

УДК 574.524:574.64:550.47

ЭКОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ НЕКОТОРЫХ РАЙОНОВ КАСПИЙСКОГО МОРЯ

Ершова Т. С.¹, Зайцев В. Ф.¹, Чаплыгин В. А.², Шабоянц Н. Г.³

¹*ФГБОУ ВО «Астраханский государственный технический университет», Астрахань,
Российская Федерация*

²*Волжско-Каспийский филиал ФГБНУ ВНИРО («КаспНИРХ»), Астрахань,
Российская Федерация*

³*ФГБОУ ВО «Астраханский государственный медицинский университет» Министерства
здравоохранения Российской Федерации, Астрахань, Российская Федерация
E-mail: ershova_ts@mail.ru*

Представлены результаты исследования содержания химических элементов в различных экологических формах донных отложений Каспийского моря. Показано, что все исследованные виды донных отложений Каспийского моря отличались наибольшей степенью аккумуляции железа. В Северной и Средней части Каспийского моря в наименьших концентрациях отмечена ртуть. Илистые и песчаные формы донных отложений по сравнению с ракушечными аккумулируют металлы в большей мере. В грунтах Северной части Каспийского моря происходило осаждение таких элементов как свинец, цинк, никель, хром и марганец, а в грунтах Средней части Каспийского моря – кадмий, медь, железо и ртуть. Существенных различий в накоплении кобальта грунтами Северной и Средней части Каспийского моря не выявлено.

Ключевые слова: химические элементы, аккумуляция, донные отложения, ракушечные, песчаные, илистые грунты, Каспийское море.

ВВЕДЕНИЕ

Известно, что процессы формирования ресурсного потенциала Каспийского моря происходят под влиянием различных экологических факторов, одними из которых является геохимический и гидрологический режим моря. Экосистема самых продуктивных районов моря – Северного и Среднего Каспия находится в состоянии антропогенного напряжения, в результате которого на этой акватории происходит изменение химических и физических параметров среды.

Исследования элементного состава компонентов экосистемы позволяют оценить биогеохимическое состояние Каспийского моря в целом и выявить угрозу снижения видового биоразнообразия гидробионтов.

Загрязнение морской среды считается основным фактором, угрожающим сохранению биологического разнообразия и разрушающим среду обитания водных биоресурсов в Каспийском бассейне.

Донные отложения, благодаря их способности аккумулировать многие органические и неорганические соединения, могут быть фактором риска для всей водной экосистемы. Так как большая часть тяжелых металлов депонируется в

донных отложениях [1–3], являющихся консервативным компонентом водной экосистемы в цикле миграции загрязняющих веществ, то они отображают всю информацию о химическом составе водоема, масштабах техногенного загрязнения. Таким образом, донные отложения способствуют самоочищению водной среды и в то же время превращаются в источник вторичного загрязнения водоема, влияя на внутренние процессы. При этом даже если содержание металлов в донных отложениях не является экстремально высоким, их воздействие на отдельные компоненты экосистемы может быть значимым [4].

Известно, что большая удельная концентрация тяжелых металлов наблюдается в мелких фракциях донных отложений [5–7]. По классификации Н. Гуи [8] к таковым относятся ил и песок. Степень токсичности поллютантов в грунтах зависит от того, в каких концентрациях и в какой форме они существуют в окружающей среде. Поглотительная способность донных отложений характеризуется площадью сорбционной поверхности, емкостью катионного обмена, связывающего комплекса, прочностью связывания, которая находится в зависимости от физико-химических факторов на границе раздела фаз с водой [9].

Являясь продуктом процесса самоочищения, донные отложения служат верным индикатором степени загрязненности водной экосистемы в системе экологического мониторинга [10–13].

В настоящее время в Российской Федерации отсутствуют утвержденные нормативы содержания загрязняющих веществ в донных отложениях. Донные отложения, в зависимости от состава и происхождения, обладают неодинаковой способностью к снижению токсичности водной среды. Для различных донных отложений нормативы содержания в них токсичных веществ различаются [14].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объектами исследования являлись донные отложения Северной и Средней частей Каспийского моря: илистый, песчаный и ракушечный.

Образцы проб различных видов грунтов получены в результате экспедиций в период с 2014 по 2020 гг.

При определении ртути в объектах использовали ртутный анализатор РА – 915+ с приставкой РП-91-С, а при определении концентрации остальных химических элементов – атомно-абсорбционный спектрометр с электротермической атомизацией МГА-915 МД.

Концентрацию ртути выражали в мг/кг сырого веса, а концентрацию остальных химических элементов – в мг/кг сухого веса.

Полученные результаты подвергали статистическому анализу.

Поскольку в Российской Федерации пока не установлены стандарты качества донных отложений, оценка степени загрязненности исследуемых осадков выполняется согласно рекомендаций СП 11-102-97 на основе соответствия уровней содержания загрязняющих веществ критериям для экологической оценки загрязненности грунтов, по *Neue Niederlandische Liste. Altlasten Spektrum 3/95* («Голландские листы»). А также для оценки использовались канадские стандарты

ЭКОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ...

качества морских донных отложений [15], разработанные специально для защиты водной биоты.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты исследований представлены в таблице 1.

Железо в донных отложениях Северной части Каспийского моря колебалось в пределах от $413,5 \pm 1,5$ мг/кг (ракушечный грунт) до $2915,5 \pm 2,5$ мг/кг (илистый грунт), а в Средней части Каспийского моря от $118,9 \pm 1,4$ мг/кг (ракушечный грунт) до $7390,8 \pm 5,4$ мг/кг (илистый грунт). Максимальные значения железа выявлены в илистых донных отложениях, а минимальные – в ракушечных. При этом следует отметить, что его содержание выше в песчаных донных отложениях Средней части Каспийского моря ($3202,9 \pm 2,2$ мг/кг) почти в 1,5 раза, а в илистых ($7390,8 \pm 5,4$ мг/кг) – более чем в 2 раза, чем в Северной части Каспийского моря. Отмечено преимущественное осаждение железа илистыми и песчаными грунтами Средней части Каспийского моря.

Таблица 1
Содержание химических элементов в донных отложениях Каспийского моря, мг/кг

Виды донных отложений	Fe	Cu	Mn	Zn	Ni,	Co	Cr	Pb	Cd	Hg
Северная часть Каспийского моря										
Илистые	$2915,5 \pm 2,5$	$8,2 \pm 0,4$	$215,0 \pm 1,1$	$15,8 \pm 0,8$	$20,2 \pm 1,1$	$5,9 \pm 0,7$	$16,7 \pm 0,9$	$11,2 \pm 0,9$	$0,9 \pm 0,1$	$0,009 \pm 0,001$
Песчаные	$2249,7 \pm 3,4$	$4,3 \pm 0,4$	$70,3 \pm 1,1$	$11,9 \pm 0,6$	$8,3 \pm 0,6$	$4,8 \pm 0,5$	$7,7 \pm 0,7$	$8,2 \pm 0,7$	$0,7 \pm 0,1$	$0,002 \pm 0,0004$
Ракушечные	$413,5 \pm 1,5$	$6,1 \pm 0,8$	$8,7 \pm 0,4$	$4,9 \pm 0,3$	$12,9 \pm 0,8$	$11,2 \pm 0,4$	$18,3 \pm 0,2$	$6,9 \pm 0,2$	$0,6 \pm 0,02$	$0,01 \pm 0,0002$
Средняя часть Каспийского моря										
Илистые	$7390,8 \pm 5,4$	$16,4 \pm 1,2$	$72,04 \pm 1,5$	$10,1 \pm 0,3$	$12,2 \pm 0,4$	$7,2 \pm 0,6$	$12,1 \pm 0,3$	$9,5 \pm 0,9$	$1,3 \pm 0,1$	$0,01 \pm 0,002$
Песчаные	$3202,9 \pm 2,2$	$8,74 \pm 0,9$	$46,3 \pm 1,7$	$9,8 \pm 0,9$	$7,9 \pm 0,9$	$2,9 \pm 0,3$	$7,2 \pm 0,8$	$3,1 \pm 0,3$	$0,8 \pm 0,1$	$0,004 \pm 0,0001$
Ракушечные	$118,9 \pm 1,4$	$10,7 \pm 0,4$	$4,3 \pm 0,6$	$2,7 \pm 0,6$	$12,3 \pm 0,36$	$11,2 \pm 0,33$	$14,3 \pm 0,5$	$5,2 \pm 0,7$	$0,9 \pm 0,1$	$0,02 \pm 0,002$

Медь в илистых донных отложениях Северной части Каспийского моря достигала значения $8,22 \pm 0,35$ мг/кг, тогда как в песчаном грунте уровень аккумуляции ниже почти в 2 раза и составлял $4,26 \pm 0,41$ мг/кг. В ракушечных

грунтах эти значения выше, чем в песчаном, но ниже, чем в илистом и составляли $6,07 \pm 0,77$ мг/кг. Илистые донные отложения Средней части Каспийского моря концентрировали также наибольшее количество вышеуказанного химического элемента по сравнению с песчаными и ракушечными, и зафиксировано превышение содержания меди в 2 раза в илистых донных отложениях Средней части Каспийского моря по сравнению с таковыми Северной части Каспийского моря. Следует отметить, что наибольшие значения аккумуляции меди в Северной и Средней частях Каспийского моря в илистом типе грунта, а наименьшие – в песчаном. Концентрация меди в донных отложениях Северной части Каспийского моря в 2 раза ниже, чем в Средней части Каспийского моря. Таким образом, низкое содержание меди наблюдались в прибрежной зоне по сравнению с внешней частью каспийского шельфа. Аналогичная закономерность была описана ранее для донных отложений Черного моря [16].

Полученные низкие значения содержания меди в донных отложениях Северной и Средней части Каспийского моря обусловлены материнскими породами Прикаспийской низменности и связаны с дефицитом ее в почвах Астраханского региона [17, 18] и слабым накоплением меди в грунтах изученных районов Каспийского моря.

Известно, что почвообразующие породы Прикаспийской низменности представлены в основном марганец содержащими глинами [19]. Содержание марганца в грунтах достаточно высокое, особенно в Северной части Каспийского моря, куда он поступает с речным стоком. Концентрация марганца в илистых донных отложениях Северной части Каспийского моря максимальная и составляла $215,02 \pm 1,1$ мг/кг, что в 3 раза больше, чем в песчаных и в 23 раза больше, чем в ракушечных. Аккумуляция данного металла илистыми донными отложениями в Средней части Каспийского моря, как и в Северной части Каспийского моря, тоже наибольшая ($72,04 \pm 1,5$ мг/кг), минимальными концентрациями отличались ракушечные грунты ($4,3 \pm 0,6$ мг/кг). Выявлено превышение содержания марганца в Северной части Каспийского моря по сравнению со Средней части Каспийского моря: в песчаных и ракушечных грунтах в 2 раза, а в илистых в 3 раза [20].

Из изученных видов донных отложений Северной части Каспийского моря цинк аккумулировался в основном в илистых, где он достигал $15,9 \pm 0,8$ мг/кг, несколько ниже его зафиксировано в песчаном грунте ($11,9 \pm 0,6$ мг/кг) и в 3 раза меньше по сравнению с илистыми донными отложениями концентрация цинка в ракушечных грунтах.

Уровень аккумуляции цинка донными отложениями Северной части Каспийского моря выше уровня Средней части Каспийского моря. По мнению Е. В. Островской с соавторами [4], цинк поступает в Северную часть Каспийского моря с волжским стоком, и оседает в мелководной зоне, концентрируясь в ее осадках. Полученные средние значения содержания цинка в грунтах Северной и Средней части Каспийского моря были существенно ниже зарубежных стандартов качества.

Железо и цинк являются широко распространенными элементами в земной коре. Их высокие концентрации обусловлены антропогенным влиянием [4].

Никель также имел сходную картину распределения в различных видах донных отложений в Северной и Средней частях Каспийского моря. Максимальные значения показателя отмечены в илистых грунтах, причем в Северной части Каспийского моря эти значения в 2 раза были выше, чем в Средней части Каспийского моря ($20,23 \pm 1,12$ мг/кг и $12,19 \pm 0,35$ мг/кг соответственно). Никель, также как и кобальт, приносят в Северную часть Каспийского моря речные воды [4]. Содержание никеля в песчаных и ракушечных грунтах статистически не отличались в Северной и Средней части Каспийского моря. Концентрация никеля в исследованных донных отложениях ниже допустимого уровня (35 мг/кг) зарубежных стандартов качества.

Кобальт в Северной и Средней частях Каспийского моря имел сходную картину распределения в различных видах донных отложений: ракушечный > илистый > песчаный. Следует отметить, что значения аккумуляции кобальта илистыми и ракушечными грунтами в Северной и Средней части Каспийского моря находились на одном и том же уровне (7 мг/кг и 11 мг/кг для илистых и ракушечных грунтов соответственно). В то же время в песчаных донных отложениях Северной части Каспийского моря концентрация металла в 2 раза выше, чем в Средней части Каспийского моря. Возможно, это связано с тем, что песчаные грунты Северной части Каспийского моря накапливают кобальт из речного стока.

Уровень аккумуляции хрома илистыми донными отложениями Северной части Каспийского моря достоверно выше такового значения в Средней части Каспийского моря ($16,73 \pm 0,92$ и $12,11 \pm 0,25$ мг/кг соответственно), в ракушечных грунтах отмечена аналогичная картина ($18,27 \pm 0,21$ и $14,32 \pm 0,48$ мг/кг соответственно). Концентрация хрома в песчаных грунтах в Северной и Средней части Каспийского моря не имела статистических различий.

Свинец, также как и кадмий, в большей мере аккумуляровался илистыми донными отложениями Северной части Каспийского моря, где его концентрация составляла – $11,15 \pm 0,94$ мг/кг. Концентрация свинца в песчаных и ракушечных грунтах в 1,4 и 1,6 раза ниже соответственно. В Северной части Каспийского моря концентрация свинца выше, чем в Средней части Каспийского моря ($11,15 \pm 0,94$ и $9,47 \pm 0,97$ мг/кг соответственно), т.е. происходило его осаждение в грунтах Северной части Каспийского моря. Свинец в большей мере аккумуляровался илистыми донными отложениями ($9,47 \pm 0,97$ мг/кг), а наименьшим количеством свинца обладали песчаные грунты ($3,10 \pm 0,30$ мг/кг), что также меньше, чем в Северной части Каспийского моря. В донных отложениях не выявлено превышение допустимых уровней по свинцу в сравнении с зарубежными стандартами качества (Критерии экологической оценки, Канадские стандарты качества морских донных отложений) [15].

Результаты исследований свидетельствуют о том, что в Северной части Каспийского моря по содержанию кадмия наибольшим значением отличались илистые донные отложения ($0,9 \pm 0,04$ мг/кг) [20]. Концентрация этого металла в песчаных и ракушечных грунтах, по сравнению с илистым, ниже в 1,3 и 1,5 раза, соответственно, и накопление металла ракушечными грунтами минимальное – $0,7 \pm 0,02$ мг/кг сухого вещества. В Средней части Каспийского моря кадмий в

максимальном количестве аккумулировался илистыми грунтами ($1,3 \pm 0,13$ мг/кг), а в минимальном – песчаными ($0,80 \pm 0,08$ мг/кг). Ранее Е. В. Островская с соавторами [4] отмечали самые высокие концентрации кадмия в осадках глубоководных зон Средней части Каспийского моря, в то же время в прибрежной части наблюдались более низкие его концентрации. По данным Е. В. Островской с соавторами [4] в период с 2012–2014 гг. донные осадки характеризовались высоким уровнем обогащения кадмием. При этом максимальных значений кадмий достигал в 2014 г. и составлял 0,25 мг/кг. Сравнивая наши данные, с ранее опубликованными [4], можно отметить дальнейшее увеличение концентрации кадмия во всех видах исследованных донных отложений.

Ракушечные грунты по сравнению с песчаными и илистыми отличались максимальными значениями ртути ($0,0095 \pm 0,0002$ мг/кг), а значение ртути в иле выше более чем в 4 раза, чем в песке ($0,0087 \pm 0,0004$ и $0,002 \pm 0,0004$ мг/кг). В донных отложениях Средней части Каспийского моря отмечена аналогичная закономерность: наибольшие значения металла выявлены в ракушечных грунтах ($0,016 \pm 0,002$ мг/кг). Несколько ниже отмечены значения ртути в илистых грунтах ($0,012 \pm 0,002$ мг/кг). А песчаные отложения отличались минимальными значениями, которые в 3 и 4 раза ниже, чем в илах и ракушечных грунтах. При сравнении донных отложений Северной и Средней частей Каспийского моря по уровню накопления исследованного металла показано, что концентрация ртути во всех типах грунтов выше в Средней части Каспийского моря. Ранее на это обращали свое внимание Е. А. Романкевич и Н. А. Айбулатов [22]. При этом они отмечали сильное загрязнение донных осадков северо-западной части Средней части Каспийского моря. По сравнению со значениями концентрации ртути в донных отложениях северо-западной части Каспийского моря за 2014 год [4] наши значения ниже [20]. Полученные средние концентрации ртути в различных грунтах Северной части Каспийского моря также ниже зарубежных стандартов качества.

Таким образом, в Северной и Средней частях Каспийского моря выявлены особенности распределения химических элементов в различных типах донных отложений:

Северная часть Каспийского моря

Илистые донные отложения: Fe>Mn>Ni>Cr>Zn>Pb>Cu>Co>Cd>Hg;

Песчаные донные отложения: Fe>Mn>Zn>Ni>Pb>Cr>Co>Cu>Cd>Hg;

Ракушечный донные отложения: Fe>Cr>Ni>Co>Mn>Pb>Cu>Zn>Cd>Hg.

Средняя часть Каспийского моря

Илистые донные отложения: Fe>Mn>Cu>Ni>Cr>Zn>Pb>Co>Cd>Hg;

Песчаные донные отложения: Fe>Mn>Zn>Cu>Ni>Cr>Pb>Co>Cd>Hg;

Ракушечный донные отложения: Fe>Cr>Ni>Co>Cu>Pb>Mn>Zn>Cd>Hg [20].

Все типы донных отложений отличались наибольшей степенью аккумуляции железа и наименьшей – ртути.

В Северной части Каспийского моря накопление таких элементов как свинец, цинк, кобальт (песчаный грунт), никель (илистый грунт), марганец и хром (илистый и ракушечный грунты) выше, чем в Средней части Каспийского моря.

Содержание большинства металлов в донных отложениях Северной и Средней частях Каспийского моря находятся в пределах нормы зарубежных стандартов качества. Исключение составляет кадмий, что свидетельствует о высоком уровне загрязнения донных отложений (особенно илистых) Северной и Средней частей Каспийского моря.

На основании вышесказанного выявлены некоторые особенности распределения изученных металлов в донных отложениях Северной и Средней части Каспийского моря. Так, в Северной части Каспийского моря, по сравнению со Средней частью Каспийского моря, в илах шло в основном накопление никеля, марганца и хрома. Песчаные грунты в большей мере аккумулировали свинец, кобальт и марганец, ракушечные грунты – железо, марганец. В Средней части Каспийского моря преимущественно аккумулировались илами медь, железо; песчаным грунтом – медь, железо, ракушечным – кадмий, медь.

Различия в содержании остальных элементов в грунтах Северной и Средней части Каспийского моря недостоверны ($p > 0,05$).

Илистые и песчаные грунты по сравнению с ракушечными аккумулировали металлы в большей мере. Это связано с тем, что по своим свойствам илистые и песчаные грунты похожи: обладают высокой пористостью. При этом илы образуются как структурный осадок в воде при наличии микробиологических процессов, поэтому они богаче содержанием органических веществ, которые в песке не задерживаются. Помимо этого известно, что аккумуляция металлов в профиле почв зависит от наличия в нем гумуса и илистой фракции [23], уменьшение количества металлов связано с уменьшением количества гумуса и илистой фракции. Этим можно объяснить накопление элементов преимущественно илистыми донными отложениями по сравнению с песчаными и ракушечными.

На фоне результатов исследований других типов донных отложений илистые являлись основными накопителями металлов (свинца, меди, цинка, железа, никеля, марганца); ракушечные – кобальта. Накопление кобальта можно объяснить преимущественным его накоплением раковиной моллюсков. На что ранее указывала Ю. С. Зверькова [24] в отношении моллюсков *Viviparus viviparus*. По мнению А. В. Махлун с соавторами [25] некоторые металлы, такие как никель и кобальт способны аккумулироваться в раковинах моллюсков в достаточно высоких концентрациях. Так, в ракушечных грунтах зафиксировано достаточно высокое количество никеля и хрома. Следует отметить, что различия в уровнях накопления указанных элементов в ракушечных грунтах, как в Северной части Каспийского моря, так и в Средней части Каспийского моря недостоверны. Ракушечные грунты Северной части Каспийского моря по сравнению с песчаными и илистыми отличались максимальными значениями ртути ($0,0095 \pm 0,0002$ мг/кг).

Илистые и песчаные донные отложения имели сходную картину распределения химических элементов. Ряд убывания содержания металлов в илистых и песчаных донных отложениях Северной и Средней части Каспийского моря содержит общие черты в распределении некоторых элементов:

$Fe > Mn > Zn > Pb > Co > Cd > Hg$,

а ряд убывания содержания тяжелых металлов в ракушечных грунтах:

Fe > Cr > Ni > Co > Pb > Zn > Cd > Hg.

При этом илистые донные отложения аккумулировали вышеперечисленные микроэлементы в большей степени, чем песчаные. Так, например, концентрация ртути в иле превосходила в 4 раза таковую в песке. Известно, что илы часто становятся депо накопления загрязняющих веществ токсичными для донных обитателей, источником вторичного загрязнения вод [23, 24].

В грунтах Северной части Каспийского моря происходило осаждение таких химических элементов как свинец, цинк, никель, хром и марганец, а в грунтах Средней части Каспийского моря – кадмий, медь, железо и ртуть. Существенных различий в накоплении кобальта грунтами Северной и Средней части Каспийского моря не выявлено. Накопление металлов в районе зоны смешения морских и речных вод является следствием работы маргинального фильтра океанов, который способен осаждать около 90 % взвешенных и 40 % растворенных форм тяжелых металлов [23], являясь своего рода естественным барьером на пути поступления в мировой океан материковых загрязнений. Здесь вследствие коагуляции начинают интенсивно осаждаться тяжелые металлы, такие как Mn, Ni, Zn и Pb.

Для сравнения содержания элементов в земной коре и донных отложений Северной и Средней частей Каспийского моря (северо-западная часть) рассчитаны кларки концентраций элементов относительно кларков по А. П. Виноградову, которые отражены в таблице 2.

Таблица 2

Кларки концентрации химических элементов

		Fe	Cu	Mn	Zn	Ni	Co	Cr	Pb	Cd	Hg
Кларк по А. П. Виноградову (1957) [25]		38000	20	850	50	40	8	200	10	0,5	0,01
Северная часть Каспийского моря	Ил	0,07	0,41	0,25	0,32	0,50	0,87	0,08	1,12	1,86	0,87
	Песок	0,06	0,21	0,08	0,24	0,21	0,60	0,04	0,82	1,42	0,2
	Ракушка	0,01	0,30	0,01	0,09	0,32	1,40	0,09	0,69	1,28	0,95
Средняя часть Каспийского моря	Ил	0,19	0,82	0,08	0,20	0,30	0,90	0,06	0,95	2,6	1,2
	Песок	0,08	0,44	0,05	0,19	0,20	0,36	0,03	0,31	1,6	0,4
	Ракушка	0,003	0,54	0,01	0,05	0,31	1,40	0,07	0,52	1,94	1,6

Следует отметить, что все исследованные металлы, кроме кадмия и ртути, имеют низкую биофильность, в связи с тем, что их концентрация ниже, чем в литосфере.

Рассчитанные нами кларки концентрации указывали на колебание значений для донных отложений Северной и Средней части Каспийского моря в пределах единицы, что свидетельствует об их рассеянии в минеральном теле. При этом наименьшие кларки концентрации показаны для марганца, хрома, никеля, цинка и железа. Высокие значения кларков концентрации кадмия свидетельствуют об их

накоплении, а, следовательно, можно говорить о некотором загрязнении этим металлом.

В связи с тем, что Астраханская область территориально близка с Каспийским морем, находится в пределах одной литосферной плиты, целесообразно сравнить содержание некоторых изученных химических элементов в основных типах почв Астраханской области и донных отложениях Каспийского моря. Результаты представлены в таблице 3.

Таблица 3
Содержание меди, цинка и марганца в различных типах донных отложений водных и наземных экосистем Прикаспийской низменности в мг/кг сухого вещества

Виды грунтов	Cu	Zn	Mn
Северный Каспий			
Илистый	8,22±1,5	15,84±3,17	215,02±21,06
Песчаный	4,26±0,41	11,90±1,55	70,33±16,1
Ракушечный	6,07±0,77	4,85±1,28	8,65±0,35
Средний Каспий			
Илистый	16,38±1,22	10,14±1,18	72,04±12,48
Песчаный	8,74±0,94	9,84±0,87	46,28±8,66
Ракушечный	10,70±1,02	2,72±0,62	4,34±0,55
Среднее содержание микроэлементов в основных типах почв Астраханской области (Гундарева,2006)			
Почвы	16,6	47,8	152,1

Региональные ландшафтно-геохимические исследования показали основные закономерности дифференциации анализируемых в работе химических элементов.

Грунты и почвы исследованных территорий и акваторий, являются отчасти, составной частью почвенного покрова Прикаспийской низменности. В свою очередь, исследуемые почвы в сравнении с почвами центральной части РФ, представляют молодое образование. Их формирование во многом зависело от изменения уровня Каспийского моря, влияющего на химический состав и местоположение почвообразующих пород, что создало своеобразную неоднородность и малый размер различных структурных и химических групп почв области.

Согласно данным А. Н. Гундаревой [17] по меди, цинку и марганцу, в почвах Астраханской области содержится достаточно высокое количество марганца по сравнению с медью и цинком и показано низкое содержание меди, что связано с особенностями почвообразующих пород Прикаспийской низменности и вполне согласуется с результатами наших исследований.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты проведенных исследований по выявлению содержания Fe, Cu, Mn, Ni, Zn, Co, Cr, Pb, Cd, Hg Каспийского моря показали:

1. Илистые донные отложения являются основными накопителями некоторых металлов (Pb, Cu, Zn, Fe, Ni, Mn) по сравнению с песчаными и ракушечными;
2. Во всех исследованных видах донных отложений Северной и Средней части Каспийского моря в наибольшем количестве аккумулируется железо ($7390,83 \pm 5,44$ мг/кг), а в наименьшем – ртуть ($0,002 \pm 0,0004$ мг/кг);
3. В донных отложениях Северной части Каспийского моря из изучаемых элементов осаждаются свинец, цинк, никель, хром и марганец, а Средней части Каспийского моря – кадмий, медь, железо и ртуть.

Научно-исследовательская работа выполнена в рамках государственного задания Федерального агентства по рыболовству на 2020 год по теме: «Исследование содержания тяжелых металлов в кормовой базе и промысловой ихтиофауне Каспийского моря» № госрегистрации АААА-А20-120032590074-3

Список литературы

1. Алекин О. А. Основы гидрохимии / О. А. Алекин – Л.: Гидрометеиздат, 1970. – С.17–28.
2. Алексеенко В. А. Экологическая геохимия / В. А. Алексеенко – М.: Логос, 2000. – 670 с.
3. Брагинский Л. П. Критерии и мера токсичности в биомониторинге речных бассейнов / Л. П. Брагинский // Антропогенные влияния на водные экосистемы. – М., 2005. – С. 9–20.
4. Островская Е. В. Загрязняющие вещества в водах Волжско-Каспийского бассейна / Е. В. Островская, В. Ф. Бреховских, З. В. Волкова – Астрахань: Сорокин Роман Васильевич, 2017. – С. 236–251.
5. Папина Т. С. Пробоотбор, как важная составляющая экоаналитического контроля речных экосистем / Т. С. Папина // Экологическая химия. – 2004. – С. 47–53.
6. Christensen B. T. Physical fractionation of soil and structural and functional complexity in organic matter turnover / B. T. Christensen // Europ. J. Soil Sci. – 2001. – Vol. 52. – P. 345–353.
7. Eyrikh S. S. Mercury in glacier ice as indicator of paleo pollution (the prospects and first results from Belukha glacier, Siberian Altai) / S. S. Eyrikh, M. Schwikowski, H. W. Gaggeler // High Latitude Paleoenvironments Meeting. – Moscow, 2002. – P. 28–29
8. Gyu H. Laboratory theory and methods for sediments analysis / H. Gyu // U.S. Geological Survey Techniques of Water Resources Investigations. – 1969. – № 5, chapter C1. – P. 58.
9. Болотов В.П. Оценка содержания и миграция тяжелых металлов в экосистемах Волгоградского водохранилища: дис. ... канд. биол. наук. / В. П. Болотов. – Москва, 2015. – 120 с.
10. Campbell C. A. Tillage-fertilizer changes: Effect on some soil quality attributes under long-term crop rotations in a thin black Chernozem / C. A. Campbell, F. Selles, G. P. Lafond, V. O. Biederbek, R. P. Zentner // Can. J. Soil Sci. – 2001. – V.81. – P.157–165.
11. Meng Wei. On approaches of estuarine ecosystems health studies / Wei Meng, Lusan Liu // Estuarine, Coast, and Shelf Sci. – 2010. – Vol. 86, № 3. – P. 313–316.
12. Нахшин Е. П. Тяжелые металлы в системе вода – донные отложения / Е. П. Нахшин. – Л.:Наука, 1982. – С. 215.
13. Денисова А. И. Донные отложения водохранилищ и их влияние на качество воды / А. И. Денисова, Е. П. Нахшина, Б. И. Новиков, А. К. Рябов – Киев: Наукова думка, 1987. – 164 с.
14. Нахшин Е. П. Тяжелые металлы в системе вода – донные отложения / Е. П. Нахшин. – Л.:Наука, 1982. – С. 215.
15. CCME (Canadian Council of the Ministers of the Environment). Canadian Environmental Quality Guidelines Winnipeg, 2001.

16. Техногенное загрязнение и процессы естественного самоочищения Прикавказской зоны Черного моря. – М.: Недра, 1996. – 502 с.
17. Гундарева А. Н. Биогенная миграция меди, цинка и марганца в наземных экосистемах Астраханской области: дисс. ... канд. биол. наук: 03.00.32 Биологические ресурсы / А. Н. Гундарева. – Астрахань, 2006. – 186 с.
18. Шабоянц Н. Г. Биохимические особенности миграции металлов в пресноводных и морских экосистемах Волго-Каспийского бассейна: автореф. дисс. ... канд. биол. наук: 03.00.18 Гидробиология / Н. Г. Шабоянц – Астрахань, 2009. – 24 с.
19. Батовская Е. К. Уровни содержания тяжелых металлов в Прикаспийской низменности / Е. К. Батовская, А. А. Жилкин, И. В. Халяпина // Вестник РУДН. Сер. Экология и безопасность жизнедеятельности. – 2003. – № 8. – С. 134–139.
20. Чаплыгин В. А. Тяжелые металлы в кормовых организмах и осетровых (*Acipenser persicus* и *Acipenser gueldenstaedtii*) Каспийского моря в связи с условиями обитания: дисс. ... канд. биол. наук: 03.02.06 Ихтиология / В. А. Чаплыгин – Астрахань, 2019. – 184 с.
21. Зайцев В. Ф. Ртуть и кадмий в экосистеме Каспийского моря / В. Ф. Зайцев, Т. С. Ершова, В. А. Чаплыгин, А. С. Танасова // Современные методы исследования содержания тяжелых металлов в окружающей среде (Череповец, 14–16 мая 2018 г.): тезисы Всероссийской научной конференции и школы-семинара для молодых ученых, аспирантов и студентов. – Череповец: Череповецкий гос. ун-т, 2018. – 78 с.
22. Романкевич Е. А. Геохимическое состояние морей России и здоровье человека / Е. А. Романкевич, Н. А. Айбулатов // Вестник отделения наук о земле РАН. – 2004. – № 1. – С. 1–16.
23. Гордеев В. В. Система река-море и ее роль в геохимии океана: дисс. ... док. геолого-мин. наук: 25.00.28 Океанология / В. В. Гордеев. – М., 2009. – 240 с.
24. Зверькова Ю. С. Экологическая оценка реки Днепр (в пределах Смоленской области) по комплексу гидрохимических и гидробиологических показателей дисс. ... канд. биол. наук: 03.02.08 – Экология / Ю. С. Зверькова. – Тольятти, 2011. – 222 с.
25. Махлун А. В. Микроэлементный состав донных сообществ авандельты Волги и западной части Северного Каспия: дисс. ... канд. биол. наук: 03.02.10 Гидробиология / А. В. Махлун – Севостополь, 2017. – 157 с.
26. Виноградов А. П. Геохимия редких и рассеянных химических элементов в почвах. / А. П. Виноградов – М.: изд.-во АН СССР, 1957. – 298 с.

ECOLOGICAL AND GEOCHEMICAL FEATURES OF BOTTOM SEDIMENTS IN SOME AREAS OF THE CASPIAN SEA

Yershova T. S.¹, Zaitsev V. F.¹, Chaplygin V. A.², Shaboyants N. G.³

¹*Astrakhan State Technical University, Astrakhan, Russia*

²*Volga-Caspian Branch of the All-Russian Scientific Research Institute of Fisheries and Oceanography-KaspNIRKh, Astrakhan, Russia*

³*Astrakhan State Medical University of the Ministry of health of the Russian Federation, Astrakhan, Russia*

E-mail: ershova_ts@mail.ru

The Caspian Sea is the only body of water of its kind, which is characterized by a peculiar species composition of organisms, among which sturgeon fish species are of the greatest value. Pollution of the marine ecosystem destroys the habitat of aquatic bioresources, which affects the conservation of the biological diversity of the Caspian Sea.

Studies of the elemental composition of ecosystem components allow us to assess the biogeochemical state of the Caspian Sea as a whole and identify the threat of reducing the species biodiversity of hydrobionts.

The chemical composition of bottom sediments largely determines the biomass of benthos, which plays an important role in the nutrition of valuable commercial species of sturgeon, and is also one of the sources of water enrichment with biogenic substances. At the same time, soils serve as an indicator of the degree of contamination of the aquatic ecosystem. Due to the fact that the soil-forming rocks of the Caspian lowland are mainly represented by manganese-containing clays, the content of manganese in the soils of the studied area of the Caspian Sea is quite high, especially in the Northern part of the Caspian Sea, where it enters with river runoff.

It was found that all the studied types of bottom sediments of the Caspian Sea were characterized by the highest degree of iron accumulation; in the Northern and Middle parts of the Caspian Sea, mercury was the lowest concentration. Silty and sandy bottom sediments accumulate metals to a greater extent than shell sediments. This is due to the fact that the properties of silty and sandy bottom sediments are similar: they have a high porosity. In the soils of the Northern part of the Caspian Sea, such elements as lead, zinc, nickel, chromium and manganese are deposited, and in the soils of the Middle part of the Caspian Sea – cadmium, copper, iron and mercury. There were no significant differences in the accumulation of cobalt in the soils of the Northern and Middle parts of the Caspian Sea.

Keywords: chemical elements, accumulation, bottom sediments, shell, sandy, silty soils, Caspian Sea.

References

1. Alekin O. A. *Fundamentals of hydrochemistry*, 17 (Leningrad : Gidrometeoizdat, 1970). (in Russ.).
2. Alekseenko V. A. *Environmental Geochemistry*, 670 (Logos, M., 2000). (in Russ.).
3. Braginsky L. P. Criteria and measure of toxicity in biomonitoring of river basins, *Anthropogenic effects on aquatic ecosystems*, 9 (2005). (in Russ.).
4. Ostrovskaya E. V., Brekhovskikh V. F., Volkova Z. V. *Pollutants in the waters of the Volga-Caspian Basin*, 236 (Astrakhan: Roman V. Sorokin, 2017). (in Russ.).
5. Papina T. S. Sampling as an important component of ecoanalytic control of river ecosystems. *Environmental chemistry*, 47 (2004). (in Russ.).
6. Christensen B. T. Physical fractionation of soil and structural and functional complexity in organic matter turnover. *Europ. J. Soil Sci.*, 52, 345 (2001).
7. Eyrikh S. S., Schwikowski M., Gaggeler H. W. Mercury in glacier ice as indicator of paleo pollution (the prospects and first results from Belukha glacier, Siberian Altai). *High Latitude Paleoenvironments Meeting*, 28 (Moscow, 2002). (in Russ.).
8. Gyu H. Laboratory theory and methods for sediments analysis, *U.S. Geological Survey Techniques of Water Resources Investigations*, 5, 58 (1969).
9. Bolotov V. P. *Assessment of the content and migration of heavy metals in the ecosystems of the Volgograd reservoir*: dis. ... cand. biol. sciences, 120 (Moscow, 2015). (in Russ.).
10. Campbell C. A., Selles F., Lafond G. P., Biederbek V. O., Zentner R. P. Tillage-fertilizer changes: Effect on some soil quality attributes under long-term crop rotations in a thin black Chernozem, *Can. J. Soil Sci.*, 18, 157 (2001).
11. Meng Wei, Lusan Liu. On approaches of estuarine ecosystems health studies, *Estuarine, Coast and Shelf Sci.*, 86 (3), 313 (2010).
12. Nachshin E. P. *Heavy metals in the system water – sediment*, 215 (L.:Nauka, 1982). (in Russ.).

13. Denisova A. I., Nakhshina E. P., Novikov B. I., Ryabov A. K. *Bottom sediments of the reservoirs and their impact on water quality*, 164 (Kiev: Naukova dumka, 1987). (in Russ.).
14. Nakhshin E. P. Heavy metals in the water-bottom sediments system, 215 (L.: Nauka, 1982).
15. CCME (Canadian Council of the Ministers of the Environment). *Canadian Environmental Quality Guidelines Winnipeg* (2001). (in Russ.).
16. *Technogenic pollution and the processes of natural self-purification of the Pre-Caucasian zone of the Black Sea*, 502 (M.: Nedra, 1996). (in Russ.).
17. Gundareva A. N. *Biogenic migration of copper, zinc and manganese in terrestrial ecosystems of the Astrakhan region*: diss. ... cand. biol. sciences: 03.00.32 Biological resources, 186 (Astrakhan, 2006). (in Russ.).
18. Shaboyants, N. G. *Biochemical features of metal migration in freshwater and marine ecosystems of the Volga-Caspian basin*: abstract. diss. ... cand. biol. sciences: 03.00.18 Hydrobiologiya, 24 (Astrakhan, 2009). (in Russ.).
19. Batovskaya E. K., Zhilkin A. A., Khalyapina I. V. Levels of heavy metal content in the Caspian lowland. *Bulletin of the RUDN. Ser. Ecology and life safety*, **8**, 134. (2003). (in Russ.).
20. Chaplygin V. A. *Heavy metals in forage organisms and sturgeon (Asipseg persicus and Acipenser gueldenstaedtii) Of the Caspian Sea in connection with habitat conditions*: diss. ... cand. biol. sciences: 03.02.06 Ichthyology, 184 (Astrakhan, 2019). (in Russ.).
21. Zaitsev V. F., Ershova T. S., Chaplygin V. A., Tanasova A. S. *Mercury and cadmium in the ecosystem of the Caspian sea. Modern methods for studying the content of heavy metals in the environment*: Abstracts of the all-Russian scientific conference and school-seminar for young scientists, postgraduates and students (Cherepovets, may 14-16, 2018), 78 (Cherepovets: Cherepovets state University. UN-t, 2018). (in Russ.).
22. Romankevich E. A., Aybulatov N. A. Geochemical state of the seas of Russia and human health. *Bulletin of the Department of Earth Sciences of the Russian Academy of Sciences*, **1**, 16. (2004). (in Russ.).
23. Gordeev V. V. *The river-sea system and its role in ocean geochemistry*: Diss. ... doctor of geological and mineral sciences: 25.00.28 Oceanology, 240 (Moscow, 2009). (in Russ.).
24. Zverkova Yu. S. *Ecological assessment of the Dnieper river (within the Smolensk region) according to the complex of hydrochemical and hydrobiological indicators* diss. ... cand. biol. sciences: 03.02.08-Ecology, 222 (Tolyatti, 2011). (in Russ.).
25. Makhlyn A. V. *Microelement composition of the bottom communities of the Volga Avandelta and the western part of the Northern Caspian* : diss. ... cand. biol. sciences: 03.02.10 Gidrobiologiya, 157 (Sevastopol, 2017). (in Russ.).
26. Vinogradov A. P. *Geochemistry of rare and scattered chemical elements in soils*, 298 (M.: Publishing house of the USSR Academy of Sciences, 1957). (in Russ.).