

УДК 556.555.6:504.4.054

**ДОННЫЕ ОТЛОЖЕНИЯ ЗАЙНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА***Д.В. Иванов, Р.Р. Шагидуллин, И.И. Зиганшин, Е.В. Осмелкин***Аннотация**

Проведены стратиграфические исследования донных отложений Заинского водохранилища (Республика Татарстан). Средняя мощность донных отложений в водоеме составляет 33 см, а скорость осадконакопления – 7 мм/год. Зоны относительного илонакопления локализованы в верховье и приплотинной части водоема. По результатам геохимической съемки выявлены участки акватории с превышением фонового содержания тяжелых металлов (Cd, Pb, Cu, Ni) и нефтепродуктов в составе донных отложений.

**Ключевые слова:** Заинское водохранилище, донные отложения, заиление, тяжелые металлы, нефтепродукты.

**Введение**

Заинское водохранилище (ЗВ) создано на реке Степной Зай в 1965 г. как водоем-охладитель Заинской ГРЭС (рис. 1). По проекту длина водохранилища составляет 14.6 км, средняя ширина – 1.14 км, площадь водного зеркала – 16.7 км<sup>2</sup>, объем – 62 млн. м<sup>3</sup>, средняя глубина – 3.7 м. При его создании была затоплена пойма реки до абсолютной отметки 73 м.

Река Степной Зай протекает по одному из промышленно развитых и нефтедобывающих регионов Республики Татарстан. Наличие богатых запасов полезных ископаемых обусловило интенсивное развитие нефтедобывающей, газовой и энергетической промышленности и сопутствующих им отраслей. На водосборной площади размещается 276 населенных пунктов, среди которых 4 крупных города (Бугульма, Альметьевск, Заинск, Лениногорск) и 4 поселка городского типа (Карабаш, Актюба, Нижняя Мактама и Русский Акташ). В бассейне реки располагается 137 предприятий различных отраслей промышленности, использующих воды реки. Одним из крупных водопользователей является сельское хозяйство [1].

Заинская ГРЭС мощностью 2400 тыс. кВт расположена на левом берегу водохранилища. Техническое водоснабжение ГРЭС осуществляется по оборотной схеме с охлаждением циркуляционной воды в водохранилище. Подогретая вода поступает в водохранилище по двум отводящим каналам. По каналу № 1 вода сбрасывается к плотине, а по каналу № 2 – в верхнюю часть водохранилища. Имеется также зимний отводящий канал, из которого осуществляется сброс подогретых вод в среднюю часть водохранилища.

С момента ввода ЗВ в эксплуатацию произошли серьезные изменения в гидрологическом режиме и экологическом состоянии р. Степной Зай. Утрачен русловый сток, активизированы абразионные процессы, нарушено динамическое

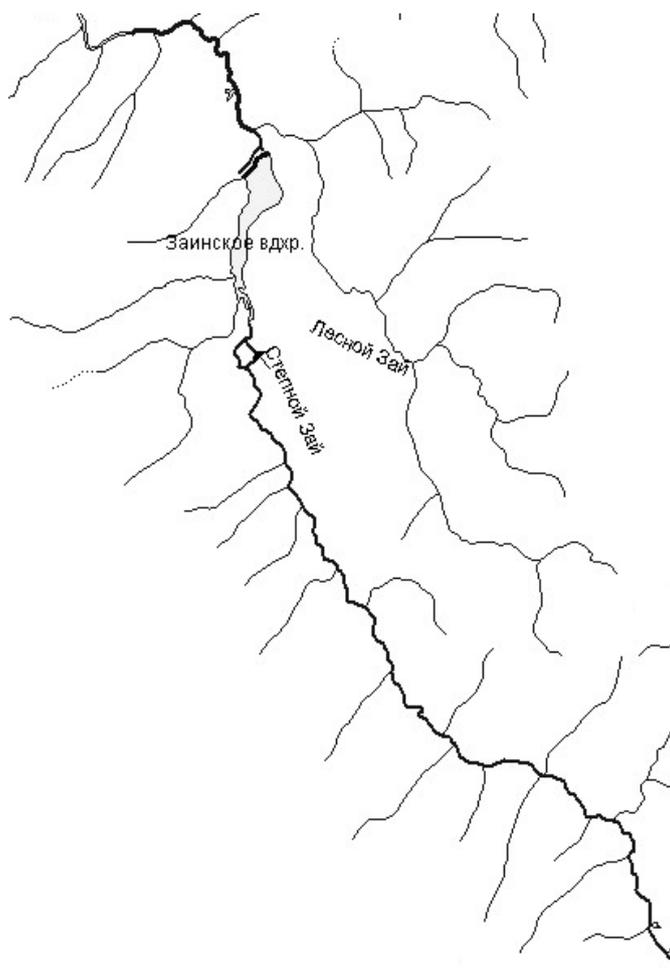


Рис. 1. Бассейн р. Степной Зай

равновесие экосистем. Особенно опасными явлениями для ЗВ являются процессы заиления, ухудшающие пропускную способность, процессы водообмена и самоочищения поверхностных вод. За период существования в ложе водохранилища накопилась значительная масса вторичных отложений, что привело к сокращению его объема, образованию обширных мелководий и активному зарастанию высшей водной растительностью.

По мнению энергетиков, очистка ЗВ от накопившихся донных отложений поможет заметно увеличить его действительную емкость, что позволит увеличить путь циркуляции воды, улучшить теплообмен, снизить интенсивность теплового загрязнения водоема. Улучшение теплообмена, в свою очередь, приведет к снижению температуры воды на всей береговой насосной станции, а следовательно, к углублению вакуума в конденсаторах турбин и соответствующему увеличению вырабатываемой мощности.

Цель исследования состояла в определении мощности и запасов донных отложений, сформировавшихся за период существования водоема, выявлении основных тенденций их формирования, количественной и качественной оценке заиления.

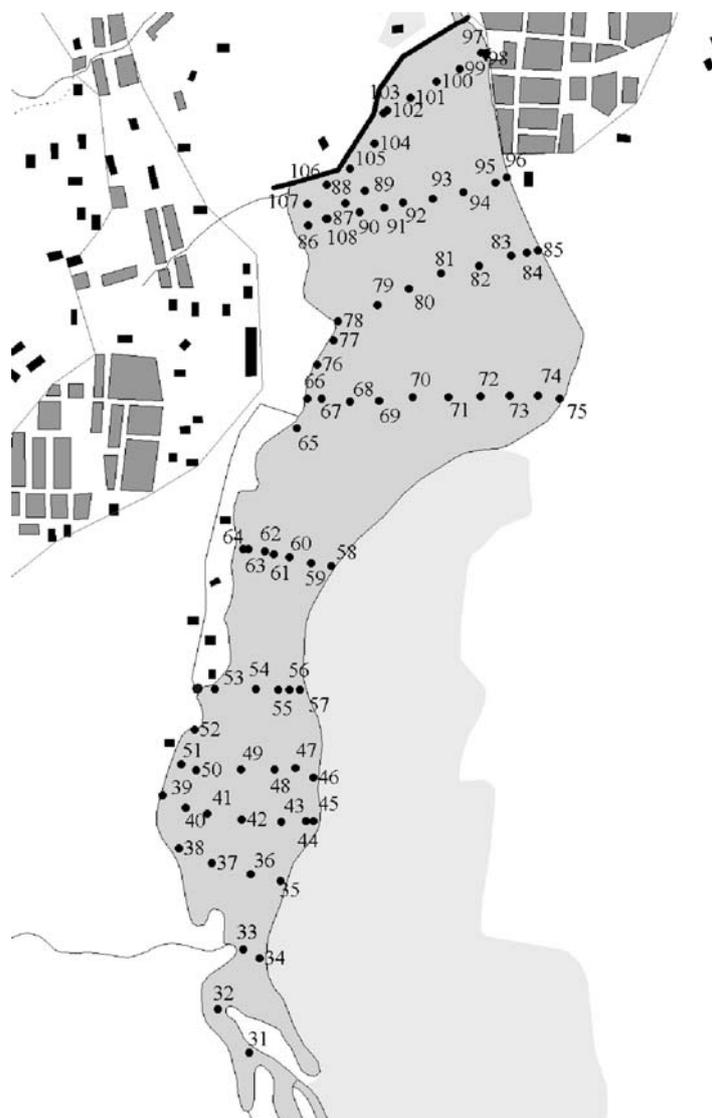


Рис. 2. Схема расположения станций отбора проб

### Методика исследования

В 2007 г. было проведено комплексное обследование ЗВ и реки Степной Зай. Пробы донных отложений для определения мощности их залегания и химического состава отбирали на 9 створах, охватывающих акваторию водохранилища, а также на незарегулированном участке р. Степной Зай от н.п. Светлое озеро до зоны выклинивания подпора согласно ГОСТ 17.1.5.01-80 [2] (рис. 2). Координаты точек отбора проб фиксировали при помощи GPS-навигатора Garmin E-Trex Legend.

Отбор проб поверхностных слоев донных отложений и определение глубины водоема в точке отбора проб осуществлялись лотом с храпцом ДАК-100. На 82

станциях трубкой ГОИН-1 выполнен отбор стратифицированных колонок донных отложений и определение их мощности.

Качественная характеристика донных отложений включала в себя определение следующих показателей: гранулометрический состав [3], объемный вес [4], органическое вещество (потери при прокаливании) [5], реакция среды [6], нефтепродукты [7], тяжелые металлы (Cd, Pb, Cu, Ni, Zn) [8].

### Результаты и их обсуждение

Средняя глубина ЗВ, рассчитанная по результатам натуральных замеров, составляет 3.2 м (рис. 3). Таким образом, в результате заиления произошло уменьшение средней глубины водоема на 0.3–0.5 м.

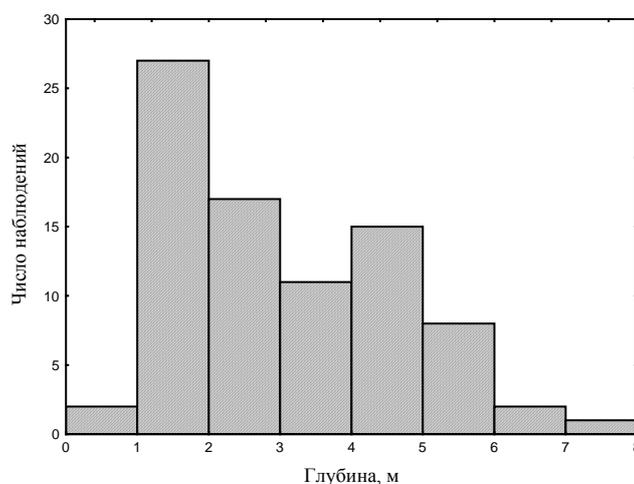


Рис. 3. Гистограмма распределения глубин в ЗВ

Значительную часть акватории занимают затопленные мелководья с глубиной 1.5–2 м. В основном они распространены в верхней части ЗВ и покрыты зарослями высшей водной растительности (уруть колосистая, рогоз узколистный и др).

Имеющиеся неровности поверхности, характерные для гривистого рельефа пойм равнинных рек, типичны и для затопленной поймы р. Степной Зай. Несмотря на заиление, направленное на выравнивание ложа современного водоема, такого рода неровности заметно выделялись при проведении батиметрической съемки. В понижениях поймы мощности донных отложений были на 10–20 см выше, чем на сопредельных участках акватории.

Наибольшие глубины (6–8 м) обнаруживаются в пределах затопленного русла Степного Зая, а также в приплотинной зоне. В нижней части водохранилища имеются незначительные по площади отмельные участки.

Возраст донных отложений таких искусственных водных объектов как водохранилища четко диагностируется при наличии так называемых «маркерных» слоев, отличающихся от вторичных (собственно водохранилищных) осадков по морфологическим признакам. Для ЗВ это затопленные почвы поймы и I надпойменной террасы р. Степной Зай, сохранившиеся в ненарушенном сложении на значительной части акватории.

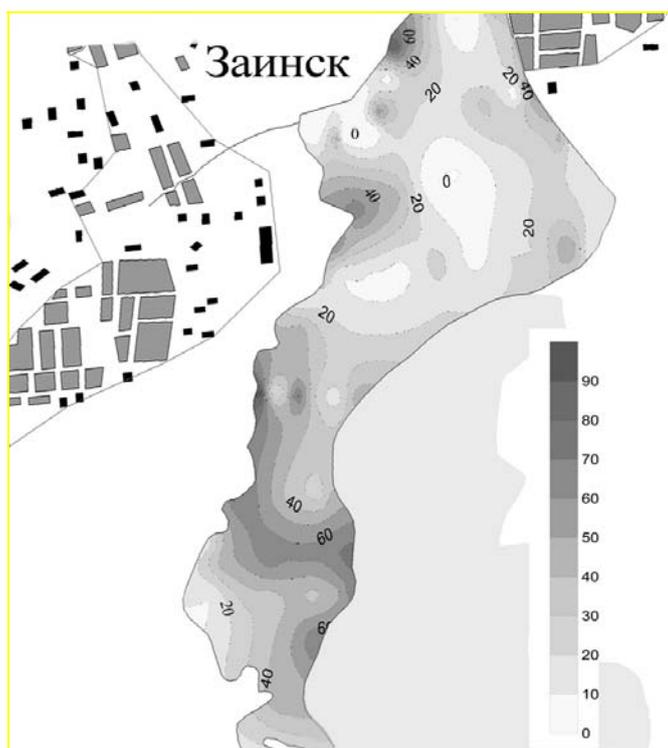


Рис. 4. Карта-схема мощности донных отложений ЗВ, см

Выше зоны выклинивания подпора, в пределах незарегулированного русла р. Степной Зай, толщина иловых отложений колеблется в пределах 30–50 см. Мощность донных отложений в самом водохранилище варьирует от 0 до 100 см, в среднем составляя 33 см.

Установлено, что около 40% ложа водоема не подвержено заилению или представлено отложениями мощностью не более 20 см (рис. 4, 5). Это средняя и нижняя части водохранилища, особенно участки акватории в районе береговых насосных станций. Илистые отложения здесь отсутствуют. Циркуляционные потоки воды, направленные от сбросных каналов к насосным станциям, препятствуют аккумуляции тонкодисперсного наилка в этой части ЗВ и приводят к полному размыву затопленных почв до материнских пород. Содержащиеся в воде взвешенные вещества после технологического цикла охлаждения вместе с подогретыми сбросными водами ГРЭС поступают в верхнюю и нижнюю части водохранилища, где происходит гашение скоростей встречных потоков и выпадение наиболее тонких взвесей. Именно эти процессы привели к относительному накоплению илистых отложений в зоне влияния сбросных каналов № 1 (приплотинная часть) и № 2 (верховье). На фоне высоких скоростей течений в сбросных каналах заиление в них отсутствует, а дно также размывто до почвообразующих пород.

В верховье водоема мощность иловых отложений изменяется в основном от 20 до 40 см (рис. 4). На правобережье имеется небольшой участок (около 250 м<sup>2</sup>), где мощности вторичных отложений доходят до 60 см. Вкрест распространения водного потока от русла к левому пологому берегу слой заиления

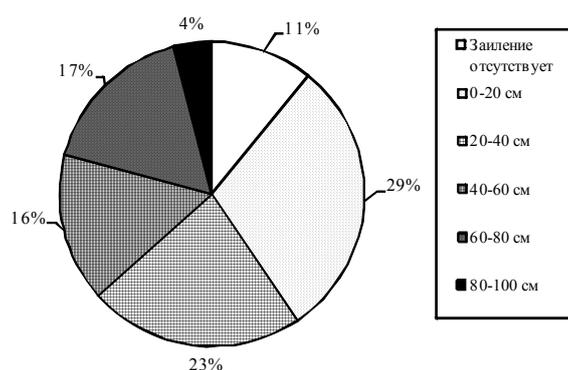


Рис. 5. Диаграмма распределения мощности донных отложений ЗВ (% от площади водоема)

постепенно уменьшается с 40 до 10 см в соответствии с отметками рельефа затопленной поймы. В среднем мощность ила на участке бывшей поймы р. Степной Зай от зоны выклинивания подпора до устья сбросного канала № 2 составляет 28 см.

В нижней части ЗВ, в устье сбросного канала № 1, расположено садковое рыбное хозяйство, занимающееся выращиванием товарного карпа. От основного русла оно ограничено струенаправляющей дамбой, поэтому характер и интенсивность заиления здесь всецело определяется сбросом взвешенных веществ из канала № 1, а также поступлением значительного количества органической массы отходов производства рыбхоза (остатки корма, экскременты рыб). Слой органического ила черного цвета с рыхлой почти желеобразной структурой, мощностью около 50 см сохранился только у северной оконечности дамбы у понтонов рыбхоза. Не исключено, что мощность иловых отложений доходит здесь до 70–100 см, так как ввиду полужидкой консистенции нижняя часть колонки вытекает из трубки ГОИН при отборе.

Основная масса тонкодисперсных взвешенных веществ, поступающих в водохранилище с речным стоком, в результате абразии берегов и размыва ложа осаждается в глубоководных участках затопленного русла. Слой заиления в русле р. Степной Зай составляет 60–70 см, достигая на плесовых расширениях 1 м.

В гранулометрическом спектре вторичных отложений преобладают серые илы с содержанием пелитовой фракции 50–80%. При описании отдельных колонок в профиле были заметны остатки неразложившейся растительности, не утратившие своего анатомического строения. В средней и нижней части водохранилища (зимний сбросной канал, береговые насосные станции, рыбопитомник) отложения обильно насыщены отмершей дрейсеной, в некоторых слоях она занимает до 70–80% объема.

По мере приближения к плотине доля частиц < 0.01 мм в современных и погребенных отложениях постепенно снижается до 30–50%. Наличие опесчанности илов в некоторой степени обусловлено поступлением более грубого материала с размываемых абразионных берегов правобережья. Вдоль правого берега в средней части водохранилища на глубинах 1–2 м узкой полосой выделяются участки, занятые песчаными литологическими фациями с содержанием пелитовой фракции не более 10%.

В приплотинной части гранулометрический состав относительно однороден, при этом глинисто-илистая составляющая достигает здесь 90%.

Объемный вес формирующихся отложений находится в тесной взаимосвязи с их гранулометрическим составом и содержанием органического вещества. С увеличением доли органической составляющей объемный вес илов падает до  $0.3\text{--}0.4\text{ г/см}^3$ , а в минеральных осадках, напротив, отмечена тенденция к росту до  $0.8\text{--}1.3\text{ г/см}^3$ . Изменение плотности в вертикальном профиле грунтов ЗВ подчиняется классической закономерности: по мере поступления новых порций взвешенного материала происходит обезвоживание и уплотнение ранее отложившихся слоев осадка, возрастает их объемный вес. Если в поверхностных (0–10 см) отложениях влажность образцов колеблется в пределах 150–200% по массе, то на глубине 30–50 см содержание влаги падает до 50–60%.

Донные отложения ЗВ насыщены органическим веществом. Величина потерь при прокаливании колеблется в них от 2.4 до 29% и в среднем составляет 13%.

В распределении органической составляющей илов выражена тенденция изменения по продольному профилю водохранилища. В верховьях наличие мелководных зон с зарослями погруженной и полупогруженной высшей водной растительности способствует повышенной (до 18%) аккумуляции в донных отложениях автохтонного (образуемого при деструкции значительной биомассы макрофитов) и аллохтонного (поступающего со стоком р. Степной Зай) органического вещества.

По данным [9] в верховьях заросли макрофитов занимают 70–80% площади акватории с проективным покрытием 60–80%, в широкой приплотинной части – 10–15% с проективным покрытием 70–80%. Наши расчеты [9–11], основанные на величине ежегодной продукции водной растительности ЗВ 3500 т сухого вещества, показывают, что вклад органического вещества растительного происхождения в формирование донных отложений находится на уровне 15%. Указанная величина соотносится со средней концентрацией органического вещества в составе донных седиментов, определенной по результатам стратиграфических исследований (13%), что косвенно указывает на достоверность выполненных расчетов. Наблюдаемое в последнее десятилетие снижение продуктивности водной экосистемы водохранилища [11], в том числе по причине вселения в водоем растительноядных видов рыб, может отразиться как на темпах заиления, так и на концентрации органического вещества в илах.

В средней части ЗВ увеличение проточности, а также значительно меньшая продуктивность водных фитоценозов сопровождается падением мощности донных отложений и их органической составляющей. В приплотинной зоне относительная аккумуляция органического вещества в составе илов (около 10%) выражена только в створе струенаправляющей дамбы сбросного канала № 1, где имеется стабильный источник органического углерода (корм и фекалии рыб).

Реакция среды (рН) поверхностных слоев донных отложений ЗВ варьирует от 4.8 до 9.2. Преимущественно это карбонатные илы с нейтральной и слабощелочной рН; кислые и щелочные илы занимают небольшие площади. В обогащенных органическим веществом отложениях рН смещена в кислую сторону. Вскипание от 10% HCl, указывающее на наличие в образце карбонатных включений, всецело зависит от присутствия в грунтах остатков раковин моллюсков,

а также известняков и доломитов, поступивших с русловым стоком и в результате абразии берегов, сложенных пермскими отложениями. Именно наличием раковин дрейсены, на наш взгляд, обусловлено некоторое повышение рН отложений в средней и нижней частях водохранилища по сравнению с его верховьями, где плотность моллюсков существенно ниже. Изменение рН в вертикальном профиле илов, как и изменение содержания органического вещества, по всей видимости, также несет отпечаток биологической продуктивности водоема на отдельных этапах его существования.

В числе загрязняющих веществ, аккумулированных в донных отложениях ЗВ, было изучено распределение нефтепродуктов и ряда тяжелых металлов (Cd, Pb, Cu, Ni, Zn).

Нефтепродукты относятся к числу загрязняющих веществ, склонных к накоплению в донных отложениях благодаря высокой сорбционной способности входящих в их состав компонентов, особенностям фракционирования при попадании в водный объект, биохимической устойчивости и аккумуляции гидробионтами с последующим разложением на дне водоемов и водотоков [20]. О загрязненности донных отложений обычно судят по превышению наблюдаемых концентраций нефтепродуктов относительного фона, обусловленного присутствием биогенных углеводов. Предельно допустимые концентрации нефтепродуктов в донных отложениях не разработаны. Обобщив имеющуюся фондовую информацию и немногочисленные опубликованные данные по содержанию нефтепродуктов в поверхностных водных объектах РТ [9, 21], в качестве местного фона нами была принята величина 50 мг/кг.

В 2007 г. концентрации нефтепродуктов в донных отложениях ЗВ варьировали от следов до 1308 мг/кг. Минимальным их содержанием характеризовались участки дна, расположенные в пределах затопленного русла р. Степной Зай. Наиболее загрязненным оказался участок в районе струенаправляющей дамбы сбросного канала № 1, где как в поверхностных, так и более глубоких слоях отложений концентрация нефтепродуктов превышала фон в 15 раз. Можно предположить, что повышенный фон углеводов формируется здесь под влиянием биогенных стоков рыбхоза.

Следует отметить, что в последнее десятилетие наметилась положительная тенденция снижения загрязнения р. Степной Зай нефтепродуктами. Так, в 1995 г. их содержание в донных отложениях основной акватории составляло от 400 до 1980 мг/кг [13]. К 2002 г. оно снизилось до 100–340 мг/кг, при этом максимум отмечался на правом берегу в средней части водоема [14]. Указанные изменения связаны с внедрением современных эффективных технологий нефтедобычи, сокращением аварийных утечек нефти и мазута, а также объемов сбросов загрязненных вод в поверхностные водные объекты. В частности, в 2006 г. после введения в эксплуатацию схемы возврата замазученного конденсата в цикл предприятия произошло снижение объема нефтезагрязненных вод на Заинской ГРЭС. Сезонная гидрохимическая съемка 2007 г. не зафиксировала ни одного превышения предельно допустимых концентраций нефтепродуктов для рыбохозяйственных водоемов.

К числу наиболее опасных загрязнителей водных экосистем относятся тяжелые металлы. Их предельно допустимые концентрации в донных отложениях

Табл. 1

Среднее содержание тяжелых металлов (ТМ) в донных отложениях ЗВ, мг/кг

ТМ	Водохранилище	Озера Закамья (фон)
Cd	0.43	1.16
Pb	11.0	16.9
Cu	51.0	26.1
Zn	72.1	106.9
Ni	118.6	60.8

водных объектов РФ также не разработаны. Использование ПДК для почв при оценке уровня загрязнения донных отложений недопустимо, так как это совершенно разные по генезису и особенностям функционирования природные объекты. Оценка степени загрязнения донных отложений, исходя из сказанного, должна основываться на региональных фоновых концентрациях металлов-поллютантов. В качестве фона для бассейна р. Степной Зай предлагается использовать концентрации ТМ в донных отложениях озер Закамья Республики Татарстан [15, 16] (табл. 1).

Содержание кадмия, одного из наиболее токсичных металлов, колеблется в грунтах водохранилища от 0.03 до 1.80 мг/кг и на большей части акватории не превышает 1 мг/кг. В поверхностных слоях отложений (0–10 см) превышений фона не обнаружено. Слабое загрязнение кадмием (коэффициент концентрации над фоном  $K_k$  1.5) имело место у входа в береговую насосную станцию № 3 (ст. 97, 10–20 см), а также в русловых отложениях р. Степной Зай ( $K_k$  1.2) (ст. 47, 20–30 см).

Станция 97 отличалась и повышенным содержанием свинца – 56 мг/кг ( $K_k$  3.3). В остальном же пространственное распределение Pb в современных осадках, а также в стратиграфических колонках отложений носило относительно равномерный характер, определяясь колебаниями тонкодисперсных фракций в гранулометрическом спектре (3–15 мг/кг).

Содержание меди в донных осадках ЗВ практически повсеместно превышает региональный геохимический фон. Есть основания полагать, что накопление Cu в илах водохранилища связано с органической матрицей ( $r = 0.19$ ,  $p < 0.05$ ). Медь – типичный биогенный элемент, активатор ряда ферментов в живых организмах. При этом наибольшее ее содержание отмечено в отложениях в районе рыбхоза (до 300 мг/кг), где грунты богаты органическим веществом. Если подходить с формальных позиций, то превышения над фоном на данном участке довольно существенны ( $K_k$  2–4.3, слабое загрязнение). На остальной акватории концентрация Cu в осадках не превышала удвоенного фонового содержания.

Цинк, наряду с медью, входит в группу биогенных элементов по геохимической классификации А.И. Перельмана [17], поэтому при рассмотрении характера его распределения в донных отложениях также необходимо учитывать это фактор. По данным корреляционного анализа, цинк в наибольшей мере накапливается в глинистых илах с высоким содержанием фракции  $< 0.001$  мм. Как в современных, так и в стратифицированных отложениях содержание Zn не выходило за пределы регионального геохимического фона.

Значительный интерес представляло изучение распределения в грунтах ЗВ никеля, так как данный элемент характеризуется наличием природных геохимических аномалий в породах, почвах и природных водах юго-востока Татарстана. Содержание Ni на большей части акватории в 2–4 раза выше регионального фона (120–180 мг/кг). Элемент обнаруживает тесную положительную связь с пелитовой фракцией ( $r = 0.54$ ,  $p < 0.05$ ), что свидетельствует о сорбционном механизме аккумуляции металла в тонкодисперсной части илов.

Как уж отмечалось, средняя мощность донных отложений, полученная по результатам фактических замеров, при условии равномерного их распределения по акватории водохранилища составляет 0.33 м. Соответственно, объем отложений на всей площади водоема (16.7 км<sup>2</sup>) оценивается в 5511000 м<sup>3</sup>. Полный объем водохранилища за 45 лет в результате заиления уменьшился на 8.7%. В прудах бассейна р. Степной Зай средняя заиленность составляет 8.1% [11]. Сходство полученных значений указывает на зональный характер процессов осадконакопления в водоемах Закамья. Поскольку слой заиления даже на участках активного осадконакопления не достиг уровня мертвого объема (отметка уровня 70.75 м), снижения полезной емкости водохранилища вследствие накопления в его ложе донных отложений не произошло.

Поступление наносов к створу Заинского гидроузла, определенное по модулю годового стока [18–20], оценивается нами величиной 60000 т/год. Всего с момента образования с русловым стоком в ЗВ поступило 2700000 т наносов. С учетом невысокой транзитности, составляющей до 95% годового стока взвешенных веществ, практически весь поступавший материал осел в его ложе. На это же указывает изменение стока наносов на посту Старое Пальчиково, расположенном ниже по течению после слияния Степного и Лесного Зая. Если на момент создания водохранилища (1962 г.) сток наносов составлял здесь 380 тыс. т/год, то уже к 1970 году он сократился до 310 тыс. т/год (на 18%). С учетом объемного веса отложений (0.6 т/м<sup>3</sup>) в водохранилище за все время его существования аккумуляровано 3306600 т ила.

Скорость осадконакопления в ЗВ в среднем составляет 7 мм/год (330 мм за 45 лет). Данная величина укладывается в диапазон природной скорости осадконакопления в водоемах Республики Татарстан [22, 23]. Принимая во внимание наблюдаемое падение объемов годового стока взвешенных веществ Степного Зая, можно предположить и соответствующее снижение скорости накопления донных отложений непосредственно в ЗВ. За последние 20 лет она могла сократиться до 1.5–3 мм/год.

### Заключение

Таким образом, количественная оценка параметров накопления донных отложений показала, что на современном этапе эволюции ЗВ как водоема замедленного стока заиление не следует рассматривать в качестве ведущего фактора, оказывающего негативное влияние на снижение полезной емкости водохранилища, а следовательно, на его температурные характеристики. Относительно равномерное распределение содержания органического вещества и тонкодисперсных частиц по профилю отложений косвенно указывает на стабильный

характер функционирования экосистемы водохранилища на протяжении как минимум последних трех десятилетий.

По содержанию загрязняющих веществ (нефтепродукты и тяжелые металлы) донные отложения ЗВ в целом можно оценить как «слабозагрязненные».

Ввиду неоднозначности взглядов на необходимость очистки водоема (или его определенной части) от иловых отложений окончательное решение вопроса должно быть основано на учете всего комплекса внутриводоемных процессов, поиске реального компромисса между экологическими требованиями к осуществлению подобного рода проектов и потребностями энергетики. Необходим поиск технологических решений, направленных на оптимизацию всего цикла выработки электроэнергии, базирующихся на современных технологиях.

### Summary

*D.V. Ivanov, R.R. Shagidullin, I.I. Ziganshin, E.V. Osmelkin.* Bottom Sediments of the Zainsk Reservoir.

Stratigraphic research of the bottom sediments of the Zainsk reservoir (the Republic of Tatarstan) has been carried out. The average thickness of the sediments in the reservoir is 33 cm; the sediment accumulation rate is 7 mm per year. The zones of clay accumulation are located in the head and in the near-dam part of the reservoir. The areas with the excess of the background content of heavy metals (Cd, Pb, Cu, Ni) and oil products in the bottom sediments have been revealed based on the results of geochemical survey.

**Key words:** Zainsk reservoir, bottom sediments, siltation, heavy metals, oil products.

### Литература

1. Информационный бюллетень о состоянии поверхностных водных объектов, водохозяйственных систем и сооружений на территории Республики Татарстан за 2006 год. – Казань, 2007. – 180 с.
2. ГОСТ 17.1.5.01–80. Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к отбору проб донных отложений водных объектов для анализа на загрязненность. – М.: ИПК Изд-во стандартов, 2002. – 7 с.
3. ГОСТ 12536–79. Грунты. Методы лабораторного определения гранулометрического (зернового) и микроагрегатного состава. – М.: Стандартиформ, 2008. – 17 с.
4. ГОСТ 5182–78. Грунты. Метод лабораторного определения объемного веса. – М.: Изд-во стандартов, 1978. – 24 с.
5. ГОСТ 26213–91. Почвы. Методы определения органического вещества. – М.: Изд-во стандартов, 1992. – 8 с.
6. ГОСТ 26423–85. Почвы. Методы определения удельной электрической проводимости, pH и плотного остатка водной вытяжки. – М.: Изд-во стандартов, 1985. – 10 с.
7. ПНД Ф 16.1:2.2.22–98. Методика выполнения измерений массовой доли нефтепродуктов в почвах и донных отложениях методом ИК-спектromетрии. – М., 1998. – 21 с.
8. РД 52.18.191–89. Методика выполнения массовой доли кислоторастворимых форм металлов (меди, свинца, цинка, никеля, кадмия) в пробах почвы атомно-абсорбционным анализом. – М., 1990. – 32 с.

9. Анализ современного состояния окружающей среды Заинского района Республики Татарстан. – Казань: Табигать, 1998. – 121 с.
10. *Катанская В.М.* Растительность водохранилищ-охладителей тепловых электростанций Советского Союза. – Л.: Наука 1979. – 279 с.
11. Современное состояние и перспективы развития прудового хозяйства в бассейне р. Степной Зай Татарской АССР. Отчет. Казанский отдел гидрологии и водных ресурсов УралНИИВХ. – Казань, 1985. – 59 с.
12. *Никаноров А.М., Страдомская А.Г.* Нефтепродукты в донных отложениях пресноводных объектов // Водные ресурсы. – 2003. – Т. 30, № 1. – С. 106–110.
13. Комплексное исследование донных илов водоема-охладителя Заинской ГРЭС. Отчет о НИР. – Казань: ЦПК «Табигать», 1996. – 60 с.
14. Заинская ГРЭС. Изучение причин заиления и зарастания пруда-охладителя. Кн. 2. Гидрохимические, гидробиологические и санитарно-гидробиологические условия. – Самара, 2003. – 70 с.
15. *Иванов Д.В., Зиганишин И.И.* Региональный геохимический фон металлов в озерных отложениях // Геохимия биосферы: Докл. междунар. науч. конф. – М.; Смоленск, 2006. – С. 145–146.
16. *Иванов Д.В., Зиганишин И.И., Осмелкин Е.В.* Региональные фоновые концентрации металлов в донных отложениях озер Республики Татарстан // Учен. зап. Казан. ун-та. Сер. Естеств. науки. – 2010. – Т. 152, кн. 1. – С. 185–191.
17. *Перельман А.И., Касимов Н.С.* Геохимия ландшафта. – М.: Астрей-2000, 1999. – 767 с.
18. Государственный водный кадастр. Многолетние данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. Т. 1. РСФСР. Вып. 24. Бассейны рек Волги (среднее и нижнее течение) и Урала. – Л.: Гидрометеиздат, 1975. – 474 с.
19. Государственный водный кадастр. Многолетние данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. Т. 1. РСФСР. Вып. 24. Бассейны рек Волги (среднее и нижнее течение) и Урала. – Л.: Гидрометеиздат, 1985. – 517 с.
20. Государственный водный кадастр. Основные гидрологические характеристики. Т. 11. Средний Урал и Приуралье. Вып. 1. Кама. – Л.: Гидрометеиздат, 1979. – 424 с.
21. *Степанова Н.Ю., Латыпова В.З., Анохина О.К., Таиров Р.Г.* Сорбционная способность и факторы формирования химического состава донных отложений Куйбышевского и Нижнекамского водохранилищ // Эколог. химия. – 2003. – № 12 (2). – С. 105–116.
22. *Иванов Д.В., Зиганишин И.И.* Характеристика осадконакопления в озерах Республики Татарстан // Двадцать первое пленарное межвуз. совещ. по проблеме эрозийных, русловых и устьевых процессов. – Чебоксары, 2006. – С. 115–116.
23. *Иванов Д.В., Зиганишин И.И., Осмелкин Е.В.* Осадконакопление и заиление озер Средней Волги // Теория и практика восстановления внутренних водоемов: Тез. докл. науч.-практ. конф. – СПб., 2007. – С. 21.

Поступила в редакцию  
19.08.10

---

**Иванов Дмитрий Владимирович** - кандидат биологических наук, заместитель директора по научной работе, заведующий лабораторией биогеохимии Института проблем экологии и недропользования АН Республики Татарстан, г. Казань.

E-mail: [water-rf@mail.ru](mailto:water-rf@mail.ru)

**Шагидуллин Рифгат Роальдович** – кандидат физико-математических наук, директор Института проблем экологии и недропользования АН Республики Татарстан, г. Казань.

E-mail: *shagidullin\_@mail.ru*

**Зиганшин Ирек Ильгизарович** – кандидат географических наук, старший научный сотрудник лаборатории биогеохимии Института проблем экологии и недропользования АН Республики Татарстан, г. Казань.

E-mail: *irek\_ziganshin@mail.ru*

**Осмелкин Евгений Витальевич** – старший преподаватель кафедры природопользования и геоэкологии Чувашского государственного университета, г. Чебоксары.

E-mail: *edemchr@mail.ru*