

Исследование особенностей химического состава разных типов грунта озер Средний и Верхний Кабан г. Казани

© Калайда Марина Львовна и Гордеева Мария Эдуардовна

Кафедра “Водные биоресурсы и аквакультура”. Казанский государственный энергетический университет. Ул. Красносельская, 51. г. Казань, 420066. Республика Татарстан. Россия.

Тел.: (843) 519-43-53. E-mail: Maria.Galeeva@gmail.com

*Ведущий направление; +Поддерживающий переписку

Ключевые слова: донные отложения, тяжелые металлы, водная экосистема, крупноалевритовые илы, мелкоалевритовые илы, песок.

Аннотация

В работе проведен анализ донных отложений озер Средний и Верхний Кабан г. Казани, испытывающих разную степень антропогенной нагрузки. Выделены 3 типа грунта, характеризующихся определенным набором признаков и свойств. Проведено исследование химического состава выделенных типов грунта, а также анализ содержания в них тяжелых металлов. Определение величин потерь при прокаливании позволило выявить количество органического вещества в исследуемых образцах.

Введение

Литературные данные исследования донных отложений Республики Татарстан свидетельствуют о том, что донные осадки озер представлены всеми типами отложений по гранулометрическому составу от песков до глинистых илов [1]. Илонакопление происходит в основном в летний период, и уже с наступлением осенних паводков аккумулярованные илистые отложения выносятся в более глубокие слои где и происходит их захоронение [2, 3].

Помимо гранулометрического исследования донных отложений принято определять содержание органического вещества грунта по величине потерь при прокаливании. Современные донные отложения большинства изученных озер РТ не содержат более 12% органического вещества, причем преобладают озера с низким содержанием органики (2-4%). Исключения составляют озера Столбище и Саламыковское Лаишевского района, где содержание органических веществ достигает 20%. Это объясняется расположением в освоенном сельскохозяйственном районе, в связи с этим, высокой биогенной нагрузкой. Однако из анализа фондовых материалов, в РТ имеется целый ряд озер, где донные отложения представлены органическими типами осадков. Величина потерь при прокаливании достигает 80%. Преимущественно это пойменные озера реки Камы [1].

В связи с проведенным литературным обзором интересным становится исследования гранулометрического состава, содержания органических веществ и тяжелых металлов в донных отложениях озер, располагающихся в черте города Казани и испытывающих разную степень антропогенной нагрузки.

В г. Казань располагается система озер Кабан, включающая 3 озера: Нижний Кабан, Средний Кабан и Верхний Кабан (рис. 1). Озера располагаются на первой надпойменной террасе р. Волга в долине, проходящей с юга – юго-запада на север – северо-восток. Общая протяженность долины составляет 9.5 км.



Рис. 1. Система озер Кабан (вид из космоса)

Озера данной системы относятся к русловым карстовым озерам. Карстовое происхождение устанавливается по значительным глубинам (24 м. – оз. С. Кабан, 14 м. – оз. В. Кабан) и приуроченности к закарстовым районам. В питании озер участвуют подземные карстовые воды, что было выявлено в 1833 г. [4].

На настоящий момент нагрузка на оз. С. Кабан сточными водами осуществляется за счет промышленных предприятий (ОАО «Генерирующая компания» Казанская ТЭЦ-1, ОАО «Казанский завод синтетического каучука», ЗАО «Казанский завод искусственных кож», ОАО «Казанский электротехнический завод», ОАО «Завод ЖБИ-3», ОАО «Промышленные строительные материалы», ОАО «Татстрой»), теплых вод Казанской ТЭЦ-1, поверхностного стока с муниципальных земель, частных домовладений, садовых товариществ. Оз. В. Кабан, расположенное в зеленой зоне г. Казань и испытывает незначительное воздействие с урбанизированной территории.

Таким образом, из всей системы озер было выбрано для исследования 2 озера – озеро Средний и Верхний Кабан. Озеро Средний Кабан в качестве объекта исследования было выбрано исходя из силы антропогенного воздействия: не только сточные воды промышленных предприятий и ливневая канализация, но и использование его в качестве водоема-охладителя Казанской ТЭЦ-1. Оз. Верхний Кабан было выбрано как модельное, используемое для сравнения, поскольку антропогенное воздействие на данное озеро минимально.

Цель работы – исследование особенностей разных типов грунта в озерах с разной степенью антропогенной нагрузки.

Экспериментальная часть

Для целей исследования были проведены:

- 1) морфометрический анализ исследуемых озер методом gps-навигации и эхолотации, включивший следующие замеры: длина озера, максимальная и минимальная ширины, площадь озера, рельефа дна и глубин (1483 измерения);
- 2) исследование грунта.

Анализ рельефа дна, глубин и грунтов проводился с помощью эхолота *Humminbird Piranha Max 210*. Для анализа грунта оз. С. Кабан и В. Кабан были поделены на квадраты размером 50×50 м.

В соответствии с гидрологическими, морфометрическими характеристиками озер и данными эхолота были выделены и отобраны на химический анализ три типа грунта. Отобранные образцы исследовали рентгенофлуоресцентным методом анализа по стандартизированной методике с помощью приборов: *CYP-02 «Реном ФВ»*, свидетельство о проверке №5017501 и *S2 PICOFOX*, свидетельство о проверке №5017506.

Для классификации образцов грунта использовалась классификация механических элементов почв Н.А. Качинского (1958), классификация осадков в водоемах Н.М. Страхова [2, 3].

Результаты и их обсуждение

Проведенное исследование гидрологических и морфометрических характеристик озер Средний и Верхний Кабан [5-7] позволили выделить 3 типа грунта. Для визуализации распределения выделенных типов грунта по акватории исследуемых озер были построены соответствующие карты-схемы по средствам программы *GeoMedia Pro 6.1* (рис. 2).

Каждый из выделенных типов грунта характеризуется определенным набором признаков и свойств.

Тип 1. По результатам гранулометрического и микроскопического анализа в отобранной пробе в среднем встречались зерна диаметром 0.018 мм (рис. 3). В соответствии с классификацией осадков в водоеме Н.М. Страхова этот диаметр соответствует мелкоалевритовым илам (0.05-0.01 мм). Визуальные признаки грунта: жидкий, зерна не различимы человеческим глазом, цвет черный с блестящим оттенком, маслянистый, вязкий, запах сероводорода (рис. 4). Окраска илов во многом определяется характером протекающих в них процессов [8]. Черный цвет илам первого типа придают образующиеся сульфиды, следовательно, у нас сероводородные илы. На карте-схеме дна озера (рис. 2) данный тип грунта отмечен черным цветом, показания эхолота изображены на рис. 4. Данный тип грунта приурочен к центральному, глубоководным (более 10 м) участкам озера и занимает 48.5 га, или 37.8% от всей

ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА РАЗНЫХ ТИПОВ ГРУНТА ОЗЕР... 55-61
 площади озера Средний Кабан и 2.42 га, или 8.53% от площади озера Верхний Кабан. Данный тип грунта отличается высокой плотностью 0.5-1.4 г/см³ [9].

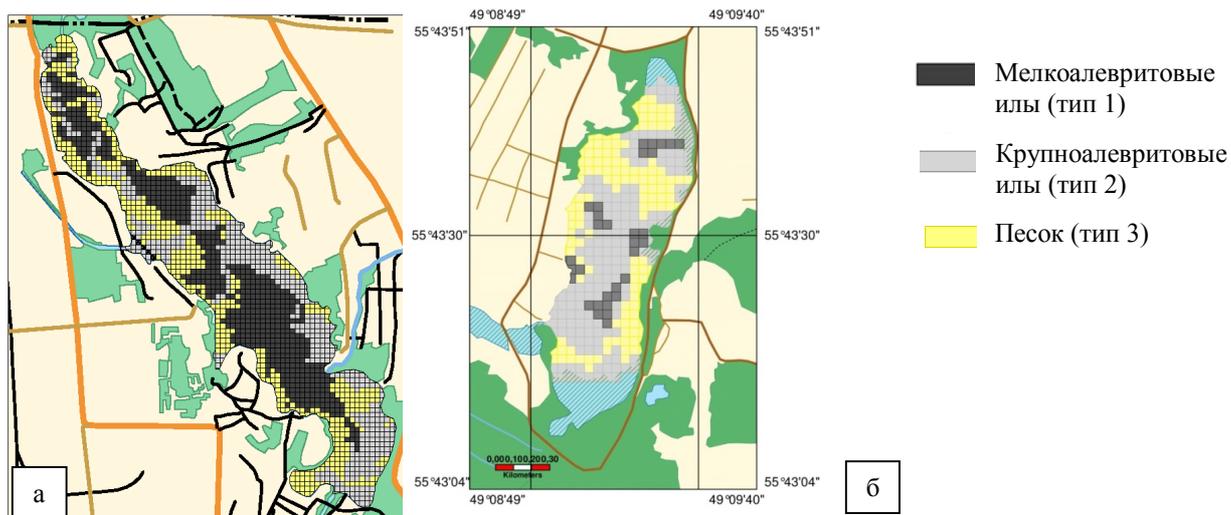


Рис. 2. Карта-схема дна озер Средний (а) и Верхний (б) Кабан

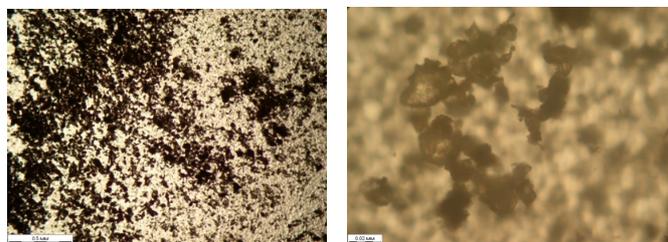


Рис. 3. Гранулометрический состав первого типа грунта



Рис. 4. Образец грунта и данные эхолота первого типа грунта

Тип 2. По результатам гранулометрического и микроскопического анализа в отобранной пробе были выявлены зерна диаметром от 0.05 до 0.1 мм (рис. 5). В соответствии с классификацией осадков в водоеме Н.М. Страхова этот диаметр соответствует крупноалевритовым илам (0.1-0.05 мм). Визуальные признаки грунта: студнеобразная масса, зерна не различимы человеческим глазом, цвет черный, вязкий, наблюдаются небольшие песчаные примеси, запах тины (рис. 6). Плотность грунта 0.2-0.4 г/см³ [8]. На карте-схеме дна озера (рис. 2) данный тип грунта отмечен серым цветом, показания эхолота изображены на рисунке 6. Данный тип грунта приурочен к прибрежным участкам озера и занимает 40.3 га, или 31.4% от всей площади озера Средний Кабан. Малый процент данного типа грунта наблюдается в центральных частях водоема. На озере Верхний Кабан наоборот, этот тип грунта также преобладает как в прибрежных, так и в центральных частях озера и занимает 13.18 га, или 46.46% от площади озера.

Тип 3. По результатам гранулометрического и микроскопического анализа были выявлены зерна диаметром от 0.078 до 0.556 мм (рис. 7). В соответствии с классификацией механических элементов почв Н.А. Качинского этот диаметр соответствует песку мелкой, средней и крупной фракции. В случайно отобранной пробе преобладали овальные фракции размером 0.28 мм. По преобладающим зернам, был сделан вывод, что данный тип грунта – это песок средней крупности (0.5-0.25 мм по классификации Н.А. Качинского). Визуальные признаки грунта: зерна различимы человеческим глазом, цвет серо-коричневый, небольшие илестые примеси (рис. 7). На карте-схеме дна озера (рис. 2) данный тип грунта отмечен желтым цветом, показания эхолота изображены на рис. 8. Данный тип грунта, также как и грунт второго типа, приурочен к прибрежным участкам озера и занимает 39.5 га, или 30.8% от всей площади озера Средний Кабан. Малый процент данного типа грунта наблюдается в центральных частях водоема. На озере Верхний Кабан песок различных фракций занимает 9.55 га, или 33.66% от площади водоема. Достаточное количество песчаного типа грунта на данном озере обусловлено намывом грунта и проведением берегоукрепительных работ.

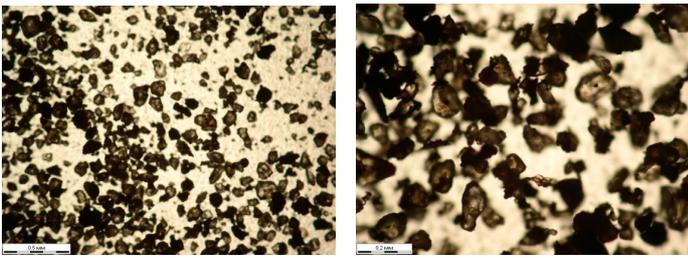


Рис. 5. Гранулометрический состав второго типа грунта



Рис. 6. Образец грунта и данные эхолота второго типа грунта

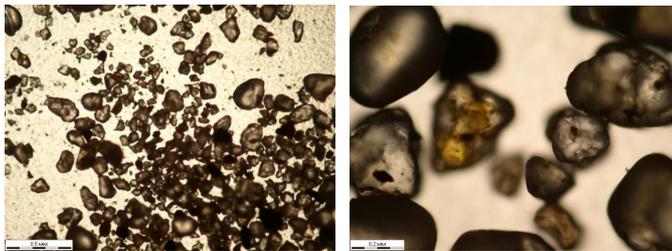


Рис. 7. Гранулометрический состав третьего типа грунта



Рис. 8. Образец грунта и данные эхолота третьего типа грунта

Таким образом, по сравнению с оз. Средний Кабан, на оз. Верхний Кабан сменился доминирующий тип грунта (табл. 1).

Табл. 1. Сравнительный анализ площадей грунтов на оз. В. Кабан и С. Кабан

| Тип грунта | S в оз.Верхний Кабан, га | % от S _{общ} (оз. Верхний Кабан) | S в оз.Средний Кабан, га | % от S _{общ} (оз. Средний Кабан) |
|------------|--------------------------|-------------------------------------------|--------------------------|-------------------------------------------|
| 1 | 2.42 | 8.53 | 48.5 | 37.8 |
| 2 | 13.18 | 46.46 | 40.3 | 31.4 |
| 3 | 9.55 | 33.66 | 39.5 | 30.8 |

В озере Верхний Кабан аналогично с оз. Средний Кабан в центральной, глубоководной части озера встречаются мелкоалевритовые илы, а ближе к периферии крупноалевритовые илы и песок различных фракций. Однако в оз. Средний Кабан преобладающим является 1 тип грунта – мелкоалевритовые илы, в то время как на данном озере его доля от всей площади озера минимальна и составляет 8.5%. Преобладающим типом грунта в оз. Верхний Кабан являются крупноалевритовые илы.

Если соединить построенную карту-схему донных отложений оз. Средний Кабан с данными выпуска ливневых вод (рис. 9), то можно сделать вывод, что мелкоалевритовые илы характеризуют как наиболее глубокие места озера, так и близлежащие места сброса ливневых вод. Особенно четко это прослеживается в северо-западной части озера выше сброса теплых вод объекта энергетики, где присутствует циркуляция и виден процесс илонакопления и перераспределения взвешенного материала в ложе водоема. Исключение составляет чертов угол, где вблизи сброса ливневых вод не наблюдаются мелкоалевритовые илы. Возможно это связано с заростаемостью берега высшей водной растительностью.

Для оценки химического состава исследуемых образцов грунта были проведены исследования рентгенофлуоресцентным методом анализа, результаты которого приведены на рис. 10-12.

Как показало исследование, качественный состав грунта оказался богаче у первого типа, то есть в центральных частях озера, самым бедным признан третий тип грунта – это песчаные фракции вблизи береговой линии. Второй тип грунта, крупноалевритовый ил прибрежной части, занял промежуточное положение. По содержанию химических элементов:

Тип 1: 16 химических элементов (Ca > Fe > Si > S > K > Ti > Mn > Sr > Cu > Zr > Zn > Cr > Pb > Rb > Y > Br). Преобладающим элементом является кальций, также высоко содержание железа и кремния;

Тип 2: 15 химических элементов ($Si > Ca > K > Fe > S > Ti > Mn > Cu > Zn > Zr > Cr > Sr > Pb > Rb > Y$). В отличие от типа 1 в данном грунте отсутствует бром. Меняется доминирующий элемент – кальций вытесняется кремнием, который в свою очередь переходит на третье место. Значительно сокращается концентрация железа (в 2 раза), опускаясь на четвертое место уступает по концентрации калию;

Тип 3: 12 химических элементов ($Si > K > Ca > Fe > Cr > Ti > Mn > Cu > Zn > Zr > Cr > Sr$). В отличие от типа 1 отсутствует бром, сера, свинец и иттрий. Доминирующим элементом остается кремний как и в типе грунта 2 типа. Концентрация калия повышается по сравнению с первым и вторым типом грунта. Также наблюдается значительное увеличение концентрации хрома (\approx в 4 раза).

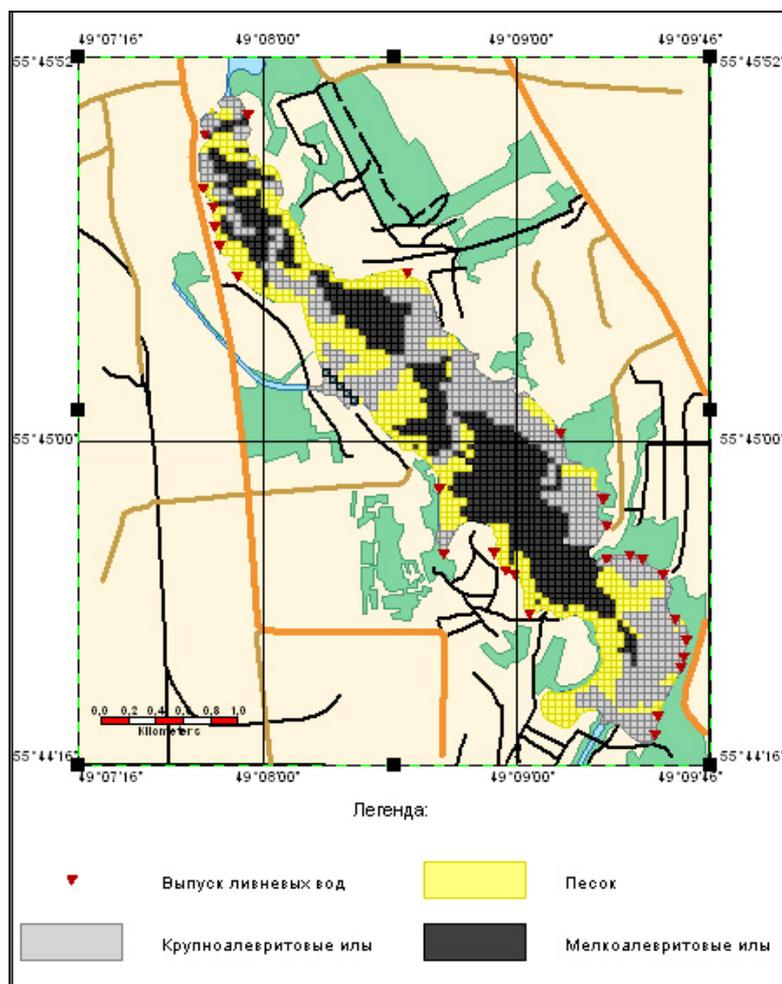


Рис. 9. Карта-схема донных отложений и сброса ливневых вод оз. Средний Кабан

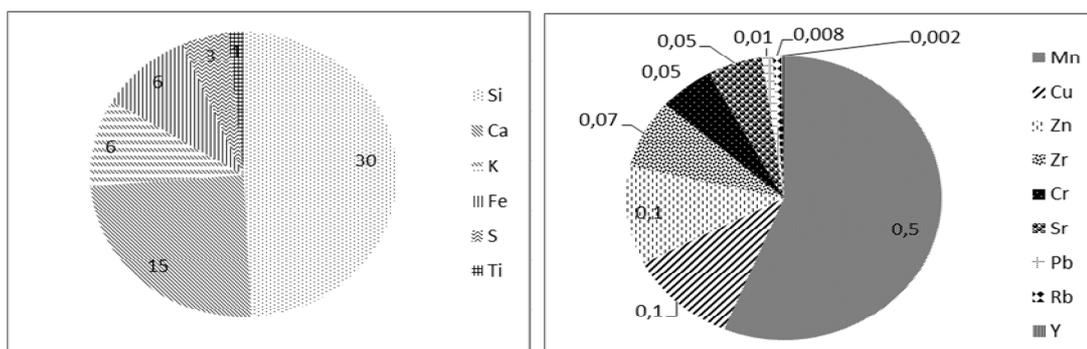


Рис. 10. Химический состав первого типа грунта, %

Для 2 и 3 типов грунта характерны ряды: $Ti > Mn > Cu > Zn > Zr > Cr$, в типе грунта 1 Zn и Zr меняются местами, что приводит к выводу о увеличении содержания Zr в грунте при

Полная исследовательская публикация _____ Калайда М.Л. и Гордеева М.Э.
 увеличении в нем доли органического вещества (0.04 (тип грунта 3) > 0.07 (тип грунта 2) > 0.09 (тип грунта 1)).

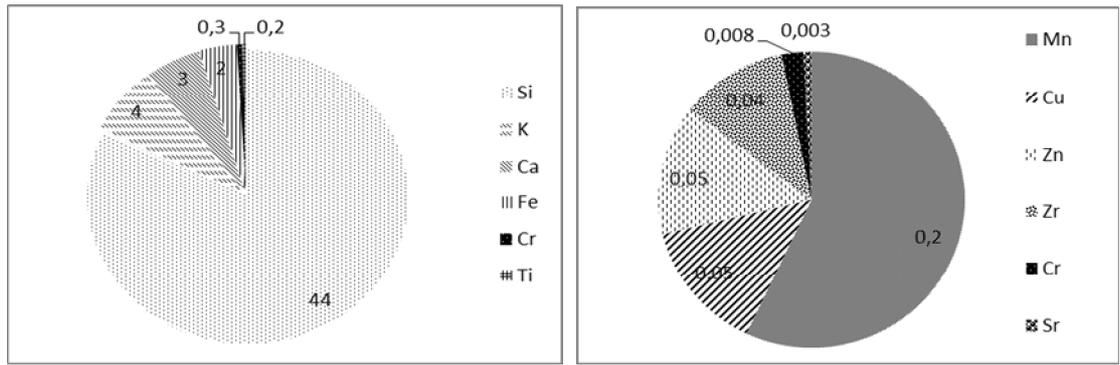


Рис. 11. Химический состав второго типа грунта, %

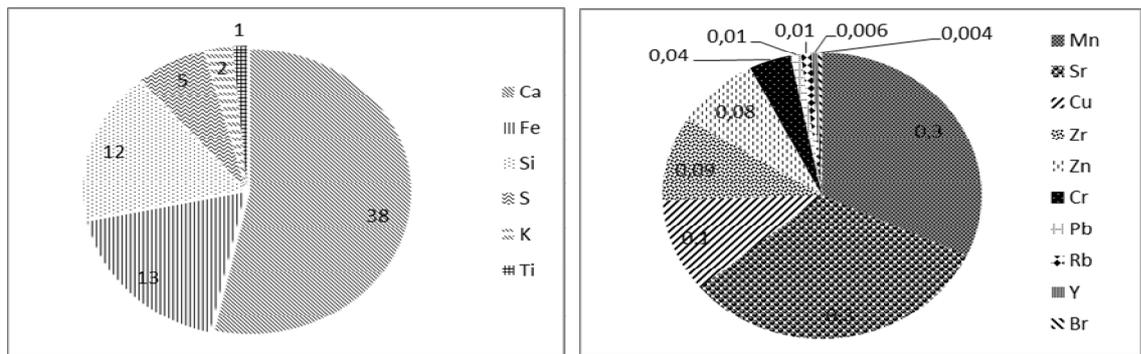


Рис. 12. Химический состав третьего типа грунта, %

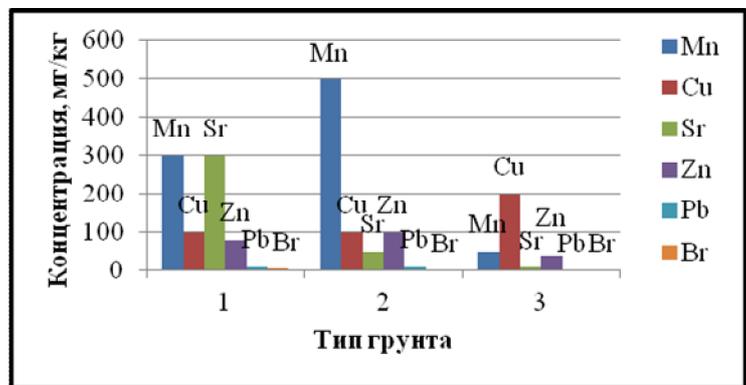


Рис. 13. Концентрации основных тяжелых металлов в разных типах грунта

Табл. 2. Содержание тяжелых металлов в разных типах грунта оз. Средний Кабан

| Металлы | С _{сред.} мг/кг | | | Фон для илистых донных отложений озер РТ | С _{сред./Фон} , мг/кг | | |
|---------|--------------------------|------------------------|-------------------------|------------------------------------------|--------------------------------|------------------------|-------------------------|
| | Мелко-алевритовые илы | Крупно-алевритовые илы | Песок различных фракций | | Мелко-алевритовые илы | Крупно-алевритовые илы | Песок различных фракций |
| Fe | 13000 | 6000 | 2000 | 29400 | 0.44 | 0.2 | 0.06 |
| Mn | 300 | 500 | 50 | 648 | 0.46 | 0.77 | 0.07 |
| Cu | 100 | 100 | 200 | 26 | 3.84 | 3.84 | 7.69 |
| Sr | 300 | 50 | 8 | - | - | - | - |
| Zn | 80 | 100 | 40 | 84 | 0.95 | 1.19 | 0.47 |
| Pb | 10 | 10 | 0 | 29 | 0.34 | 0.34 | 0 |
| Br | 4 | 0 | 0 | - | - | - | - |

Среднее содержание органического вещества оценивалось по величине потерь при прокаливании (ППП), которая максимальна у первого типа грунта, мелкоалевритовые илы, –

ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА РАЗНЫХ ТИПОВ ГРУНТА ОЗЕР... __ 55-61
12.4%, у второго – 4.1% и у третьего 1.5%. Для сравнения, в донных отложениях озер Предкамья РТ ППП составляют 2.83% в литорали и 6.69% в профундали [1].

В исследуемых нами образцах грунта из наиболее распространенных групп тяжелых металлов встречались такие как: медь (Cu), цинк (Zn), марганец (Mn), хром (Cr), стронций (Sr) и свинец (Pb; кроме типа грунта 3) в ионной форме (рис. 13, табл. 2).

В целом, можно отметить, что наблюдается рост концентрации тяжелых металлов от песчаных фракций к илистым и с увеличением доли органического вещества в грунте (рис. 13). Исключение составляет концентрация меди, которая максимальна в песчаных фракциях, где минимально содержание органического вещества.

Все тяжелые металлы в донных отложениях за исключением меди и цинка не превышают фоновое их содержание по Республики Татарстан (табл. 2). Концентрация меди превышает фоновое содержание в 3.84 раза в илистых грунтах и в 7.69 в песчаных, а цинка только в крупноалевритовых илах в 1.2 раза.

Выводы

1. Донные отложения озер Средний и Верхний Кабан представлены 3 типами грунта: мелкоалевритовые илы, крупноалевритовые илы и песок различных фракций.
2. В условиях промышленного загрязнения (озеро Средний Кабан) в донных отложениях озера преобладают мелкоалевритовые илы (37.8%) с количеством органического вещества до 12.4% от сухой массы грунта по сравнению с озером без промышленного загрязнения (озеро Верхний Кабан), где преобладают крупноалевритовые илы (46.7%) с меньшим количеством органического вещества (до 4.1%).
3. Мелкоалевритовые илы приурочены к наиболее глубоким местам озера и местам сброса ливневых сточных вод.
4. В условиях промышленного загрязнения (озеро Средний Кабан) отмечается превышение фонового содержания в грунте тяжелых металлов, например, меди (в 3.84 раза в илистых грунтах и в 7.69 раз в песчаных) и цинка (в 1.2 в песчаном грунте).

Литература

- [1] Зиганшин И.И. Донные отложение озер Республики Татарстан. Автореферат по специальности 25.00.23 «Физическая география и биогеография, география почв и геохимия ландшафта»: Ярославль. **2005**. 24с.
- [2] Афанасьева Т.Ф., Василенко В.И., Терешина Т.В., Шеремет Б.В. Почвы СССР. М.: Мысль. **1979**. 380с.
- [3] Научно-информационный портал ВНИИГи. Донные отложения. [Электронный ресурс]. – URL: http://science.viniti.ru/index.php?&option=com_content&task=view&Itemid=139&Section=&id=316&id_art=E000489 (дата посещения: 17.04.2014 г.)
- [4] Сементовский В.Н., Воробьев Н.И. Физико-географические экскурсии в окрестностях города Казани. Казань: ТАТГОСИЗДА. **1940**. 105с.
- [5] Галеева М.Э., Калайда М.Л., Лапин А.А. Абиотические факторы среды рыбохозяйственного водоема. Вестник государственной полярной академии. **2011**. №1 (12). С.42.
- [6] Калайда М.Л., Лапин А.А., Зеленков В.Н., Попов А.И., Русаков А.В., Галеева М.Э. Антиоксидантная активность – интегральный показатель характеристики грунтов в водных экосистемах. Бутлеровские сообщения. **2012**. Т.30. №4. С.140-146.
- [7] Калайда М.Л., Галеева М.Э. Сравнительный анализ донных отложений в озерах Средний и Верхний Кабан в условиях разной степени антропогенной нагрузки. Материалы докладов XVI аспирантско-магистерского научного семинара, посвященного «Дню энергетика». Казань: КГЭУ. **2012**. Т.1. С.116.
- [8] Иванов Д.В. Донные отложения озера Средний Кабан города Казани. Георесурсы. **2012**. №7(49). С.18-23.
- [9] Законнов В.В. Осадконакопление и аккумуляция биогенных элементов в донных отложениях Куйбышевского водохранилища. Формирование и динамика полей гидрологических и гидрохимических характеристик по внутренним водоемам и их моделирование. СПб: Гидрометеоиздат. **1993**. С.25-39.