

# ВЗАИМОСВЯЗЬ ВЕЩЕСТВЕННОГО СОСТАВА ОЗЕРНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ И АНТРОПОГЕННОГО ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ПРИРОДНЫХ ЛАНДШАФТОВ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН

**Д.В. Иванов, Р.Р. Шагидуллин, И.И. Зиганшин,  
Е.В. Осмелкин**

**Институт проблем экологии и недропользования Академии наук  
Республики Татарстан, г. Казань  
Чувашский государственный университет, г. Чебоксары**

Среди природных объектов наиболее чувствительными к воздействию человеческой деятельности являются водные объекты, и в частности озера. Во второй половине XX в. процессы деградации озерных экосистем в Республике Татарстан (РТ) существенно ускорились, что привело к исчезновению более 2000 озер. Так, землеустроительные планы, составленные по материалам аэрофотосъемки 1957 — 1959 гг., содержали сведения по 10833 озерам. В "Кадастре озер ТАССР" 1969 г. зафиксировано 9762 озера, а к 1997 г. в республике насчитывалось 8111 озер [1]. Наряду с антропогенным эвтрофированием в число ведущих факторов деградации озер входит заиление — поступление взвешенного материала и накопление донных отложений в ложе водоема.

Определение характеристик седиментации для современных отложений обычно выполняется путем натуральных наблюдений на водоеме, посредством определения количества приносимого в них поверхностным стоком терригенного материала и баланса продукционно-деструкционных

процессов с помощью осадкоуловителей — "седиментационных ловушек".

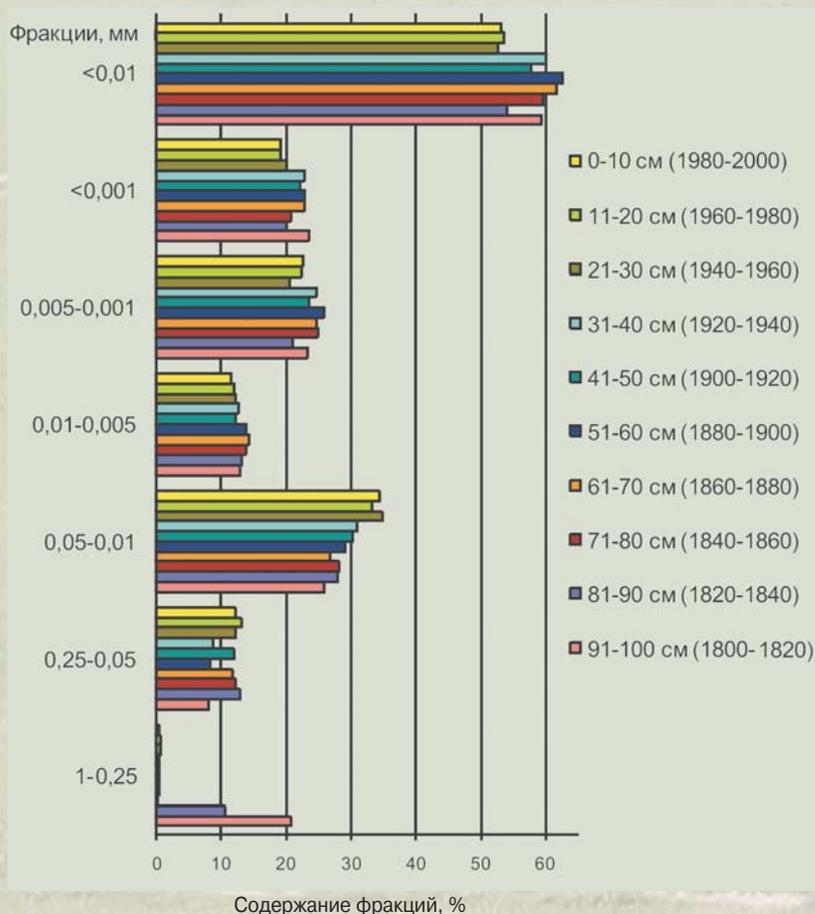
Натурные исследования, проведенные в 1999 — 2009 гг., сочетали стратиграфический и седиментационный методы, что позволило с довольно высокой степенью достоверности оценить среднюю скорость осадконакопления в озерах и искусственных прудах на территории РТ. В зависимости от природных условий на водосборе озер (особенности почв и пород, степени залесенности и распаханности территории и др.) наблюдаемые вариации скорости накопления донных отложений составили 0,1 — 20 мм/год, а при "катастрофическом" заилении (оз. Глубокое, Казань) — до 50 мм/год. Средняя скорость накопления озерных отложений на территории РТ оценивается в 5 мм/год [2]. Указанная величина сопоставима с аккумуляцией донных отложений в водохранилищах Средней Волги — 4 мм/год [3].

С целью выяснения характера временных изменений показателей осадконакопления и физико-химических свойств озерных отложений различных

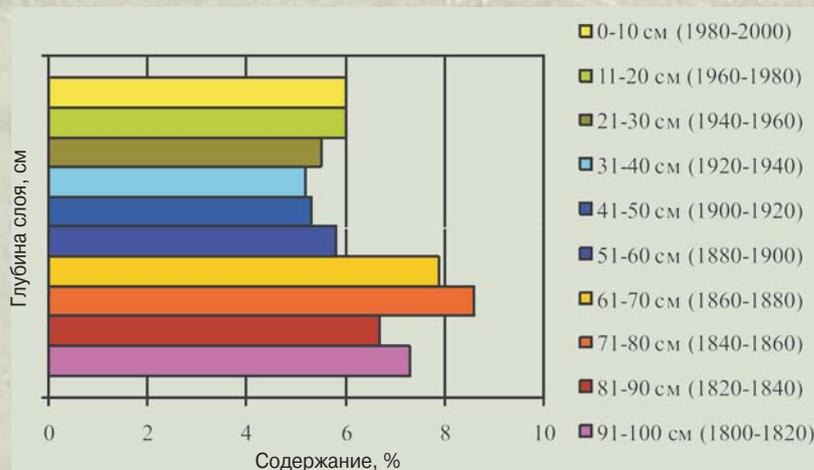
физико-географических зон РТ были отобраны стратиграфические колонки в профундали 25 озер трубкой ГОИН. Вне зависимости от морфологического строения их разделили на равные слои мощностью 10 см. С учетом средней скорости осадконакопления метровый слой отложений характеризует 200-летний исторический период эволюции озер.

Характер и темпы озерной седиментации и осадконакопления с 1800 по 2000 гг. претерпели существенные изменения, связанные в первую очередь с антропогенным преобразованием природных ландшафтов, сведением лесов и распашкой земель, 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 отложений.

Анализ динамики отдельных гранулометрических фракций в составе донных отложений за период 1800 — 2000 гг. показал наличие устойчивых трендов в содержании крупнопесчаных и крупноалевритовых частиц



**Рис. 1.** Изменение гранулометрического состава в стратиграфических колонках донных отложений озер РТ (в скобках указан период образования (годы) соответствующего слоя отложений при средней скорости осадконакопления 5 мм/год)



**Рис. 2.** Содержание органического вещества в стратиграфических колонках донных отложений озер РТ

(рис. 1). Доля песков при этом стабильно снижалась (с 21 до 1 %), доля алевритов, напротив, возросла с 25 до 35 %. Следует отметить, что наиболее заметное сокращение поступления в водоемы песчаных частиц произошло в 40-х гг. XIX в., в последующие полтора столетия их количество в составе отложений оставалось практически неизменным. Определенные изменения затронули тонкодисперсную часть озерных седиментов. Так, начиная с 1940-х гг. наблюдается падение темпов аккумуляции пелитовой фракции.

Важнейшей составляющей озерного седиментогенеза является накопление в составе отложений аллохтонного и автохтонного органического вещества. Постоянно протекающие в озере процессы седиментации и осадконакопления приводят к погребению ранее образовавшихся слоев, их постепенному уплотнению, частичной минерализации органических веществ. Концентрации органического вещества в стратиграфических колонках отложений дают возможность проследить геохимическую историю озера и его водосбора, а также судить, наряду с количественными данными о содержании азота и фосфора, продуктивности водоема на разных стадиях его эволюции. Палеохимический анализ озерных отложений позволяет с высокой степенью достоверности оценить суть происходящих изменений природной среды в пределах их водосборных бассейнов за широкий исторический интервал.

Современные отложения большинства озер РТ относятся к группе минеральных осадков: они содержат не более 12 % органического вещества, причем преобладают озера с низким содержанием органики (2 — 4 %). Богатые органическим материалом сапропелевые озера встречаются единично. Накопление и перераспределение органического вещества в процессе механической сортировки частиц в системе водораздел-озеро и биогенного накопления в самом озере тесно связаны с гранулометрическим составом донных отложений. В этой связи закономерно увеличение концентрации органических

**Вариационно-статистические показатели содержания азота и фосфора в поверхностных (числитель) и стратифицированных (знаменатель) слоях донных отложений озер РТ, %**

Элемент	M	Me	Min	Max	$\delta$	m	V
Азот	0,22/0,17	0,19/0,14	0,01/0,01	0,81/0,59	0,16/0,12	0,02/0,02	73/70
Фосфор	0,22/0,23	0,19/0,21	0,02/0,02	0,60/0,73	0,12/0,11	0,01/0,02	55/48

**Примечания.** 1. M, Min и Max – среднее арифметическое, минимальное и максимальное значения показателей; Me – медиана;  $\delta$  – среднее квадратическое отклонение; m – ошибка среднего; V – коэффициент вариации.

2. Глубина поверхностных слоев 0 – 10 см, стратифицированных слоев 20 – 120 см.

веществ в ряду пески (0,90 %) — илистые пески (1,14 %) — песчанистые илы (2,81 %) — серые илы (5,74 %).

На рис. 2 отображена тенденция накопления органического вещества в составе донных отложений озер РТ за 1800 — 2000 гг. Пик его содержания (8,5 %) приходится на 1840 — 1880 гг. Во второй половине XIX в., после реформы 1861 г., произошло сокращение лесистости территории Казанской и Вятской губерний Волжско-Камского края (нынешняя территория РТ) до 35 %, тогда как в начале века лесистость составляла 51 % [4, 5]. Увеличение площади пахотных земель значимо отразилось на падении общей биологической продуктивности наземных биоценозов и соответственно привело к снижению поступления органических веществ из автономных и подчиненные ландшафты. Органическая составляющая озерного осадконакопления резко снизилась (в среднем на 2 %). В дальнейшем, на протяжении 120-летнего периода, начиная с 1880 г. и до настоящего времени характер поступления и аккумуляции органического вещества в озерах существенно не менялся. Его концентрации в слое глубиной 0 — 50 см варьируются в пределах 5,2 — 6,0 %.

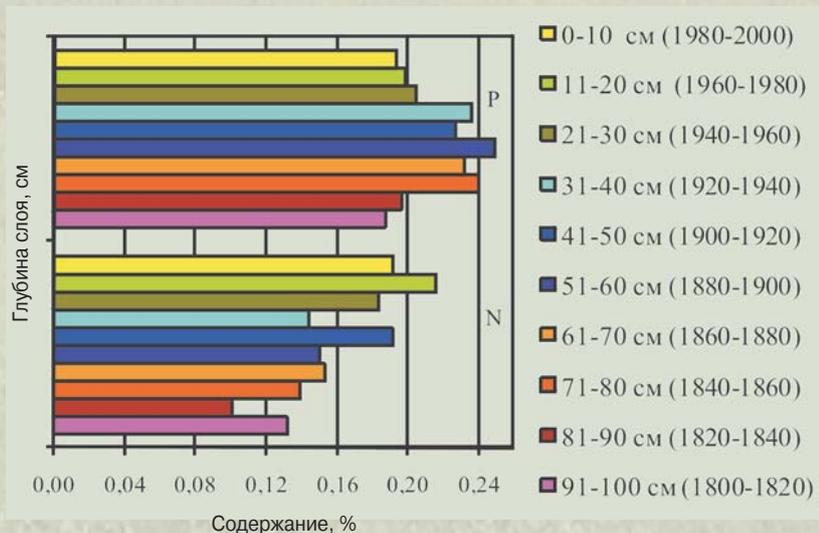
Режим образования биогенных элементов (азота и фосфора) тесно связан с интенсивностью биохимических процессов в озерах. Валовое содержание фосфора в современных донных отложениях озер РТ имеет значительный разброс значений, вызванный неодинаковой антропогенной нагрузкой на их бассейны со стороны сельского хозяйства, а также особенностями состава органического вещества, интенсивностью его деструкции, сорбционно-обменными свойствами отложений (см. таблицу). В результате эрозии с гумусом и минеральными тонкодисперсными

частицами в водоемы смывается значительное количество органического и минерального фосфора.

Максимальные концентрации фосфора, обнаруживаемые в отложениях профундали озер (0,58 % — оз. Атаманское, оз. Чистое), отличаются от минимальных (0,03 % — оз. Безымянное) почти в 20 раз. Уровень фосфорной нагрузки наиболее высок в озерах, находящихся в границах сельских населенных пунктов и дачных поселений. Как и содержание органического вещества, концентрации фосфора в донных отложениях возрастают от песков (0,04 %) к серым илам (0,22 %).

Развитие процесса эвтрофирования в озерах приводит к изменению соотношения основных потоков вещества [6]. В результате доля биогенных веществ, накапливающихся в донных осадках, уменьшается, а вторичное их поступление в водную толщу, создающее внутреннюю биогенную нагрузку на водоем, возрастает. При этом значимость внутренней нагрузки в формировании суммарной фосфорной на-

рузки на озера и роль донных отложений в круговороте фосфора в озерной экосистеме претерпели изменения. Анализ диаграммы изменения содержания общего фосфора в стратиграфических колонках отложений (рис. 3) показывает, что за последние 50 — 60 лет темпы его аккумуляции в озерах РТ несколько снизились. Данные гидрохимического мониторинга озерных экосистем свидетельствуют о стабильно высоких концентрациях и загрязнении водных масс минеральными формами фосфора вследствие усиления суммарной фосфорной нагрузки на водоемы. Ремобилизации фосфора из донных отложений и активному его вовлечению в водную миграцию способствует кислая реакция среды осадков, при которой апатитовый фосфор переходит из твердой фазы в раствор. Следует констатировать, что 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 нагруз-



**Рис. 3. Содержание фосфора и азота в стратиграфических колонках донных отложений озер РТ, %**



ки на водоем и снижению темпов аккумуляции фосфора в донных отложениях.

Содержание органического азота в донных отложениях озер РТ отличается высокими показателями варибельности (см. таблицу). Азот составляет 1/20 часть от содержания органического вещества в осадках, что соответствует отношению С/Н в почвах Волжско-Камской лесостепи. Существенная дифференциация в содержании валового азота отмечена для различных фациальных типов отложений: от 0,03 % в песках и 0,14 % в песчаных илах до 0,25 % в серых илах. Это связано, с одной стороны, с отмеченным выше ростом концентрации органического вещества в зависимости от содержания пелитовых частиц. С другой стороны, увеличение тонкодисперсной части донных отложений обуславливает пропорциональный рост их поглощательной способности.

Вертикальное распределение валового (органического) азота в стратиграфических колонках отложений отличается от картины распределения фосфора (см. рис. 3). Следует выделить общий тренд изменений его концентрации, направленный в сторону

увеличения в современных осадках. Наличие некоторых пиковых значений можно объяснить с исторических позиций. Например, период с 1900 по 1916 гг. известен в России как этап реформирования сельского хозяйства, так называемая "Столыпинская аграрная реформа". Существенное развитие в это время получили агрохимические приемы повышения урожайности, появилась и стала развиваться азототуковая промышленность. В некоторых озерах в слое 41 — 50 см, соответствующих данному периоду, со-

держание азота достигает 0,49 % при средней концентрации 0,19 %.

После 1917 г. сельское хозяйство России пришло в упадок. Уничтожение частного аграрного сектора существенно снизило плодородие почв и обеспеченность их азотом и отразилось на снижении темпов поступления и седиментации азота в водоемах. Концентрация общего азота снизилась до 0,13 %. В последующие 60 лет содержание азота стабильно возрастало при колебаниях от 0,18 до 0,22 %. Этот период связан с массовым применением минеральных нитратных и аммиачных удобрений зачастую без учета реальной потребности растений и свойств почвы.

Таким образом, в течение последних 200 лет произошли существенные перестройки в характере и темпах озерного осадконакопления и связанной с ними аккумуляции органического вещества и биогенных элементов в пределах современной территории РТ. Эти изменения в значительной степени обусловлены кардинальной трансформацией структуры землепользования: сокращением лесистости территории и увеличением площадей пахотных земель, а также усилением эрозионных процессов на водосборах озер. Геохимическая трансформация ландшафтов региона под влиянием антропогенных факторов обусловила значительный рост биогенной нагрузки на водоемы, что определило ускорение процессов деградации водных экосистем РТ во второй половине XX в.

#### Литература

1. **Мошкова Л.В.** Озерность Республики Татарстан по анализу картографического материала // Актуальные экологические проблемы Республики Татарстан / Материалы III Респ. научной конф. Казань, 1997.
2. **Иванов Д.В., Зиганшин И.И.** Характеристика осадконакопления в озерах Республики Татарстан // Двадцать первое пленарное межвузовское совещание по проблеме эрозионных, русловых и устьевых процессов. Чебоксары, 2006.
3. **Законнов В.В.** Осадконакопление в водохранилищах Волжского каскада: Автореф. дис. ... д-р геогр. наук. М., 2007.
4. **Бойко Ф.Ф.** Изменение лесистости Татарской АССР в результате воздействия человека // Проблемы отраслевой и комплексной географии. Казань: Изд-во КГУ, 1976.
5. **Цветков М.А.** Изменение лесистости Европейской России с конца XVII столетия по 1914 год. М.: Изд-во АН СССР, 1957.
6. **Маргынова М.В.** Донные отложения как составляющие лимнических систем. М.: Наука, 2010. ■