

На правах рукописи

ЗИГАНШИН Ирек Ильгизарович

ДОННЫЕ ОТЛОЖЕНИЯ ОЗЕР РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН

25.00.23 – физическая география и биогеография,
география почв и геохимия ландшафта

АВТОРЕФЕРАТ

**диссертации на соискание ученой степени
кандидата географических наук**

Ярославль. - 2005

Работа выполнена в отделе биогеохимии Института экологии природных систем Академии наук Республики Татарстан

Научные
руководители:

доктор биологических наук
Яковлев Валерий Анатольевич

кандидат биологических наук
Иванов Дмитрий Владимирович

Официальные
оппоненты:

доктор географических наук
Даувальтер Владимир Андреевич

кандидат географических наук
Законцов Виктор Васильевич

Ведущая организация:

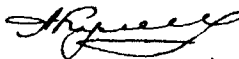
Чувашский государственный университет
им. И.Н. Ульянова (г. Чебоксары)

Защита диссертации состоится « 6 » декабря 2005 г. в 13 часов на заседании диссертационного совета К.212.307.07 при Ярославском государственном педагогическом университете по адресу: 150000, г.Ярославль, Которосльская наб., 44, ауд. 206.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Ярославского государственного педагогического университета.

Автореферат разослан « 5 » ноября 2005 г

Учёный секретарь диссертационного совета,
кандидат географических наук



А.В. Кулаков

2006-4
27902

2252749

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. Антропогенное воздействие окружающую среду в современных условиях продолжает усиливаться. Наиболее сильно подверженные прямому воздействию хозяйственной деятельности человека водные объекты, особенно малые озера, интенсивно деградируют. Их рациональное использование и организация особого режима охраны представляет собой актуальную задачу.

Обязательный компонент программ контроля состояния поверхностных вод - изучение донных отложений (ДО) (Forstner, Wittmann, 1983; Håkanson, 1984; Даувальтер, 1995). Озерные отложения могут быть положены в основу построения типологической классификации озер и разработки схемы лимнологического районирования.

Проведенные исследования озер Республики Татарстан (РТ) ограничиваются их морфометрическими, гидрохимическими и гидробиологическими показателями. При этом не изученным компонентом озерных экосистем РТ остаются ДО, хотя именно они объективно отражают совокупность биологических и физико-химических процессов, происходящих в водоеме и на водосборе, и позволяют судить о состоянии водных экосистем в целом.

Цель исследования заключалась в изучение физических и химических свойств ДО озер РТ на современном этапе их природно-антропогенной трансформации.

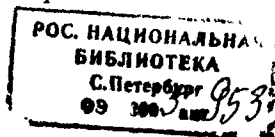
В соответствии с поставленной целью решали следующие задачи:

- 1) изучить основные факторы формирования, морфологию и типологию ДО озер с учетом их генезиса и географического положения;
- 2) определить скорость осадконакопления в озерах РТ;
- 3) дать характеристику физико-химических свойств, уровня накопления органического вещества (ОВ) и биогенных элементов в поверхностных и стратифицированных слоях осадков;
- 4) установить причинно-следственные связи содержания химических элементов в историческом интервале формирования озерных отложений;
- 5) определить геохимический фон тяжелых металлов (ТМ) и закономерности их пространственного распределения в ДО с учетом фациальных условий осадконакопления;
- 6) определить уровень загрязнения современных озерных отложений ТМ.

Научная новизна. Впервые осуществлено комплексное геохимическое исследование ДО более 100 разнотипных озер всех физико-географических районов РТ. Выявлены закономерности пространственной и вертикальной дифференциации физико-химических свойств ДО. Рассчитана средняя скорость осадконакопления в озерах РТ. Установлен региональный геохимический фон металлов и его вариабельность в фациальном спектре ДО. Показана геохимическая неоднородность в накоплении металлов ДО озер различных физико-географических зон.

Основные положения, выносимые на защиту:

1. Типология и физико-химическая характеристика современных ДО озер РТ.
2. Характер и темпы озерного осадконакопления и аккумуляции ОВ, биогенных элементов и ТМ в ДО озер РТ во временном интервале (1800-2000 гг.)
3. Геохимический фон ТМ (Cd, Pb, Cu, Co, Ni, Zn, Cr, Mn, Fe) в ДО озер.
4. Оценка уровня загрязнения современных ДО озер тяжелыми металлами.



Практическая значимость работы. Создана электронная база данных по ДО озер РТ как составная часть регионального фонового мониторинга водных объектов. Сведения представляют значительный интерес в плане оценки геохимического статуса озер и экологической ситуации в них. Материалы исследований вошли в кадастровую документацию на Государственные природные комплексные заказники республиканского значения «Спасский» и «Чистые луга» и используются в работе Министерства экологии и природных ресурсов РТ. Результаты исследования являются основой для осуществления экологических экспертиз, оценки воздействия на водные объекты, а также для принятия решений в сфере управления системой особо охраняемых природных территорий (ООПТ).

Связь темы диссертации с плановыми исследованиями. Работа выполнена в отделе биогеохимии Института экологии природных систем Академии наук РТ в соответствии темой НИР «Геохимия тяжелых металлов в аквальных ландшафтах Средней Волги».

Декларация личного участия автора. В основу работы положены исследования автора, проводившиеся в 1995-2005 гг. Научные разработки, определившие структуру и основные положения диссертации (анализ литературы по вопросам состояния, гидрологии, гидрохимии и другим аспектам использования и охраны озер), а также отбор проб ДО и воды, проведение их первичной обработки, морфометрические исследования озер, первичные гидрофизические и гидрохимические измерения на месте, а также химический анализ проб ДО выполнены автором самостоятельно.

Апробация. Основные положения диссертационной работы доложены на международных научных конференциях «Экология и рациональное природопользование на рубеже веков. Итоги и перспективы» (Томск, 2000), «Молодежь – науке будущего» (Набережные Челны, 2000), «Заповедное дело Роевси. принципы, проблемы, приоритеты» (Бахитова Поляна, 2003), «Экология и научный прогресс» (Пермь, 2003), «Экологические проблемы литорали равнинных водохранилищ» (Казань, 2004); «Современные проблемы водной токсикологии» (Борок, 2005); всероссийских научно-практических конференциях «Экологические проблемы промышленных регионов» (Екатеринбург, 2004), «Растительные ресурсы: опыт, проблемы и перспективы» (Бирск, 2005), региональных конференциях «Роль особо охраняемых природных территорий в сохранении биоразнообразия» (Чебоксары, 2000), научно-практической конференции молодых ученых и специалистов (Казань, 1996), научно-практической конференции «История, опыт работы и перспективы развития естественно-географического факультета» (Казань, 1998), II республиканской научно-практической конференции «Роль особо охраняемых природных территорий в сохранении биоразнообразия и социальном развитии регионов» (Казань, 2003), VI республиканской научной конференции «Актуальные экологические проблемы Республики Татарстан» (Казань, 2004).

Публикации. По материалам диссертации опубликована 21 работа.

Структура и объем диссертации. Диссертация изложена на 182 страницах машинописного текста, в том числе 27 рисунков и 29 таблиц. Состоит из введения, 5 глав, выводов, списка использованной литературы, включающего 345 источников, и том числе 84 иллюстрации.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность темы, сформулирована цель и задачи исследований, показана научная новизна и практическая значимость работы.

Глава 1. ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ РТ КАК ФАКТОРЫ ОЗЕРНОГО ОСАДКОНАКОПЛЕНИЯ

Формирование ДО в озерах происходит под влиянием физико-географических условий территории и тесно связано с общей эволюцией водоема и прилегающего ландшафта. На основе анализа литературных источников дана характеристика климата, геологического строения, рельефа и почвенного покрова, обуславливающие интенсивность современного озерного осадконакопления, по основным физико-географическим районам РТ (Предволжье, Предкамье, Закамье).

Глава 2. МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исходный материал для данной работы собран автором в ходе экспедиций по озерам РТ за период с 1995 по 2005 гг. (рис. 1). Полевыми исследованиями охвачено 102 озера, из которых 44 входят в систему ООПТ РТ. Для сравнительной характеристики пойменных озер проведено комплексное изучение 6 озер Присурского заповедника, Чувашская Республика (ЧР).

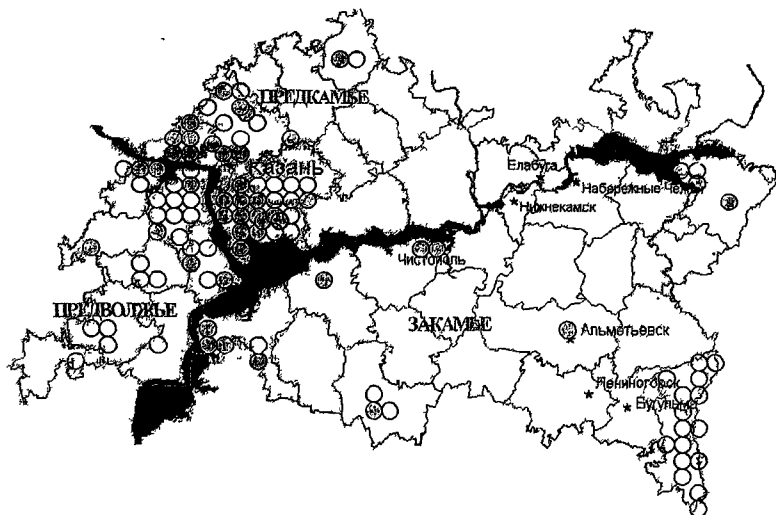


Рис. 1. Распределение изученных озер по территории РТ
(цветом выделены охраняемые озера)

Образцы поверхностных слоев ДО (0-10 см) отбирали дночерпателем Петерсена в соответствии с ГОСТ 17.1.5.01-80. Для изучения миграции вещества в системе водо-

сбор-озеро проводили отбор смешанных образцов поверхностных (0-20 см) горизонтов почв на учетных площадках методом конверта по ГОСТ 17.4.4.02-84.

Для изучения характера осадконакопления и распределения химических элементов по профилю ДО в наиболее глубоководных частях 25 озер трубкой ГОИН-15 были отобраны стратиграфические колонки мощностью до 120 см. Непосредственно после отбора проводили их морфологическое описание и разделение на равные 10-см слои. В ряде водоемов РТ проводили прямые измерения скорости осадконакопления с использованием «седиментационных ловушек».

В образцах ДО и почв были определены по стандартным методам следующие показатели: содержание общих форм ТМ кипячением в 5н HNO₃ (Методика ..., 1990); гранулометрический состав (ГМС) пипеточным методом (ГОСТ 12536-79); ОБ по величине потери при прокаливании (ППП) при t=550⁰C (USEPA, 1987; ИСО 10694:1995); формы азота: органический (валовый), легкогидролизуемый и нитратный (Аринушкина, 1961); фосфор валовый (ГОСТ 26261-84); рН водной вытяжки потенциометрически (ГОСТ 26423-85); сумма поглощенных оснований (ГОСТ 27821-88).

Отбор проб и химический анализ озерных вод проводили в соответствии с общепринятыми методами (Государственный контроль качества воды, 2003). Гидрохимические анализы выполнены в отделе биогеохимии ИнЭПС АН РТ.

Конечное определение содержания ТМ в пробах осуществляли методом атомной абсорбции на приборе ААС-3.

Статистическую обработку данных проводили с использованием пакета программ MS Excel 7.0 и Statistica 6.0.

Глава 3. ХАРАКТЕРИСТИКА ОЗЕР РТ

В главе на основании личных исследований автора и анализа литературных источников рассматриваются изученность, морфометрические, батиметрические, гидрохимические параметры и экологическое состояние озер РТ по гидробиологическим показателям.

На территории РТ распространены три *генетических типа озер*: карстовые, озер-старицы (пойменные) и искусственные. Преобладающим (около 70% озер) является пойменный тип (Озера Среднего Поволжья, 1976)

По *морфометрическим показателям* обследованные озера относятся к категории «малых», что объясняется, прежде всего, относительной древностью рельефа и хорошим развитием речной сети. Преобладают озера малой глубины (71 озеро), реже встречаются озера с большой (17 озер) и средней глубиной (14 озер). Большинство озер имеют площади водного зеркала от 1 до 20 га; объем воды в них варьирует от 0.10 до 0.50 млн. м³ (Зиганшин, 1996, 1998, 2004, 2005; Мошкова, 1997; Урбанова и др., 2000; Урбанова, Иванов и др., 2003). По преобладанию главных ионов в гидрохимическом спектре озерных вод РТ наиболее широко представлен гидрокарбонатно-кальциевый тип, менее распространены гидрокарбонатно-сульфатно-кальциевые и гидрокарбонатно-хлоридно-кальциевые воды. В основном озера характеризуются пониженными значениями рН (6.0-6.9); 30% из них имеют близкую к нейтральной либо слабощелочную реакцию среды (7.0-7.9).

По принадлежности к тому или иному классу качества вод обследованные озера можно распределить в три группы (Яковлев, Горшкова, Зиганшин и др., 2003): 1 группа – «чистые - умеренно загрязненные» воды (классы II-III), включает 28.6% водных объектов; 2 группа – «умеренно загрязненные» воды (класс III), к этой группе относится 50% обследованных водных объектов; 3 группа – «умеренно загрязненные-загрязненные - грязные» (классы III-Y), включает 21.4% озер. Индексы сапробности и показатели качества вод дают основание считать типичным для обследованных водных объектов β -мезосапробный или «умеренно загрязненный» класс качества вод.

Глава 4. ТИПОЛОГИЯ И ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ОЗЕР РТ

ДО озер формируются в результате сложного взаимодействия совокупности разнообразных процессов: климатических, гидрологических, механических, физических, химических, биологических и др., протекающих во времени как на водосборной площади, так и в самом озере. Наиболее важной характеристикой процесса формирования ДО является скорость осадконакопления: высота слоя осадков, накапливающихся в единицу времени на дне водоема ($\text{м}^3/\text{м}^2 \cdot \text{год}$ или $\text{м}/\text{год}$).

Определение скорости осадконакопления в озерах РТ базировалось на результатах собственных наблюдений, а также на фондовых и опубликованных (Законнов и др. 2003, Законнов, 2005; Ильин, 1998) материалах. Среднегодовая скорость современного осадконакопления в водоемах Средней Волги (озера и водохранилища) варьирует от 3 до 8 $\text{мм}/\text{год}$. По нашим данным, средняя скорость осадконакопления в водоемах РТ (озера, Карабашское водохранилище) составила 5 $\text{мм}/\text{год}$. Данная величина использована в дальнейших расчетах возраста стратифицированных слоев ДО, а также при характеристике временной изменчивости их физико-химических свойств и уровня аккумуляции ТМ. Расчеты показали, что за исторически обозримый период эволюции озер (1800-2000 гг.) был сформирован метровый слой отложений (в среднем 10 см за 20 лет).

Поверхностный (0-10 см) горизонт илов профундали озер РТ отличается жидкой консистенцией, иногда он представляет собой студнеобразную массу. Окраска его варьирует от светло-серой до черной в зависимости от содержания ОВ. Восстановительные процессы и низкие значения ОВП в современных глубоководных осадках некоторых озер определяют наличие в них восстановленного железа (Fe^{2+}), что придает илам характерный сизоватый оттенок. Сизоватые прослойки обнаружены в слоях отложений на глубине 50-70 см. Окраска поверхностных и стратифицированных слоев ДО различных генетических типов озер РТ определяется специфическими особенностями осадконакопления. В пойменных озерах, богатых ОВ, осадки обычно представлены однородными черными глинистыми илами с неясной слоистостью.

Для искусственных озер определяющим фактором окраски ДО выступает литологическая структура и ГМС слагающих котловину пород. При доминировании в составе ДО алевритовой фракции окраска варьирует от светло-серой до темно-серой, в зависимости от вклада органической составляющей. Глинистые илы искусственных озер обычно коричневого или бурого цвета. ДО профундали карстовых озер отличает тонкослоистая структура, чередование темноокрашенных слоев различной мощности

и оттенков. Особенно выражена слоистость при смене режима поступления взвешенных веществ

Содержание влаги в поверхностных слоях донных отложений профундали достигает 50-70% при объемной массе скелета 0.2-0.6 г/см³. С глубиной происходит постепенное уплотнение нижележащих слоев осадка, увеличивается их объемный вес

Современные ДО озер РТ характеризуются широким разнообразием *типов отложений* по ГМС и содержанию ОВ, представленных песками, илистыми песками, песчанистыми и серыми илами (табл. 1).

Таблица 1

Изменение ГМС различных типов ДО озер РТ (слой 0-10 см), %

Гранулометрические фракции, мм	Пески	Илистые пески	Песчанистые илы	Серые илы
1-0.25	11.5	7.2	2.3	0.8
0.25-0.05	80.1	57.7	29.5	9.2
0.05-0.01	6.9	21.9	39.0	30.0
0.01-0.005	0.3	3.0	6.5	13.8
0.005-0.001	1.8	3.0	7.6	20.2
<0.001	2.1	8.1	14.6	26.7
<0.01	2.3	13.5	28.7	60.0
<0.05	7.2	35.3	68.1	90.3
d_{cp} - мм	0.15	0.14	0.07	0.03

В распределении пелитовых частиц выделяются два диапазона и соответственно два пика содержания: от 0 до 35% (в среднем 15%) и от 35 до 90% (в среднем 65%). Подобная форма распределения отвечает известному механизму осадконакопления в зависимости от глубины водоема. Иными словами, определенные типы отложений приурочены к определенным интервалам глубин (Законнов, 1993, Мартынова, 1984). Для мелководной зоны озер, ограниченной 2-х метровой изобатой, типичны песчаные осадки с низким содержанием тонкодисперсных фракций (<20%), и только при наличии зарослей высшей водной растительности в пределах литорали наблюдается относительное накопление маломощного наилка. Средний диаметр частиц (d_{cp}) в литоральной зоне озер составляет 0.10 мм. Преобладающим типом ДО профундали озер являются серые илы с содержанием пелитовой фракции 60-70% ($d_{cp} = 0.02$ мм). Существенный вклад в дисперсное состояние ДО вносит ОВ аллохтонного (почвенный гумус) и автохтонного (фитопланктон, макрофиты) происхождения, что подтверждается наличием корреляционной зависимости между величиной ППП и содержанием частиц <0.01 мм (коэфф. корреляции Спирмена $r=0.58$, $p<0.05$).

По содержанию отдельных размерных групп частиц (песчаных, алевритовых, глинистых) осадки профундали озер Предкамья, Предволжья и Закамья не имеют статистических различий. Доля пелитовой фракции в этих отложениях составляет, соответственно, 60, 63 и 69%.

В сравнении с почвенным покровом водоразделов осадки литорали и особенно профундали озер обогащены глинистыми частицами. Если в почвах и ДО литорали отчетливо доминируют мелкопесчаные и крупноалевритовые фракции, то по мере увеличения глубины водоема на первое место выходят мелкоалевритовые и пелитовые частицы, содержание которых превышает 25%.

Анализ динамики содержания отдельных размерных фракций в ДО за период с 1800 по 2000 годы показывает (рис.2), что наиболее существенные изменения произошли с содержанием песчаной и крупноалевритовой фракций. Так, доля частиц диаметром 1-0,25 мм снизилась с 21% до 1-2%. Интересно, что столь резкое сокращение поступления в водоемы песчаных частиц произошло еще в 40-х годах XIX в., в последующие 150 лет их количество в составе ДО оставалось практически неизменным. Напротив, в содержании частиц 0,05-0,01 мм выражен отчетливый положительный тренд. Доля алевритов в ДО озер выросла с 25% в 1800 г до 35% в конце XX в. Определенные изменения затронули и тонкодисперсную часть ДО: начиная с 40-х годов XX в. на 7-8% снизилось содержание пелитовой фракции.

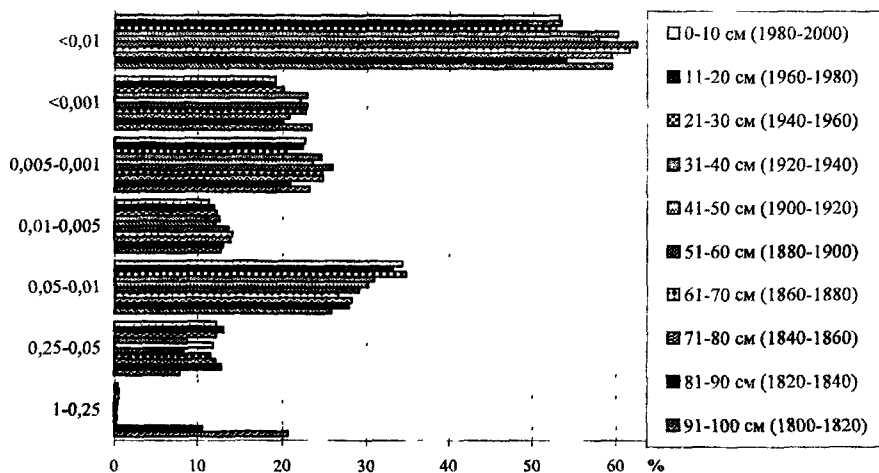


Рис. 2. Изменение ГМС стратифицированных колонок ДО профундали озер

* в скобках указано время образования соответствующего слоя, исходя из скорости осадконакопления 5 мм/год

Таким образом, характер и темпы озерной седиментации и осадконакопления за период с 1800 по 2000 гг. претерпели существенные изменения, связанные в первую очередь с антропогенным преобразованием природных ландшафтов, усилением эрозийных процессов на водосборах, а также с циклическими колебаниями климата и биологической продуктивности наземных и водных экосистем Волжско-Камского региона. Указанные изменения нашли свое отражение и в вещественном составе ДО.

Органическое вещество является важнейшим компонентом озерной седиментации. Современные ДО большинства изученных озер РТ (рис. 3) относятся к группе минеральных осадков: они содержат не более 12% ОВ, причем преобладают озера с низким содержанием органики (2-4%). По содержанию ОВ ДО профундали озер Предкамья (6.1%), Закамья (7.1%) и Предволжья (8.3%) РТ статистически не отличаются.

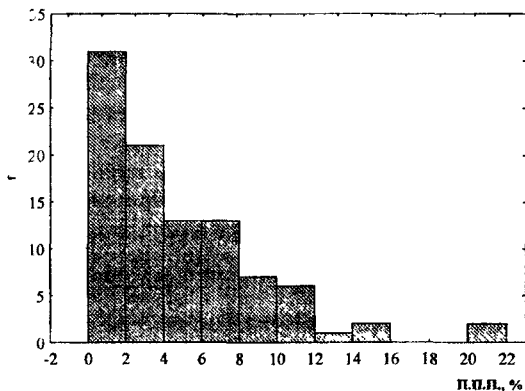


Рис 3. Гистограмма распределения ОВ в поверхностных слоях ДО озер РТ

Накопление и распределение ОВ в процессе механической сортировки частиц в системе водораздел-озеро и биогенного накопления в самом озере тесно связаны с ГМС ДО, т.е. определяются типом отложений. В этой связи закономерно увеличение концентрации ОВ в ряду пески (0.90%) – илистые пески (1 14%) – песчанистые илы (2.81%) – серые илы (5.74%).

Постоянно протекающие в озере процессы седиментации и осадконакопления приводят к погребению ранее образовавшихся слоев, их постепенному уплотнению и минерализации ОВ. Концентрации ОВ в отдельных стратифицированных слоях ДО дают возможность проследить геохимическую историю озера и его водосбора, а также судить, наряду с количественными данными о содержании азота и фосфора, о продуктивности водоема на разных стадиях его эволюции.

Пик содержания ОВ в ДО озер (8.5%) приходится на 1840-1880 гг. (рис 4) В 80-е годы XIX в. после крестьянской реформы произошло сокращение лесистости территории Казанской и Вятской губерний (нынешняя территория РТ) до 35%, тогда как в начале века лесистость составляла 51% (Цветков, 1950; Бойко, Новикова, 1996) Увеличение площади пахотных земель значимо отразилось на снижении общей биологической продуктивности наземных биоценозов и сокращении поступления ОВ из автономных в подчиненные аквальные ландшафты. Произошло значимое (в среднем на 2%) снижение органической составляющей ДО. В дальнейшем, начиная с 1880 г. и по настоящее время, характер аккумуляции ОВ в озерах существенно не менялся. Его концентрации в слое 0-50 см варьируют в пределах 5.2-6%.

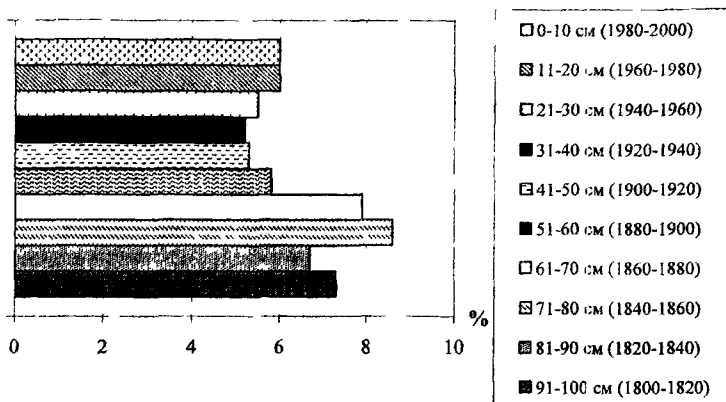


Рис. 4. Изменение содержания ОВ в стратифицированных колонках ДО

Валовое содержание *фосфора* в современных ДО озер обнаруживает значительный разброс значений, обусловленный неодинаковой антропогенной нагрузкой на их бассейны со стороны сельского хозяйства (табл.2), а также особенностями состава ОВ, интенсивностью его деструкции, обменными и сорбционными свойствами отложений. Вследствие эрозии вместе с гумусом и илстыми частицами в водоемы смыывается большое количество органических и минеральных форм фосфора

Таблица 2

Вариационно-статистические показатели содержания биогенных элементов в поверхностных и стратифицированных слоях ДО озер РТ

	M*	Me	Min	Max	δ	m	V, %
Поверхностные (0-10 см)							
N _{общ} *, %	0.22	0.19	0.01	0.81	0.16	0.02	73
P _{общ} , %	0.22	0.19	0.02	0.60	0.12	0.01	55
N _{лг} , мг/кг	15.5	8.9	1.4	52.9	14.8	2.2	95
N _н , мг/кг	11.7	6.8	0.8	55.2	10.8	1.8	92
P _{подв} , мг/100 г	6.5	6.1	0.6	16.6	3.8	0.6	58
Стратифицированные (20-100 см)							
N _{общ} , %	0.17	0.14	0.014	0.59	0.12	0.02	70
P _{общ} , %	0.23	0.21	0.018	0.73	0.11	0.02	48

* M – среднее арифметическое, Me – медиана, Min, Max – минимальное и максимальное значения,

δ – среднее квадратическое отклонение, m – ошибка среднего, V – коэффициент вариации

** N_{лг} – азот общий, N_{лг} – азот легкогидролизуемый, N_н – азот нитратный, P_{общ} – фосфор общий,

P_{подв} – фосфор подвижный

Наиболее активно происходит накопление фосфора в ДО озер Закамья (табл. 3). Здесь осадки имеют более тяжелый ГМС даже по сравнению с озерами Предволжья, водоразделы которых также сложены глинами и суглинками. Не исключено, что накопление фосфора в ДО озер Закамья и Предкамья является следствием больших объемов внесения фосфорных удобрений.

Содержание валовых форм азота и фосфора в ДО профундали озер РТ, %

	Предкамье	Предволжье	Закамье
Азот	0.20	0.27	0.19
Фосфор	0.21	0.15	0.36

Как и содержание ОВ, концентрации валового фосфора в ДО возрастают от песков (0.04%) к серым илам (0.22%).

Среди химических форм Р в донных отложениях наиболее подвижными являются фосфаты. Концентрация подвижных форм фосфора в ДО озер РТ в принципе невелика и свидетельствует об активных процессах фосфорного обмена между ДО и водой. Доля подвижного Р от общего содержания варьирует 0.5 до 10%, составляя в среднем 4%. Примерно в равных концентрациях он обнаруживается и в илистых песках литоральной зоны озер, и в глинистых илах профундали (табл.4). В то же время доля подвижного Р от его валового содержания падает от песков к илам, т.к. последние обладают способностью более прочно фиксировать лабильный фосфор.

Таблица 4

Подвижные формы азота и фосфора в ДО озер и водораздельных почвах Предкамья РТ

	Почвы	Литораль	Профундаль
Азот легкогидролизуемый, мг/кг	8.2	6.7	28.1
% от валового	1.4	1.4	1.4
Азот нитратный, мг/кг	10.3	12.1	10.7
Фосфор подвижный, мг/кг	7.4	5.9	7.4
% от валового	3.9	4.9	3.9

Пространственная динамика подвижного Р в сопряженном ряду геохимических ландшафтов (почвы-литораль-профундаль) свидетельствует об активной иммобилизации элемента в литоральной зоне озер. Активно протекающие здесь, благодаря окислительной обстановке, процессы минерализации органических соединений, поступающих с поверхностным стоком и продуцируемых в самом водоеме, способствуют растворению Р и вовлечению его в биогеохимический круговорот.

Известно, что развитие процесса эвтрофирования в озерах приводит к изменению соотношения основных потоков вещества. В результате доля биогенных веществ, накапливающихся в ДО, уменьшается, а вторичное их поступление в водную толщу, создающее внутреннюю биогенную нагрузку на водоем, возрастает. Анализ диаграммы изменения содержания $P_{\text{общ}}$ (рис.5) показывает, что за последние 50-60 лет темпы его аккумуляции в ДО озер РТ несколько снизились.

Гидрохимические данные указывают на стабильно высокие концентрации и загрязнении водных масс минеральными формами Р, являющиеся следствием усиления суммарной фосфорной нагрузки на водоемы. Ремобилизации Р из ДО и активному вовлечению его в водную миграцию способствует кислая реакция среды осадков, при которой апатитовый фосфор переходит из твердой фазы в раствор. Экстенсивное развитие сельскохозяйственного производства, непродуманное применение фосфорных удобрений, начиная с 50-х гг. XX в. привело к усилению эвтрофикации озерных экосистем РТ, росту внутренней биогенной нагрузки на водоем и снижению темпов аккумуляции фосфора в ДО.

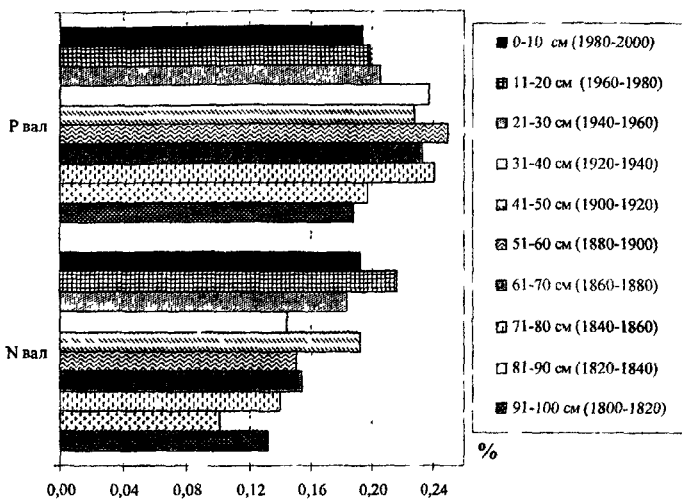


Рис. 5. Изменение содержания валовых форм азота и фосфора в стратифицированных колонках ДО профундали озер

Темпы накопления *азота* на дне водоема в значительной мере определяются величиной годового накопления *ОВ*. Содержание органического азота в ДО озер РТ отличается высокими показателями вариабельности (табл.2). Азот составляет примерно 1/20 часть от содержания в отложениях *ОВ*, что соответствует отношению *C/N* в почвах Волжско-Камской лесостепи (Почвы Татарии, 1962). Существенная дифференциация в содержании $N_{вал}$ отмечена для различных типов отложений: от 0.03% в песках до 0.14% в песчанистых илах и 0.25% в серых илах. Это связано с отмеченным выше ростом концентрации *ОВ* в зависимости от содержания пелитовых частиц.

В пространственном отношении повышенным содержанием *N* отличаются озера предволжской части республики (табл.3). Как и Закамье РТ, Предволжье – зона распространения черноземных почв с высоким природным содержанием гумуса и органического азота. Карсговым озерам Предволжья свойственна небольшая для этого гепетического типа средняя глубина (3-4 м) и в этой связи более высокий уровень трофности.

Автохтонное *ОВ* фитопланктона и высшей водной растительности озер содержит значительное количество легкогидролизуемых соединений азота. Поскольку основная масса тонкодисперсного *ОВ* аккумулируется в глубоководной части озер, то именно в илах профундали обнаруживается максимальное количество гидролизуемых форм *N* (табл.4). Концентрация их в осадках литорали примерно в 4 раза ниже. С другой стороны, в литоральной зоне несоизмеримо выше скорость минерализации поступающих сюда органических соединений. Доля $N_{лр}$ азота в осадках литорали и профундали от общего практически одинакова. Вероятно, состав и соотношение форм

ОВ (автохтонного и аллохтонного) в характерных лимнологических зонах также является идентичным. Отмеченную выше закономерность, в частности, подтверждает наличие высокой значимой корреляции между ОВ и содержанием легкогидролизуемых форм азота ($r=0.73$, $p<0.05$).

Как уже показано выше, литоральная зона озер преимущественно представлена слегка заиленными песками и песчанистыми илами. Так как песчаные доинные отложения аэрируются лучше, чем илистые, и нитрификация здесь идет энергичнее, то содержание нитратного азота здесь несколько выше, чем в профундали. В целом же абсолютное содержание нитратных форм азота в отложениях растет с увеличением доли валового азота в составе ОВ ($r=0.61$, $p<0.05$).

Вертикальное распределение валового азота в стратифицированных колонках ДО отличается от картины распределения фосфора (рис.5). Общий тренд изменений концентрации $N_{\text{вал}}$ направлен в сторону его увеличения в современных ДО. Наличие некоторых пиковых значений можно объяснить с исторических позиций. Например, период с 1900 по 1920 г. известен в России как этап реформирования сельского хозяйства, так называемая «стольпинская аграрная реформа». Существенное развитие в это время получили агрохимические приемы повышения урожайности, стала развиваться азотнотуковая промышленность. В некоторых озерах в слое 41-50 см, соответствующих данному периоду, содержание азота достигает 0.49% при средней концентрации 0.19%. После революции 1917 г. сельское хозяйство России пришло в упадок. Уничтожение частного аграрного сектора и насаждение колхозов и совхозов существенно подорвало плодородие почв, обеспеченность их азотом и отразилось на снижении темпов поступления и седиментации N в водоемах. Концентрации $N_{\text{орг}}$ снизились до 0.13%. В последующие 60 лет содержание азота стабильно возрастало при колебаниях от 0.18 до 0.22%. Этот период связан с массовым и зачастую непродуманным применением минеральных нитратных и аммиачных удобрений, без учета реальной потребности сельскохозяйственных культур и свойств почвы.

Среди факторов, определяющих миграционную активность и показатели накопления химических элементов и их соединений в ДО озер, были рассмотрены *кислотно-щелочные условия*. Окислительные илы, наиболее часто встречающиеся в аквальных ландшафтах озер РТ, включают кислые, нейтральные и слабощелочные разновидности. Доминируют кислые осадки с $pH=4.0-6.5$, 30% озер представлены нейтральными и слабощелочными отложениями ($pH=6.6-8.0$). Величина pH ДО определяется продукционными особенностями водоема и содержанием в них ОВ ($r=-0.51$, $p<0.05$), а также обменных оснований. Содержание последних в кислых илах профундали меняется от 18 до 25 мэкв/100г, а в щелочных ДО - от 30 до 42 мэкв/100г. Наиболее богат основаниями поглощающий комплекс илов глубоководных карстовых озер Высокогорского района (Голубые озера, Каракуль, Мочальное), котловины которых сложены карбонатными осадочными породами пермской системы.

Установлено снижение pH от почв водосбора (6.8) к осадкам литорали (6.6) и профундали (6.2) озер. Падение величины pH в глубоководной части озер происходит одновременно с накоплением кислых продуктов разложения ОВ

В стратифицированных колонках ДО профундали озер РТ реакция среды варьирует в диапазоне кислая (3.9) - слабощелочная (8.0) при среднем значении 5.3. Кривая распределения рН смещена влево, в сторону преобладания кислых осадков. Более древние озерные отложения, таким образом, более кислые. При сопоставлении диаграммы изменения рН с аналогичным графиком изменения концентрации органического вещества нельзя не заметить некоторое подобие. В частности, в слоях отложений, датируемых XX в. (0-50 см), реакция среды не претерпевала существенных изменений, варьируя от 5.0 до 5.2. Таким же ровным на протяжении последних ста лет было накопление в озерах ОВ.

Глава 5. ТЯЖЕЛЫЕ МЕТАЛЛЫ В ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ

Геохимическая структура ДО определяется вещественными и динамическими факторами. Первая группа факторов определяет региональный геохимический фон ТМ. Динамические факторы влияют на геохимическую дифференциацию вещества в период осадконакопления через механизмы гидродинамических, физико-химических и биогеохимических процессов. В этой связи в качестве приоритетных задач нами ставилось определение средних концентраций и геохимического фона металлов в ДО озер РТ, а также факторов, определяющих вариации микроэлементного состава литологических типов осадков в различных физико-географических районах РТ.

Форма статистического распределения ТМ в ДО озер отлична от нормальной. Кривые распределения ТМ имеют несколько пиков (Mn, Ni, Cu, Co, Pb), либо ассиметричны относительно центра распределения (Cr, Zn, Cd), что является характерным для четвертичных отложений и почв Русской равнины (Добровольский, 1983).

Вариабельность содержания ТМ в составе ДО определяется различиями обстановок седиментации и ландшафтно-геохимическими условиями в пределах их водосборов и в основном колеблется от 50 до 60% (табл. 5).

Таблица 5

Вариационно-статистические показатели валового содержания ТМ в ДО, мг/кг (n=90)

ТМ	M	Me	Min	Max	Нижний квартиль	Верхний квартиль	δ	m	V, %
Cd	1.26	1.15	0.18	4.95	0.63	1.68	0.86	0.10	33
Co	12.4	11.5	1.3	36.5	7.8	16.5	6.5	0.7	52
Pb	21.3	18.5	1.7	58.2	10.7	30.3	13.5	1.5	63
Cu	17.4	17.1	0.8	42.8	11.8	22.7	8.9	0.9	51
Ni	33.7	33.4	2.1	108.8	20.3	43.8	18.7	2.0	55
Zn	59.9	57.2	3.5	190.3	36.9	75.5	35.6	3.7	59
Cr	25.7	26.4	0.5	64.9	17.0	32.3	14.6	1.6	57
Mn	408.8	348.8	18.8	1543.0	206.0	586.8	283.9	29.8	69
Fe, %	1.95	1.54	0.07	5.15	0.85	2.95	1.33	0.14	68

* условные обозначения см. в таблице 2

Наименьшим разбросом значений отличается Cd, элемент с низким кларком. Напротив, более распространенные Mn и Fe, тиломорфные элементы аквальных ландшафтов, имеют в 2 раза больший размах вариации в ДО озер. Можно утверждать, что варьирование ТМ в составе ДО озер РТ есть функция их распространенности в

почвообразующих породах и почвах региона. Невысокое валовое содержание Ст объясняется тем, что данный элемент в основном присутствует в кристаллической решетке минералов и слабо экстрагируется из ДО даже сильными кислотами (за исключением HF).

Оценка содержания ТМ в ДО, основанная только на средних величинах, полученных для всей совокупности данных, не может являться объективной. Это связано с геохимической неоднородностью разнотипных отложений, представленных широким спектром гранулометрических разновидностей (литологическими фациями) от песков до глинистых илов. Сорбционная емкость последних на порядок выше, чем песчаных отложений, в связи с чем сравнение концентраций ТМ в разнотипных осадках с их средними концентрациями для всей территории РТ, по меньшей мере, некорректно. Для нивелирования фактора дисперсности был произведен расчет средних концентраций ТМ в фациальных типах ДО (табл.6). Для всех ТМ, но в разной степени, выражен рост концентраций от песчаных отложений к илистым. Каждому ТМ присуща определенная геохимическая контрастность, связанная с обогащенностью отложений глинистым материалом, а также химическими свойствами элемента. Ранжированный ряд по соотношению концентраций ТМ в серых илах и песках выглядит следующим образом: Pb, Co, Fe (3) - Cd (5) - Cr, Ni, Mn (6) - Zn (8) - Cu (10). Как геохимические индикаторы условий седиментогенеза наиболее ярко проявляют себя два металла - Cu и Zn. Установлено (Иванов, 1997; Иванов, Григорьян, Фасхутдинова, 2002 и др.), что в аллювиальных осадках супераквальных и аквальных ландшафтов Куйбышевского и Нижнекамского водохранилищ, а также малых рек РТ медь проявляет аналогичные индикаторные свойства.

Таблица 6

ТМ в фациальных типах отложений озер, мг/кг				
ТМ	Пески	Илистые пески	Песчанистые илы	Серые илы
Cd	0.25	0.48	0.58	1.33
Pb	9.8	7.7	13.1	26.2
Co	4.4	5.1	7.7	14.5
Cu	2.7	5.9	10.7	20.3
Ni	6.5	13.2	21.2	42.4
Zn	8.7	19.9	34.5	70.3
Cr	4.6	5.6	16.0	28.3
Mn	76.1	188.5	191.1	440.5
Fe, %	0.67	0.56	0.82	2.19

Наличие описанной связи ТМ-ГМС подтверждается корреляционным анализом. До 60% вариабельности Cu, Ni и Zn обусловлено колебаниями тонкодисперсной части ДО. Для других металлов коэффициент детерминации варьировал от 20 до 50%. Наиболее слабые связи с тонкими фракциями отложений обнаруживает Cd.

ДО литоральной зоны озер, представленные слабозаиленными песками с низким содержанием ОВ, обладают низкой информационной емкостью при изучении геохимических потоков ТМ аквальных и сопряженных ландшафтах, а концентрации в них ТМ слабо дифференцированы (табл.7).

Содержание ТМ в ДО озер физико-географических районов РТ, мг/кг

ТМ	Зона озера	Предкамье	Предволжье	Закамье
Cd	литораль	0.70	- *	0.75
	профундаль	1.31	1.75	1.42
Pb	литораль	4.4	-	9.7
	профундаль	17.4	38.0	24.5
Co	литораль	3.0	-	3.4
	профундаль	9.4	17.5	18.1
Cu	литораль	5.0	-	6.0
	профундаль	13.2	28.9	27.1
Ni	литораль	7.7	-	11.9
	профундаль	24.3	52.0	55.6
Zn	литораль	20.6	-	20.8
	профундаль	453	119.9	94.2
Cr	литораль	10.6	-	12.9
	профундаль	24.2	37.9	26.4
Mn	литораль	118.5	-	191.8
	профундаль	335.1	699.5	835.1
Fe, %	литораль	1.74	-	0.84
	профундаль	2.88	3.50	3.73

* прочерк означает отсутствие данных

Основной пул металлов несут ДО профундали: в илах предволжских озер относительно накапливаются Pb, Zn и Cr; в озерах Закамья – Ni, Mn и Fe. По отношению к озерам Предкамья здесь аккумулируется почти в 1.5-2 раза больше ТМ. При ближайшем рассмотрении оказывается, что и на эти, на первый взгляд, исключительно пространственно определенные геохимические отличия, накладывается фактор дисперсности. Так, среднее содержание пелитовой фракции в илах профундали озер Предкамья 42%, Предволжья и Закамья – примерно в 1.5 раза выше, 63 и 69%, соответственно.

Требует отдельного изучения повышенная концентрация Zn в озерных отложениях предволжской и закамской части РТ. Анализ немногочисленных опубликованных данных дает основание предположить, что аномальные концентрации Zn в ДО являются, особенностью данной геохимической провинции, а не следствием загрязнения. В частности, на это указывают результаты исследований илистых отложений рек Предкамья и Предволжья, концентрации ТМ в которых достаточно близки к озерным отложениям аналогичного ГМС (Иванов, Законнов, Маланин, 2003).

Использование кларков концентрации металлов позволило установить особенности распределения металлов в геохимических ландшафтах природных районов республики. В ДО озер (рис. 6) аккумулируются металлы-халькофилы Cd (K_k 4.2-5.8), Cu (1.6-2.7), Pb (K_k 1.2-1.9) и Zn (K_k 0.8-1.6). На уровне кларков литосферы находятся концентрации в ДО Fe и Mn (K_k =1-1.1). Элементы семейства железа (Co, Ni, Cr) обнаруживают относительное рассеивание в составе ДО всех географических зон РТ.

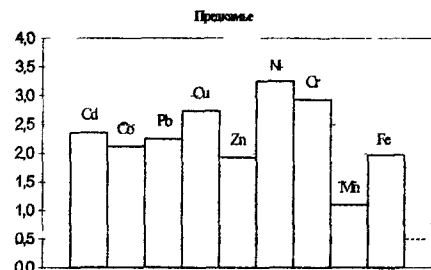
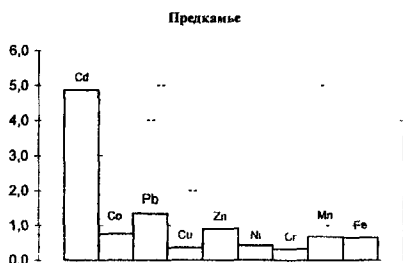
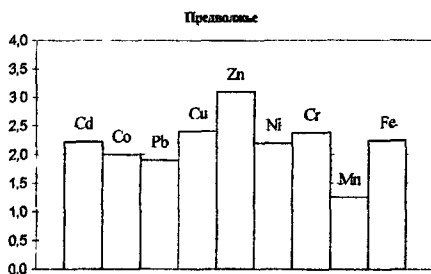
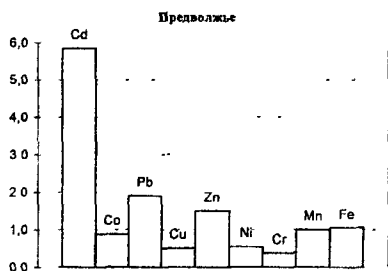
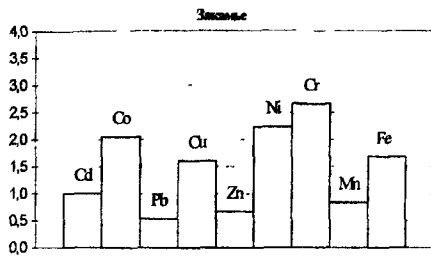
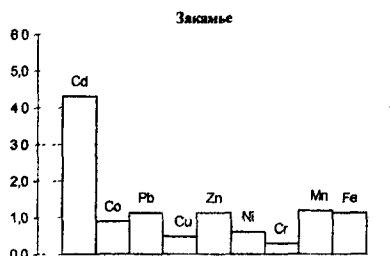


Рис. 6. Кларки концентрации ТМ в ДО профундали озер РТ

Рис. 7. Коэффициенты накопления ТМ в ДО профундали озер РТ

С позиций геохимии ландшафта система водосбор-озеро представляет собой местный ландшафт – сочетание нескольких или многих ландшафтных звеньев, каждое из которых выступает как совокупность географических фаций, сменяющих друг друга по элементам рельефа и связанных миграцией вещества в твердом или жидком виде (Глазовская, 1964). Контрастность миграции ТМ в системе водосбор-озеро может быть выражена через коэффициенты накопления (K_n) того или иного элемента в профундали озер по отношению к его концентрации в поверхностном горизонте почв геохимически сопряженного автономного ландшафта. Судя по полученным коэффициентам (рис. 7), в *Предкамье* отмечается вынос практически всех ТМ (за исключением Mn) с поверхностным и внутрпочвенным стоком и их аккумуляция в глубоководной зоне озер. Коэффициенты концентрации здесь варьируют от 1.9 (Zn) до 3.3

(Ni). В Предволжье на первое место по накоплению в илах профундали выходит Zn ($K_n=3.1$), а миграционная активность остальных металлов остается на прежнем уровне. Соотношение интенсивности миграции металлов в системе водосбор – озеро в закамской части республики резко меняется. K, Cd, Pb и Zn в ДО профундали меньше или равны 1. Около 30% анализируемой выборки – пойменные озера, геохимические процессы поступления и миграции вещества в которых существенным образом отличны от карстовых и искусственных озер водоразделов.

В ДО озер выявлены тесные парагенетические ассоциации ТМ, обусловленные общностью их геохимических свойств. В поверхностных слоях отложений наблюдается совместное накопление халькофилов Cd, Cu, Pb, Zn ($r=0.41-0.87$, $p<0.05$), а также сидерофилов Co, Ni ($r=0.78$, $p<0.05$). К последним обычно причисляют литофильные Cr и Mn, элементы группы железа. Оксиды и гидроксиды Fe и Mn являются активными сорбентами микроэлементов из водной толщи. Вместе с ними в донных отложениях ассоциируются все изученные металлы ($r=0.41-0.76$, $p<0.05$).

Определение фоновых природных концентраций ТМ в ДО озер РТ базировалось на установлении т.н. «доиндустриального уровня» содержания элемента в наиболее глубоких слоях стратифицированных колонок седиментов (Forstner, 1977; Håkanson, 1980; Даувальтер, 1994, 1999).

Для определения геохимического фона металлов в ДО статистической обработке были подвергнуты результаты определения концентраций ТМ в колонках отложений, отобранных в глубоководной части 18 озер. В качестве маркерного «доиндустриального» слоя отложений был принят слой 91-100 см, датированный началом XIX в.

Распределение Cd, Co, Cu, Pb, Cr, Ni в стратифицированных слоях ДО (рис. 8) не имеет четко обозначенных минимумов и пиков концентраций. Небольшие колебания вызваны в основном гидродинамическими факторами, влияющими на течение процессов седиментации и сортировки частиц. Относительное накопление глинистых или песчаных фракций в составе отложений (рис. 2) отразилось на общем уровне в них металлов. Иная картина вертикального распределения в колонке отложений была получена для Zn. Его общее содержание выросло в среднем с 80 до 103 мг/кг.

По сравнению с современными отложениями, в стратифицированных слоях ДО отсутствовала значимая положительная корреляция содержания ТМ с тонкодисперсными частицами (рис.9), что противоречит известным представлениям о роли фактора дисперсности осадка в формировании геохимического фона. Предполагается, что здесь имеет место диагенетическое преобразование осадочных толщ ДО, направленное на «гомогенизацию» их микроэлементного состава. Более кислая реакция древних отложений способствует иммобилизации обменных форм ТМ из глинистой составляющей, а также образованию подвижных форм закисного Fe. Являясь активным сорбентом ТМ, гидроксиды Fe могут образовывать поверхностные пленки на элементарных частицах и оформленные новообразования в составе ДО, пивелируя, тем самым, ведущую роль глинистых минералов.

На основании статистической обработки (табл.8) с учетом показателей вариативности предлагается в качестве фоновых концентраций ТМ (общие формы, экстрагируемые 5н HNO_3) в илистых донных отложениях озер РТ рассматривать их средние арифметические значения в слое 91-100 см: Cd 2, Pb 29, Cu 25, Co 18, Ni 48, Zn 84, Cr 33, Mn 648 мг/кг.

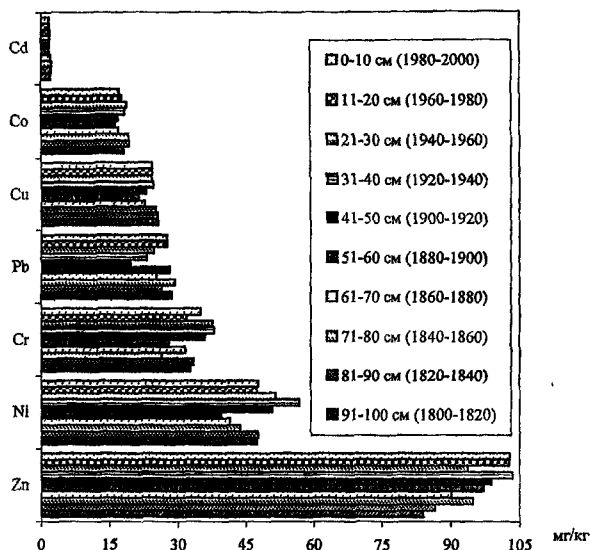


Рис. 8. Изменение содержание ТМ в стратифицированных слоях ДО озер РТ

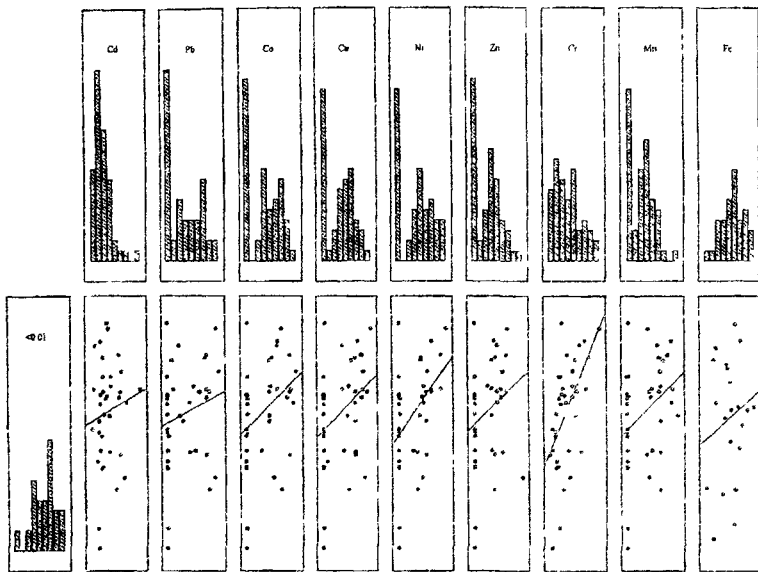
Таблица 8

Вариационно-статистические показатели содержания металлов в слое 90-100 см донных отложений озер РТ, мг/кг

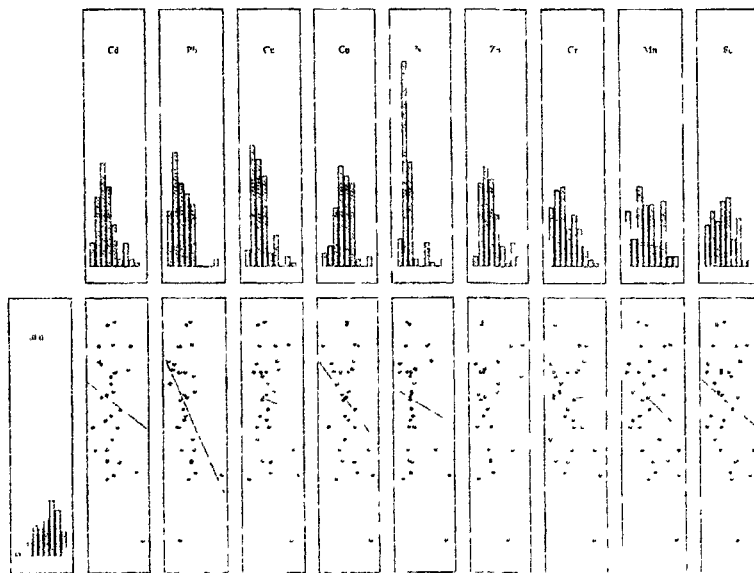
ТМ	M	Me	min	max	δ	m	V, %
Cd	2.1	1.7	1.4	3.5	0.8	0.3	38
Pb	28.8	31.6	9.9	44.2	13.6	5.6	47
Cu	25.7	24.5	21.5	35.2	5.1	2.1	20
Co	18.1	19.8	8.4	23.4	5.5	2.2	30
Ni	47.5	49.7	34.5	58.6	9.3	3.8	20
Zn	84.1	86.4	65.0	102.1	14.7	6.0	18
Cr	32.7	24.5	12.0	62.2	21.1	8.6	64
Mn	648.2	740.8	238.5	870.3	261.6	106.8	40
Fe	29392	27056	20250	44463	8192	3344	28

Условные обозначения см. в таблице 2

Сравнение современных концентраций ТМ в ДО с фоновыми показало отсутствие значимых превышений по всем изученным элементам. Аномальные концентрации ТМ обнаружены лишь в 6 образцах современных ДО: Pb – оз. Провальное (коэффициент концентрации K_k над фоном 2.5); Cd – оз. Кара-Куль (2.5), Ni – оз. Лебяжье (1.5), Cr – оз. Черное (1.5), Ковалинское (2.0), Cu – оз. Мочальное (1.5). По классификации Хокансона (Håkanson, 1980) ДО характеризуются умеренной степенью загрязнения конкретным металлом ($1 < K_k < 3$). С учетом сравнительно невысокой контрастности указанные аномалии могут носить как природный, так и техногенный характер.



A



B

Рис. 9. Гистограммы распределения и корреляционный спектр со содержания ГМ и пяти основных фракций (< 0.01 мм) в современных (А) и стратифицированных (В) 10

ВЫВОДЫ

1. По результатам проведенных исследований установлено, что морфологические признаки и литологическая структура ДО озер РТ определяется их генетической принадлежностью, строением озерной котловины и продукционными характеристиками водоема. Современные ДО озер РТ характеризуются широким разнообразием типов отложений по гранулометрическому составу и содержанию ОВ. Литоральная зона озер обычно представлена илистыми песками и песчанистыми илами, профундаль покрыта мощным чехлом глинисто-илистых осадков. Литологическая структура отложений, пространственно приуроченных к определенным батиметрическим элементам озерной котловины, имеет однотипный характер во всех физико-географических районах РТ.

2. Скорость накопления ДО в разнотипных водоемах РТ (озера, водохранилища) варьирует от 3 до 8 мм/год и в среднем составляет 5 мм/год. Характер и темпы озерной седиментации и осадконакопления за период с 1800 по 2000 гг. претерпели существенные изменения, вызванные антропогенным преобразованием природных ландшафтов, усилением эрозийных процессов на водосборах, а также циклическими колебаниями климата и биологической продуктивности наземных и водных экосистем Волжско-Камского региона.

3. Аккумуляция ОВ определяется типом отложений и увеличивается в ряду пески (0.90%) – илистые пески (1.14%) – песчанистые илы (2.81%) – серые илы (5.74%). Высокий уровень современной аккумуляции соединений азота (0.22%) и фосфора (0.22%) в осадках обусловлен стабильным ростом биогенной нагрузки и способствует повышению трофического статуса озер.

4. Ландшафтно-геохимическая дифференциация кислотно-щелочных условий определила преимущественно кислый (рН 4-6.5) характер ДО профундали, а также близкую к нейтральной реакцию среды осадков литорали и водораздельных почв. В условиях кислой среды отмечен рост геохимической подвижности металлов и биогенных элементов в современных и стратифицированных осадках.

5. Фоновое распределение ТМ в современных ДО определяется их фациальной принадлежностью, а также геохимическими особенностями водосборного бассейна. Доиндустриальные фоновые концентрации ТМ (общие формы) в озерных отложениях РТ составили в среднем: Cd 2, Co 18, Pb 29, Cu 25, Ni 48, Zn 84, Cr 33, Mn 648 мг/кг. Диагенетическое преобразование осадочной толщи способствует сглаживанию латеральной геохимической дифференциации микроэлементного состава отложений и ведет к нивелированию вклада глинисто-илистой компоненты в уровень накопления ТМ.

6. Геохимические ландшафты РТ отличаются повышенным (относительно кларка литосферы) накоплением ТМ-халькофилов (Cd, Pb, Zn), элементы семейства железа находятся в рассеянном состоянии ($K_k < 1$). В системе сопряженных ландшафтов различных физико-географических зон РТ основной пул металлов сосредоточен в тонкодисперсной составляющей илистых отложений аквальных систем профундали. Установлены маркерные функции меди как геохимического индикатора условий осадконакопления. Выявленные слабоконтрастные аномалии ТМ в ДО некоторых озер РТ могут носить как природный, так и техногенный характер.

Список опубликованных работ по теме диссертации

1. Зиганшин И.И. Об изменениях морфологических характеристик и экологического состояния озера Ковалинское / И.И. Зиганшин, И.А. Уразметов, В.М. Карпов // Тезисы докл. II республик. науч.-техн. конф. молодых ученых и специалистов - Казань, 1996. - Кн.1. - С. 62.
2. Зиганшин И.И. Изменение морфологических характеристик и экологического состояния озера Ковалинское под воздействием антропогенной нагрузки / И.И. Зиганшин // История, опыт работы и перспективы развития ЕГФ / Материалы науч. - практ. конф. - Казань, 1998. - Ч.П. - С.104-105.
3. Яковлев В.А. Предварительные итоги исследования озер охранной зоны государственного природного заповедника «Присурский» и взгляды на организацию биологического мониторинга / В.А. Яковлев, Д.В. Иванов, И.И. Зиганшин // Роль особо охраняемых природных территории в сохранении биоразнообразия / Материалы науч. -практ. конф. - Чебоксары - Казань, 2000. - С. 104-111.
4. Яковлев В.А. Биоразнообразие и гидробиологические особенности озер охраняемой зоны государственного природного заповедника «Присурский» в зимний период / В.А. Яковлев, Д.В.Иванов, Т.А.Кондратьева, И.И. Зиганшин, Л.Ю. Халиуллина, А.Н. Салахутдинов, Д.В. Амосов // Роль особо охраняемых природных территории в сохранении биоразнообразия / Материалы науч.-практ. конф. - Чебоксары - Казань, 2000. С. -245-249.
5. Зиганшин И.И. Изучение эколого-гидрохимического режима озер Присурья / И.И. Зиганшин // Молодежь – науке будущего / Тезисы докл. междунар. науч. конф. - Набережные Челны, 2000. - С.31-32.
6. Иванов Д.В. Тяжелые металлы в донных отложениях охраняемых озер Республики Татарстан / Д.В. Иванов, И.И. Зиганшин, Д.Г. Аминова, Э.Е. Паймикина // Экология и рациональное природопользование на рубеже веков. Итоги и перспективы / Материалы междунар. конф. - Томск, 2000. - Т. I. - С 110-111.
7. Зиганшин И.И. Предварительные итоги исследования экологического состояния озер заповедника «Присурский» / И.И. Зиганшин // Экология и рациональное природопользование на рубеже веков. Итоги и перспективы / Материалы междунар. конф. - Томск, 2000. - Т. III. - С. 33-35.
8. Зиганшин И.И. Химический состав воды и донных отложений пойменных озер охранной зоны государственного природного заповедника «Присурский» / И.И. Зиганшин, Д.В. Иванов // Роль особо охраняемых природных территории в сохранении биоразнообразия и социальном развитии регионов / Материалы II республик. науч.-практ. конф. - Казань, 2003. - С.164-165.
9. Зиганшин И.И. Тяжелые металлы в донных отложениях охраняемых озер Республики Татарстан / И.И.Зиганшин, Д.В. Иванов // Роль особо охраняемых природных территории в сохранении биоразнообразия и социальном развитии регионов / Материалы II республик. науч.-практ. конф.- Казань, 2003.- С 166-168
10. Яковлев В.А. Экологические проблемы охраняемых водных объектов Республики Татарстан / В.А. Яковлев, А.Т. Горшкова, И.И. Зиганшин, Д.В. Иванов, Т.А. Кондратьева, Л.Ю. Халиуллина // Заповедное дело России: принципы, проблемы, приоритеты / Материалы междунар. науч. конф. - Бахилова Поляна. 2003 - Т.2 - С.507-510.
11. Зиганшин И.И. Донные отложения охраняемых озер Республики Татарстан и Чувашской Республики / И.И. Зиганшин // Экология и научный прогресс / Материалы второй междунар. науч. - практ. конф. - Пермь. 2003 - С 56-59

12 Яковлев В.А. Экологические особенности зернохранилищ государственного природного заповедника «Приурский» (Чувашская Республика) / В.А.Яковлев, Д.В. Иванов, М.Г. Борисович, И.И. Зиганшин, Т.А. Кондратьева, Л.Ю. Халиуллина // Вестник ГО РЭА.- 2003.- № 2(16).- С.40-45.

13. Иванов Д.В. Определение фоновых концентраций тяжелых металлов донных отложениях озер Республики Татарстан / Д.В.Иванов, И.И.Зиганшин // Экологические проблемы промышленных регионов / Материалы всеросс. науч.-практ. конф. - Екатеринбург, 2004. С. 174-175.

14. Зиганшин И.И. Территориальное размещение и морфометрическая характеристика охраняемых озер Республики Татарстан / И.И. Зиганшин // Экологические проблемы литорали равнинных водохранилищ / Материалы международной науч.-практ. конф. – Казань: Отечество, 2004. – С.33-35.

15. Зиганшин И.И. Тяжелые металлы в гранулометрических фракциях донных отложений озер Республики Татарстан / И.И. Зиганшин, Д.В. Иванов // Актуальные экологические проблемы Республики Татарстан/ Тезисы докл. VI республ. науч. конф. – Казань: Отечество, 2004. – С. 92.

16. Зиганшин И.И. Озера-памятники природы Закамья Республики Татарстан / И.И. Зиганшин // Влияние древней цивилизации Казани на развитие современного города: проблема преемственности / Тез. докл. науч.-практ. конф. – Казань: Отечество, 2005. – С. 68-69.

17. Зиганшин И.И. Тяжелые металлы в макрофитах озер Республики Татарстан / И.И. Зиганшин // Растительные ресурсы: опыт, проблемы и перспективы / Материалы всеросс. науч.-практ. конф. - Бирск, 2005. - С. 100-101.

18. Зиганшин И.И. Геохимический состав донных отложений озер – памятников природы Республики Татарстан / И.И. Зиганшин, Д.В. Иванов // Роль молодежи в решении экологических проблем России / Материалы науч. -практ. конф. – Чебоксары, 2005.- С.32-38.

19. Зиганшин И.И. Гидрохимический режим охраняемых озер Республики Татарстан / И.И. Зиганшин // Роль молодежи в решении экологических проблем России / Материалы науч. -практ. конф.– Чебоксары, 2005. – С. 29-32.

20. Зиганшин И.И. Фоновое содержание металлов в донных отложениях озер Республики Татарстан / И.И. Зиганшин, Д.В. Иванов // Современные проблемы водной токсикологии / Тез. докл. междунар. конф. - Борок, 2005. – С. 53-54.

21. Ziganshin I.I. The background metals contents in lakes sediments of Tatarstan Republic / I.I. Ziganshin, D V. Ivanov // Modern problems of aquatic toxicology/ Abstracts international workshop – Borok, 2005.– P. 154 - 155.

РНБ Русский фонд

2006-4
27902

подписано в печать 05.11.2005 г.

Формат 60 x 84 1/16

Гарнитура Times New Roman, печ. л. 1.5

Заказ № 645 Тираж 100 экз

Отпечатано с готового оригинал-макета

в типографии ООО Типография «Образовательные технологии».

г. Казань, ул. Пр. Ямалева 104, к. 2

тел. 294-73-68