми концентрациями, сколько физико-химическим состоянием в водной среде. Степень миграции металлов зависит от рН среды и формы нахождения их в донных отложениях [12]. Поэтому было определено содержание металлов в золе и в подвижной форме.

При определении общего содержания тяжелых металлов донные отложения озоляли и растворяли в 10% азотной кислоте. Безусловно, данная вытяжка не включает соединения тяжелых металлов с силикатными минералами, но данные формы металлов прочно захоронены в отложениях и возможность их выхода в водную толщу очень низка. Подвижные формы тяжелых металлов извлекались аммонийным буферным раствором с рН=4,8. Извлекаемые этим экстрагентом формы являются доступными для гидробионтов и растений. По результатам определений была рассчитана доля подвижных форм металлов от их общей концентрации (рис. 3).

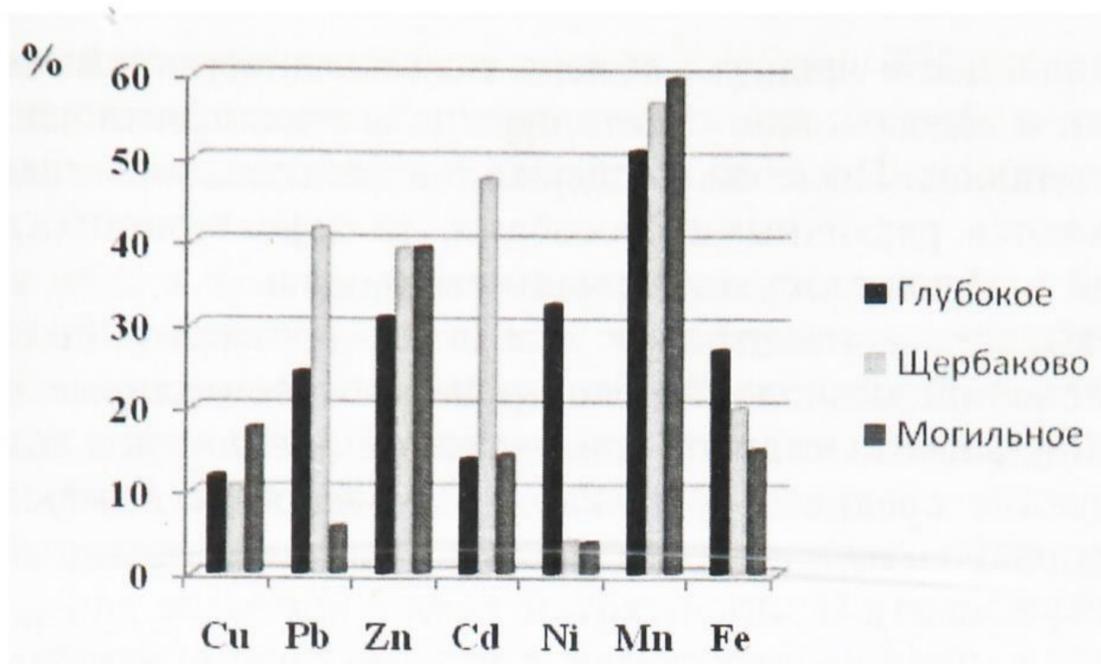


Рис. 3. Доля подвижной формы от общего содержания тяжелых металлов в донных отложениях озер

Из диаграмм видно, что доля подвижной формы от общего содержания ряда металлов для всех озер изменяется незначительно: меди — 10-20%, цинка — 30-40%, марганца — 50-60%, железа — 25-35%. Доля подвижного свинца, кадмия и никеля колеблется в более значительных пределах: свинец и кадмий максимально сконцентрированы в озере Щербаково, никель — в озере Глубокое.

Для характеристики аккумулярующих свойств донных отложений водоема необходимо рассчитать кларк концентрации (КК) — это отношение среднего содержания элемента (масс. %) в системе к кларку этого элемента в земной коре (масс. %) (по А.П.Виноградову) [13-15]. Величина КК показывает, что местный геохимический фон осадков характеризуется избыточными концентрациями свинца, кадмия и марганца (табл. 5).

Таблица 5

**Кларки концентрации некоторых металлов в донных отложениях**

Озеро	Cu	Pb	Zn	Cd	Ni	Mn	Fe
Глубокое	0,05	3,1	0,45	15	0,27	65	0,05
Щербаково	0,25	3,8	0,39	23	0,35	46	0,05
Могильное	0,24	5,0	0,47	15	0,53	53	0,05

Кларки концентрации марганца значительно превышают его содержание в земной коре ( $КК \gg 1$ ), но для данного региона такое превышение является закономерным, поэтому можно считать его фоновым для озер этого региона. Кларк концентрации свинца в 3-5 раз превышает его содержание в земной коре, причем заметно выше его содержание в озере Могильное. Аномально высокое превышение наблюдается для кадмия. Накопление этих металлов может быть обусловлено фоновыми значениями, значительным поступлением с водосборной площади или с атмосферным переносом, а также может быть связано с аккумуляцией их некоторыми видами фитопланктона. Концентрирование меди, цинка, никеля и железа не наблюдается ни в одном из озер, т.е. в данном случае наблюдается рассеяние элементов по сравнению с их средним содержанием в земной коре.

О направленности процесса обмена тяжелыми металлами между донными отложениями и водой можно судить прежде всего по соотношению в них концентраций металлов. Поскольку содержания металлов в донных отложениях и воде выражаются различными способами, то характеристика существующих соотношений в абсолютных величинах невозможна.

Расчет кларков концентрации для поверхностной и придонной воды и донных отложений позволяет использовать относительные (безразмерные) величины. Для расчета кларков концентрации элементов в водной фазе было взято отношение среднего содержания элемента ( $\text{мг/дм}^3$ ) в исследуемом озере к среднему значению концентрации ( $\text{мг/дм}^3$ ) для вод зоны гипергенеза [14; 14-19] (рис. 4).

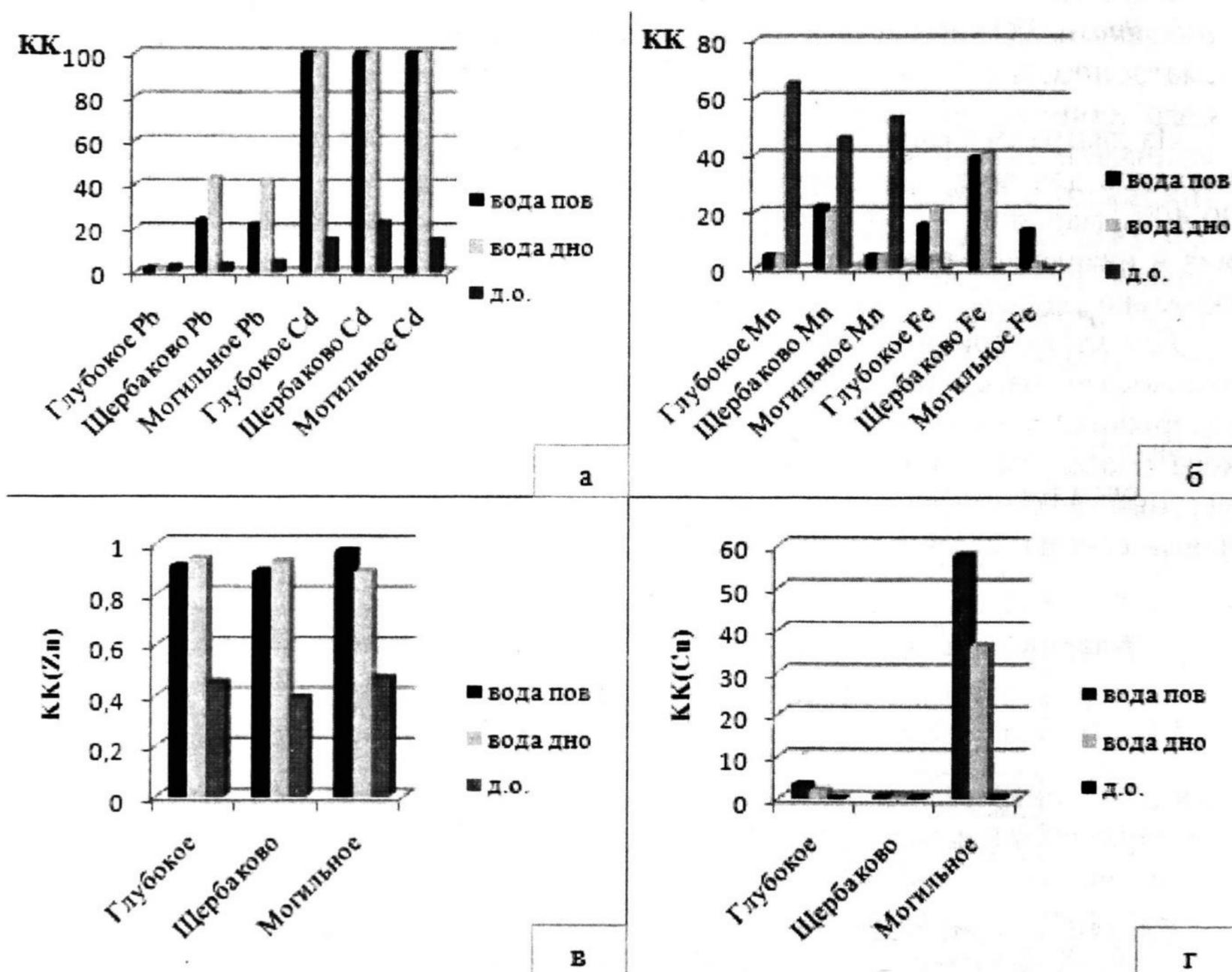


Рис. 4. Значение кларков концентрации для свинца и кадмия (а), железа и марганца (б) цинка (в), меди (г)

Из рис. 4а видно, что, несмотря на относительно высокое содержание кадмия в донных отложениях ( $\text{КК} \gg 1$ ), степень его концентрирования значительно выше КК в водной толще, причем значения КК для поверхностного и придонного слоя практически одинаковы. Несколько иная картина наблюдается с накоплением свинца: КК в донных отложениях относительно невысок, но при этом в озерах Щербаково и Могильное концентрирование свинца поч-

ти в 2 раза выше в придонном слое, а в озере Глубокое КК в донных отложениях выше, чем в поверхностной и придонной воде. Этот факт является настораживающим, т.к. может свидетельствовать о насыщении донных отложений этим металлом.

Накопления меди в донных отложениях не наблюдается ни в одном из исследуемых озер. Загрязнение медью всех озер (кроме оз. Щербаково) носит исключительно поверхностный характер (рис. 4б), что может свидетельствовать об антропогенном поступлении этого металла в воды с атмосферными осадками или с водосборной площади.

Таким образом, при эколого-санитарной оценке установили, что основной вклад в загрязнение водоемов вносят нитрат-ионы. По содержанию фосфат-ионов озеро Глубокое можно отнести к мезотрофному типу, а озера Щербаково и Могильное — к эвтрофным, что ограничивает их использование в культурно-бытовых и рыбохозяйственных целях. В водах всех исследованных озер концентрация меди, свинца и железа в несколько раз превышает значения ПДК для этих элементов. По содержанию цинка и марганца воды всех озер можно отнести к чистым. Индексы токсического загрязнения достаточно высоки во всех озерах, что доказывает необходимость принятия мер по очистке водной толщи от тяжелых металлов. Доля подвижных форм тяжелых металлов в донных отложениях от их общего содержания достаточно велика, что увеличивает их реальную токсичность.

Применение кларков концентрации позволило оценить степень концентрирования металлов в донных отложениях: во всех озерах происходит концентрирование свинца, кадмия и марганца и рассеяние меди, цинка, никеля и железа. Анализ вод и донных отложений, с использованием кларков концентрации, показал различие их соотношения в водной толще и на границе вода/донные отложения для исследованных элементов: степень концентрирования марганца во всех озерах значительно выше в донных отложениях, несколько выше концентрирование свинца в донных отложениях оз. Глубокое. Для остальных элементов концентрирование элементов протекает преимущественно в водной фазе, хотя в случае кадмия и цинка накопление в донных отложениях значительно, тем более что значительная их часть находится в подвижной фазе.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Никаноров А. М. Гидрохимия. Спб.: Гидрометеиздат, 2001. 289с.
2. Отчет о научно-исследовательской работе «Гидрохимический и гидрологический режим озер Армизонского, Сладковского, Казанского и Бердюжского районов». Росрыбхоз. СибрыбНИИпроект. Рук.темы В.И.Уварова. Тюмень, 1990.
3. Мероприятия по развитию озерного и прудового хозяйства в южной части Тюменской области. Характеристика озерного фонда // Фонды ВСНХ. Институт Гидрорыбпроект, объект №608. М., 1963. 140с.
4. Моисеенко Т.И. Методологические подходы к нормированию антропогенных нагрузок на водоемы Субарктики (на примере Кольского севера) // Проблемы химиче-

- ского и биологического мониторинга экологического состояния водных объектов Кольского севера: Сб. ст. под ред. Т.И. Моисеенко, Ф.Д. Яковлева. Апатиты, 1995. С. 7-23.
5. Катанаева В.Г., Алешина О.А., Ларина Н.С. Диагностика экологического состояния некоторых озер Викуловского района Тюменской области // Вестник ТюмГУ, 2004. № 3. С.32-38.
6. Катанаева В.Г., Ларина Н.С., Ларин С.И., Шевелева Т.В. Особенности гидрохимического режима озер подтаежного Приишимья // Вестник Тюменского государственного университета. 2004. №3. С. 175-183.
7. Ларина Н.С., Ткачева Л.В. Оценка химико-экологического состояния воды и донных отложений некоторых озер лесостепного Приишимья // Вестник КазНУ. Серия химическая. Алматы, 2007. №5(49). С.153-157.
8. Качество поверхностных вод РФ: ежегодник. Спб.: Гидрометеиздат, 2001. 64 с.
9. Перечень рыбохозяйственных нормативов: предельно допустимых концентраций (ПД) и ориентировочных безопасных уровней воздействия (ОБУВ) вредных веществ для воды водных объектов, имеющих рыбохозяйственное значение. М.: Изд-во ВНИРО, 1999. 304 с.
10. Попов А.Н., Гневашев М.Г., Браяловская В.Л., Пермьяков В.В. Оценка влияния донных отложений на качество воды водоемов (на примере Черноисточинского и Верх-Исетского водохранилищ) // Водное хозяйство России. 2003. Т. 5. № 2. С. 103-107.
11. Казмирук В.Д., Казмирук Т.Н., Бреховских В.Ф. Зарастающие водотоки и водоемы. М.: Наука, 2004.
12. Ладожское озеро: прошлое, настоящее, будущее / Под ред. В.А. Румянцева, В.Г.Драбковой. СПб.: Наука, 2002. 65 с.
13. Алексеенко В.А. Экологическая геохимия. М.: Логос, 2000. 627с.
14. Справочник по гидрохимии. Под ред. А.М. Никанорова. Л.: Гидрометеиздат, 1989. 391 с.
15. Денисова А.И., Нахшина Е.П., Новиков Б.П., Рябок А.К. Донные отложения водохранилищ и их влияние на качество воды. Киев: Наукова думка, 1987. 164 с.