

¹Е.В. Осмелкин, ²Д.В. Иванов, ²И.И. Зиганшин

¹Государственный природный заповедник Присурский, edemchr@mail.ru
²Институт проблем экологии и недропользования АН РТ, water-rf@mail.ru

ХАРАКТЕРИСТИКА ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО СОСТАВА ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ВОДОЕМОВ ПРЕДВОЛЖЬЯ ЧУВАШСКОЙ РЕСПУБЛИКИ

В статье приводятся результаты исследования гранулометрического состава донных отложений разнотипных водоемов Приволжской возвышенности на территории Чувашской Республики. Полученные сведения о гранулометрическом составе донных осадков могут быть использованы при проведении мониторинга экологического состояния водных объектов региона.

Ключевые слова: водоемы; донные отложения; гранулометрический состав; Чувашская Республика.

Введение

Анализ количественного содержания частиц различного размера в донных отложениях является важным инструментом исследования седиментационных и экологических процессов в водных экосистемах. Данные о содержании той или иной фракции дают представление о генезисе, физико-механических и химических свойствах, инженерно-геологических и геохимических особенностях и минеральном составе отложений (Рухин, 1969; Коваль, Войцеховский, 2001). От гранулометрического состава во многом зависит способность донных осадков накапливать различные поллютанты – тяжелые металлы, радиоактивные элементы, углеводороды и т. д. (Янин, 2009; Лукьянов и др., 2011). Отношение в осадках водоемов грубо- и тонкодисперсных фракций является основой для классификации донных отложений (Курдин, 1959; Новиков, 1977; Законнов, 2007) и важным фактором, обеспечивающим условия обитания донных организмов. В этой связи одной из приоритетных задач при проведении региональных экологических исследований озер является выявление особенностей гранулометрического состава литологических типов донных отложений, слагающих их котловины. Сведения по гранулометрическому составу донных отложений озер Средней Волги единичны и приурочены преимущественно к водоемам на территории Республики Татарстан (Иванов и др., 2011; Иванов, Зиганшин, Осмелкин, 2011; Осмелкин, Иванов, Зиганшин, 2011; Иванов, 2012; Иванов и др., 2017). В пределах Чувашской Республики (ЧР) сведения о гранулометрическом составе донных осадков имеются только для озер, расположенных в охранной зоне государственного природного

заповедника «Присурский» (Зиганшин, Иванов, Яковлев, 2005; Осмелкин, Иванов, Зиганшин, 2015), а также прудов северной части республики (Осмелкин и др., 2012).

Материалы и методы исследования

Исследованные водные объекты располагаются в лесостепной провинции Приволжской возвышенности, заметно различающихся вариацией литологического и геохимического состава слагающих данные территории пород и почв. В Нижнем Заволжье озерные отложения в основном представлены водонасыщенными сапропелями с высоким содержанием органического вещества.

Анализ гранулометрического состава донных отложений был проведен на основе материала, собранного за период с 2000 по 2015 гг. в ходе экспедиций по водоемам ЧР. Полевыми исследованиями охвачено 57 водоемов различного генезиса (рис. 1). По происхождению озерных котловин они отнесены к карстовым, междонным, пойменным и искусственным (пруды, карьеры и копани). Количество и состав исследованных водных объектов репрезентативно отражают соотношение основных типов водоемов в регионе.

Отбор стратифицированных кернов отложений производился трубками ГОИН ТГ-1.0 и ТГ-1.5 в наиболее глубокой части водоема, где донные отложения обычно достигают своей максимальной мощности. Отбор проб поверхностных отложений осуществляли лотом с храпцом и дночерпателем ДЧ-0.025 соответствии с ГОСТ 17.1.5.01-80.

Для исследования процессов современного осадконакопления было выбрано 16 «модельных» водоемов разнотипного происхождения, располо-

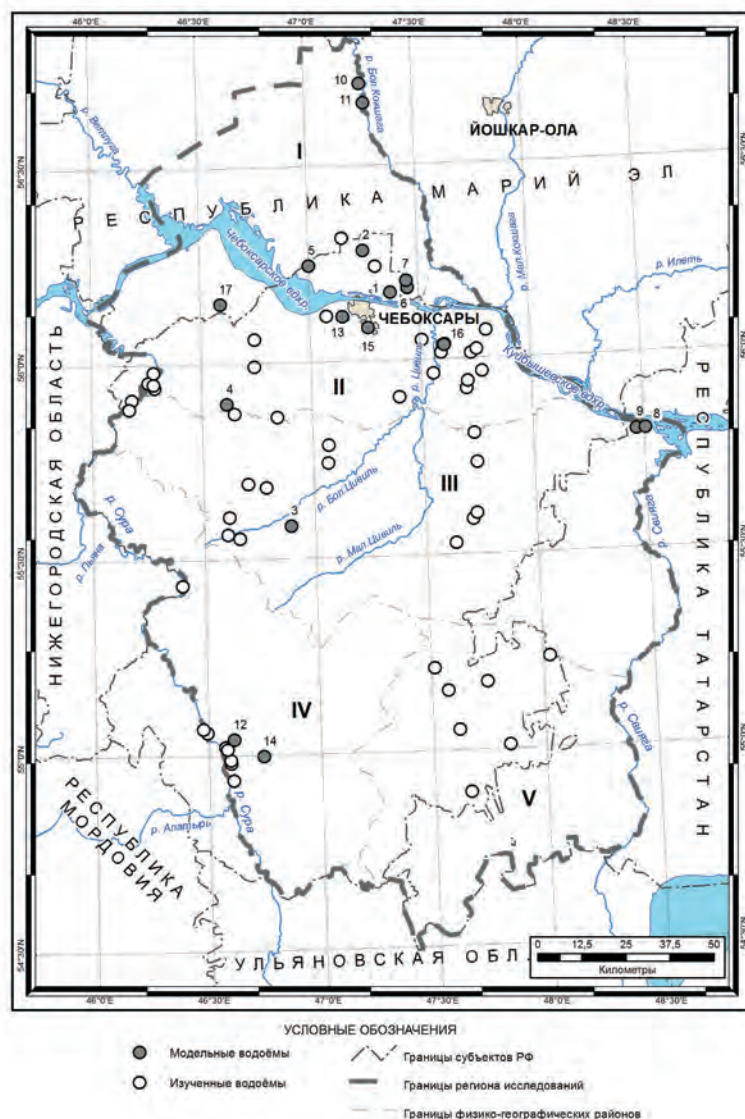


Рис. 1. Карта-схема расположения исследуемых водоемов

женных в различных физико-географических районах Приволжской возвышенности (рис.1).

Исследования процессов современного осадконакопления выполнялись с применением седиментационных ловушек. За основу конструкции ловушки взята разработка литовских исследователей (Тамошайтис и др., 1981). Ловушка представляет собой ящик с грузом, внутри которого закреплены стаканы-емкости. Ловушки устанавливались в наиболее глубокой точке водоема, определяемой по результатам батиметрических исследований. Сроки установки варьировали от сезона до календарного года.

Анализ гранулометрического состава стратифицированных отложений и отобранного наилка из седиментационных ловушек проводили в соответствии ГОСТ 12536-79, содержание органического вещества определяли по потерям при прокаливании (ППП)

(ГОСТ 26213-91).

Статистическая обработка данных выполнена с использованием пакета STATISTICA 10.0.

Результаты и их обсуждение

Проведенные исследования показали, что донные отложения водоемов предволжской части ЧР отличаются широким спектром гранулометрического состава: от песков до глинистых илов с содержанием пелитовых частиц от 5 до 84%; при этом преобладающими типами являются глинистые и песчаные илы (табл. 1).

Взаимосвязь типов отложений, определяемых гранулометрическим составом, с содержанием в них органического вещества не всегда очевидна, несмотря на то, что распределение органических взвесей в системе водораздел-озеро и автохтонное накопление органического углерода связаны с механической сортировкой частиц различной размерности. По соотношению в донных отложениях озер величины потерь при прокаливании и пелитовых частиц видно, что увеличение доли последних сопровождается соответствующим ростом ППП (рис. 2). Коэффициент корреляции между ними составляет 0.45 ($p < 0.05$). В поверхностном слое донных отложений водоемов, расположенных в Приволжской возвышенности, доля частиц < 0.01 мм в среднем составляет 57% при содержании органического вещества 13%. Классификационно их следует отнести к глинистым илам.

Для исследованных водоемов характерна общая для всех водных объектов закономерность распределения донных осадков: в прибрежной части находятся крупные гранулометрические фракции, а по мере удаления от берега его крупность уменьшается. Внутриводоемная дифференциация типов отложений обусловлена процессами

Таблица 1. Представленность минеральных типов донных отложений в водоемах Приволжской возвышенности ЧР

Тип	Частицы < 0.01 мм, %	Органическое вещество, %	Доля типов отложений, %
Пески	0-5	0.5	0.5
Илистые пески	5-10	5.2	3.4
Песчаные илы	10-30	9.2	27.6
Глинистые илы	> 30	17.5	60.3

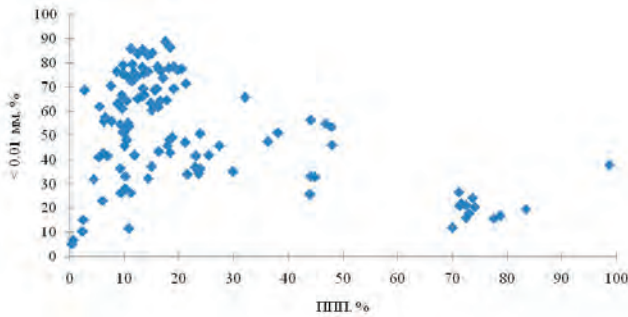


Рис. 2. Соотношение пелитовых частиц (<0.01 мм) и величины ППП в донных отложениях

сортировки частиц различного генезиса и гидравлической крупности и находится в зависимости от строения ложа конкретного водоема, соотношения автохтонных и аллохтонных органических и минеральных осадков, наличия течений, степени зарастания и т.д. Четко прослеживается снижение содержания частиц размером 0.25-0.05 мм по направлению к глубоководной части озера и одновременное увеличение содержания мелкоалевритовых илов (0.005-0.001 мм) и пелитовой фракции (табл. 2). Если в водораздельных почвах и донных отложениях литорали отчетливо доминируют мелкопесчаные и крупноалевритовые фракции, то по мере увеличения глубины водоема на первое место выходят мелкоалевритовые и пелитовые частицы содержат в среднем на 20% больше частиц <0.01 мм (табл. 2).

Песчаные частицы (0.25-0.05 мм) практически в равных долях (~27%) представлены как в отложениях мелководий, так и в водосборных почвах, продукты эрозии которых служат основным источником поступления вещества в озера. Значительный размах вариабельности частиц песчаной размерности (95-210%) является следствием того, что литоральные зоны озер отличаются степенью выраженности и характером их зарастания. На занятых высшей водной растительностью мелководьях, которые играют роль механического барьера на пути миграции минеральных и органических частиц с водосбора, относительная доля крупных частиц отложений падает на фоне возрастания тонкодисперсных фракций. Аккумуляция терригенной взвеси и тем самым снижение интенсивности заиления ложа водоемов являет собой одну из важнейших средо-

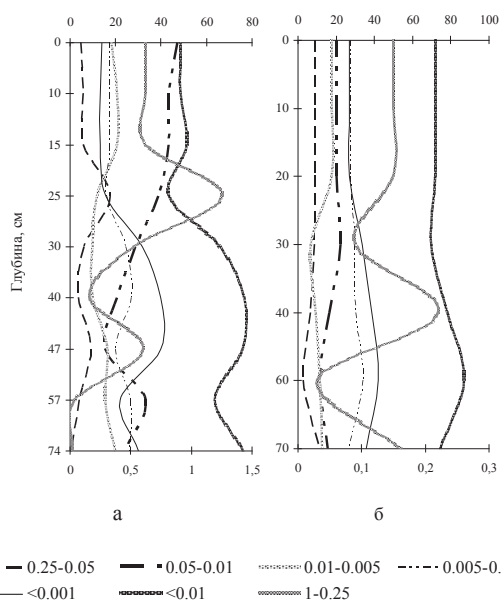
образующих функций мелководий.

Изменения темпов осадконакопления в водоемах, вызываемые природными и антропогенными факторами, обычно сопровождаются сменой вещественного состава седиментирующего материала. Такие изменения носят чаще всего резкий характер и их можно отследить по динамике процентной доли той или иной фракции в составе отложений. Например, в пруду Ботанического сада г. Чебоксары (рис. 3б) изменения его гидрологического режима на протяжении второй половины XX в. отразились на послойном изменении содержания песчаных фракций, которые имеют здесь два максимума: на глубине 25 и 47 см. Предположительно, эти максимумы соответствуют периодам создания и реконструкции сада, которые сопровождалась производством земляных работ в при-

Таблица 2. Гранулометрический состав водосборных почв, поверхностных донных отложений литорали и профундали водоемов Приволжской возвышенности, %

	M	Me	Min	Max	σ	m
1-0.25 мм						
Почвы	4.6	0.6	0.1	23.8	8.6	3.3
Литораль	3.8	1.2	0.2	26.7	8.1	2.6
Профундаль	3.6	0.3	0.1	33.4	10.5	3.3
0.25-0.05 мм						
Почвы	28.4	23.9	13.0	64.2	18.5	7.6
Литораль	26.6	15.0	0.9	82.0	25.9	8.2
Профундаль	9.5	6.3	1.3	33.2	9.1	2.9
0.05-0.01 мм						
Почвы	18.4	18.1	7.0	25.9	6.6	2.7
Литораль	19.1	18.2	5.7	35.3	10.2	3.2
Профундаль	19.4	20.9	10.8	29.6	6.7	2.1
0.01-0.005 мм						
Почвы	8.9	10.8	0.7	11.6	4.1	1.7
Литораль	7.3	7.7	2.3	12.4	3.3	1.1
Профундаль	11.8	12.5	3.0	17.7	4.2	1.3
0.005-0.001 мм						
Почвы	14.8	15.0	1.5	23.3	7.8	3.2
Литораль	19.0	21.6	5.3	32.1	8.8	2.8
Профундаль	23.0	24.1	6.7	31.7	7.2	2.3
<0.001 мм						
Почвы	24.7	26.9	2.7	34.5	11.5	4.7
Литораль	24.5	25.8	2.7	44.2	14.3	4.5
Профундаль	32.6	33.7	11.4	41.5	8.9	2.8
<0.01 мм						
Почвы	48.4	55.1	5.0	65.9	22.8	9.3
Литораль	50.8	53.2	10.4	78.7	24.0	7.6
Профундаль	67.5	71.1	21.2	83.8	18.1	5.7

* M – среднее арифметическое, Me – медиана, Min – минимум, Max – максимум, σ – стандартное отклонение, m – ошибка среднего.



*Фракция 1-0.25 мм отображена по нижней оси, остальные – по верхней.

Рис. 3. Изменение содержания размерных фракций (%) по профилю донных отложений: а – оз. Ургуль, б – пруд Ботсада в г. Чебоксары

брежной зоне водоема и смывом частиц песчаного грунта в водоем.

В естественных озерах те или иные колебания в содержании размерных фракций отложений также являются хорошими индикаторами смены условий осадконакопления, по которым можно успешно реконструировать события на водосборе, причем с достаточно высокой точностью. Так, на оз. Ургуль показательными являются колебания частиц среднего и крупного песка (рис. 3а), соотносящиеся с проявлением эрозионных процессов при изменении режима хозяйственного использования земли на водосборной площади озера.

Значительный интерес представляет сравнительная характеристика гранулометрического состава взвесей, накопленных в седиментационных ловушках, и донных отложений из кернов, полученных при стратиграфических исследованиях модельных озера, расположенных в различных физико-географических районах ЧР.

Сопоставление соответствующих значений показало (табл. 3), что в трех озерах, расположенных в центральной части республики (Аль, Кюльхири,

Таблица 3. Гранулометрический состав донных отложений модельных озера, %

Осадконакопление	Гранулометрические фракции, мм						
	1-0.25	0.25-0.05	0.05-0.01	0.01-0.005	0.005-0.001	<0.001	<0.01
Аль							
Современное	0.3	9.8	21.3	21.1	20.3	27.2	68.6
Среднемноголетнее	0.4	10.8	28.4	16.2	23.7	20.7	60.5
Кюльхири							
Современное	8.0	15.7	41.1	9.3	7.5	18.5	35.2
Среднемноголетнее	0.5	20.0	49.3	9.8	8.5	12.1	30.3
Сюткуль							
Современное	1.8	3.2	18.8	8.8	22.9	44.6	76.3
Среднемноголетнее	0.4	4.4	40.3	14.2	17.2	23.5	55.0
Собакино							
Современное	7.3	22.0	41.5	6.8	9.2	13.3	29.3
Среднемноголетнее	0.4	14.6	47.0	10.2	13.6	14.3	38.1
Провальное							
Современное	7.7	24.6	33.5	7.2	13.0	14.0	34.2
Среднемноголетнее	0.5	15.0	40.4	11.2	15.5	17.5	44.2
Пруд №2 у д. Ельниково							
Современное	2.8	9.4	20.4	18.6	26.0	24.3	68.9
Среднемноголетнее	0.3	6.3	22.6	17.1	27.2	26.6	70.9
Пруд Виловатово							
Современное	6.6	12.0	38.1	13.8	13.9	15.7	43.4
Среднемноголетнее	0.5	12.4	29.3	14.8	18.6	24.5	57.9
Пруд Ботсада г. Чебоксары							
Современное	0.6	4.4	46.8	17.7	16.7	13.9	48.2
Среднемноголетнее	0.5	6.5	28.8	14.5	22.2	27.5	64.4
Пруд Чапаевский г. Чебоксары							
Современное	0.7	9.7	43.3	19.7	15.5	11.2	46.4
Среднемноголетнее	0.6	3.0	19.2	18.0	25.1	34.3	77.4

Сюткуль) имеет место тенденция к увеличению доли тонкодисперсных фракций в составе современных отложений. Наибольшие же отличия от среднемноголетнего осадконакопления выявлены в оз. Сюткуль, где доля пелитовых частиц увеличилась на 20%.

Для других озер либо имела место обратная тенденция, либо разница между современным и среднемноголетним осадконакоплением, выраженным в гранулометрическом составе отложений, была незначительна. При этом тип донных отложений (глинистые илы) ни в одном из модельных водоемов не претерпел изменений, а выявленные различия связаны исключительно с флуктуациями отдельных размерных фракций.

Заключение

Таким образом, гранулометрический состав донных отложений озер ЧР определяется генетическим типом водоемов и особенностями строения их ложа, а также современными процессами природного и антропогенного преобразования водосборных территорий. Индикаторная функция гранулометрического состава отложений, обозначаемая соотношением в них грубо- и тонкодисперсных фракций, может использоваться в качестве показателя отдельных стадий развития озера и направленности современных седиментационных процессов. Проведенное изучение гранулометрического состава донных отложений дает информацию не только о характере течения процессов осадконакопления, но и может быть использовано в широком спектре региональных экологических исследований.

Список литературы

1. Законнов В.В. Осадкообразование в водохранилищах Волжского каскада: Дисс.... докт. геогр. наук. М., 2007. 379 с.
2. Зиганшин И.И., Иванов Д.В., Яковлев А.В. Характеристика донных отложений некоторых озер охранной зоны заповедника «Присурский» по исследованиям 1999–2000 гг. // Научные труды государственного природного заповедника «Присурский». Т.12. Чебоксары-Атрат: Клио, 2005. С. 3–5.
3. Иванов Д.В. Донные отложения озера Средний Кабан города Казани // Георесурсы. 2012. № 7 (49). С. 18–23.
4. Иванов Д.В., Зиганшин И.И., Осмелкин Е.В. Оценка скорости осадконакопления в озерах Казани и Приказанья // Георесурсы. 2011. № 2 (38). С. 46–48.
5. Иванов Д.В., Зиганшин И.И., Валиев В.С., Марасов А.А., Хасанов Р.Р. Донные отложения метеоритного озера Рабига-Куль (Республика Татарстан) // Российский журнал прикладной экологии. 2017. №3. С. 35–41.
6. Иванов Д.В., Шагидуллин Р.Р., Зиганшин И.И., Осмелкин Е.В. Взаимосвязь вещественного состава озерных отложений и антропогенного преобразования природных

ландшафтов Республики Татарстан // Экология и промышленность России. 2011. № 6. С. 35–38.

7. ГОСТ 17.1.5.01-80. Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к отбору проб донных отложений водных объектов для анализа на загрязненность.

8. Коваль С.А., Войцеховский Г.В. Компьютерная обработка результатов гранулометрического анализа и их генетическая интерпретация. Воронеж: ВГУ, 2001. 35 с.

9. Курдин В.П. Классификация и распределение грунтов Рыбинского водохранилища // Тр. Ин-та биологии водохранилищ. 1959. Вып. 1/4. С. 25–37.

10. Лукьянов С.А., Лебедев А.А., Шварцман Ю.Г. Гранулометрический состав донных отложений и его распределение в устьевой зоне р. Северной Двины // Вестник Северного (Арктического) федерального университета, сер. Естественные науки. 2011. № 2. С. 12–19

11. Новиков Б.И. Донные отложения Днепровских водохранилищ. Киев: Наукова думка, 1977. 201 с.

12. Осмелкин Е.В., Иванов Д.В., Зиганшин И.И. Характеристика донных отложений пойменных озер нижнего течения р. Сура // Российский журнал прикладной экологии. 2015. №4. С. 33–38.

13. Осмелкин Е.В., Иванов Д.В., Зиганшин И.И., Суин М.В. Характеристика осадконакопления и вещественный состав донных отложений прудов малых рек северной части Приволжской возвышенности (на примере Чувашской Республики) // Малые реки: экологическое состояние и перспективы развития / Матер. докл. II Всеросс. научной конф. с междунар. участием. Чебоксары, 2012. С. 40–45.

14. Осмелкин Е.В., Иванов Д.В., Зиганшин И.И. Характеристика донных отложений водоемов Среднего Поволжья // Эффективное природопользование на региональном, городском и муниципальном уровнях/ Сб. матер. Всеросс. науч.-практ. конф. Чебоксары, 2011. С. 158–162.

15. Рухин Л.Б. Основы литологии. Л.: Недра, 1969. 703 с.

16. Тамошайтис Ю.С., Мартинкенене Ф.П., Климкайте И.Н. Современные темпы осадконакопления и химический состав донных отложений как показатель антропогенного воздействия на водоемы // Палеолимонологический подход к изучению антропогенного воздействия на озера. Л., 1981. С. 27–35.

17. Янин Е. П. Особенности гранулометрического состава русловых отложений малой реки в зоне влияния промышленного города // Известия высших учебных заведений. Геология и разведка. 2009. № 3. С. 69–74.

E.V. Osmelkin, D.V. Ivanov, I.I. Ziganshin. **Characteristic of granulometric composition of bottom sediments of the water bodies of Predvolzhye of the Chuvash Republic.**

The article presents the results of analyses of granulometric composition of bottom sediments of the various types of water bodies of the Privolzhskaya Upland in the territory of the Chuvash Republic. The obtained data on the granulometric composition of bottom sediments can be used for monitoring the ecological status of water bodies in the region.

Keywords: lakes; bottom sediments; granulometric composition; the Chuvash Republic.