

ТИПЫ И ФАКТОРЫ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ФИНСКОГО ЗАЛИВА И ЕГО БЕРЕГОВОЙ ЗОНЫ

Представлены результаты изучения загрязнения современных донных осадков, природных вод и почв береговой зоны Финского залива. Особое внимание уделено закономерностям распределения гексанрастворимых нефтепродуктов. Полученные результаты показывают, что с увеличением антропогенного воздействия возрастает среднее гармоническое содержание нефтепродуктов как в природных водах, так и в почвах и в донных осадках конкретных участков береговой зоны, вследствие чего происходит увеличение доли проб с концентрацией нефтепродуктов выше регионального фона. Северная и южная части акватории залива существенно отличаются по уровню развития антропогенных процессов и по масштабам техногенного загрязнения.

Ключевые слова: Финский залив, загрязнение донных осадков и природных вод, нефтепродукты.

V. Shakhverdov, M. Shakhverdova

TYPES AND FACTORS OF THE CONTAMINATION THE EASTERN GULF OF FINLAND AND ITS COASTAL ZONE

The paper presents the results of the study of the contamination of modern bottom sediments, natural waters and soils of the coastal zone of the Gulf of Finland. A particular attention is paid to the distribution of hexane soluble oil products. The results show that increasing of harmonic mean content of oil products in natural waters, soils and sediments is controlled by extension of technogenic impact. Also there is an increase of the proportion of samples with a concentration of oil products above the regional background. The northern and southern parts of the Gulf are substantially different in the level of anthropogenic processes and scale of anthropogenic pollution.

Keywords: Gulf of Finland, contamination of bottom sediments, natural waters and soils, oil products.

В последние годы Финский залив испытывает все возрастающее техногенное воздействие. Промышленность и интенсивное судоходство являются главными его источниками. Грузооборот через расположенные здесь порты возрастает стремительными темпами, особенно в связи с функционированием 9-го международного транспортного коридора. В районе городов Приморска, Высоцка и Усть-Луги полномасштабно работают портовые комплексы. На сегодняшний день общий годовой грузопоток через порты Балтийского бассейна составляет около 210 миллионов тонн. Только через Финский залив он уже превышает 190 миллионов тонн. В результате этого чрезвычайно важным фактором, определяющим на ближайшие годы состояние окружающей среды в регионе, становятся объекты транспортного комплекса и специализированной нефтегазовой инфраструктуры. Акватория Финского залива служит конечным бассейном стока; именно сюда в итоге попадает большинство поллютантов, что приводит к загрязнению объектов природной среды Финского залива. Большие массы загрязняющих веществ вовлекаются в процессы миграции и осадконакопления и вследствие этого могут попадать в трофические цепи.

Прежде чем говорить о загрязнении Финского залива, необходимо определить понятие «загрязнение». В Конвенции по защите морской среды района Балтийского моря 1992 года [5, с. 15] дается следующее определение: «Загрязнение означает внесение человеком прямо или косвенно в морскую среду, включая эстуарии, веществ или энергии, которые могут создавать опасность для здоровья человека, наносить вред живым экосистемам, препятствовать законным видам использования моря, включая рыболовство, ухудшать качество морской воды или уменьшать возможности использования моря для отдыха». Как видно из данного определения, формулировка относится к морским условиям, кроме того, загрязнение связывается только с деятельностью человека, при этом не учитываются другие факторы. В следующей формулировке делается попытка определения источника загрязнения: «Загрязнение — привнесение в среду или возникновение в ней новых, обычно не характерных для нее физических, химических, информационных или биологических агентов или превышение в рассматриваемое время естественного среднесуточного уровня (в пределах его крайних колебаний) концентрации перечисленных агентов в среде, нередко приводящее к негативным последствиям» [9]. Суммируя сказанное выше, основное понятие загрязнения можно сформулировать проще и короче: «Загрязнение — это все то, что проявляется не в том месте, не в то время и не в том количестве, какое естественно для природы, то, что выводит ее системы из состояния равновесия» [4].

Источники загрязнения окружающей среды принято разделять на природные и антропогенные. Основными видами или типами загрязнения являются:

- механическое — повышение содержания механических примесей, свойственных, как правило, поверхностным видам загрязнений;
- химическое — наличие в воде, в донных осадках и почвах органических и неорганических веществ токсического и нетоксического действия;
- бактериальное и биологическое — наличие в воде, в донных осадках и почвах разнообразных патогенных микроорганизмов, грибов и мелких водорослей;
- радиоактивное — присутствие радиоактивных веществ в поверхностных или в подземных водах, в донных осадках и почвах;
- тепловое — выпуск в водоемы подогретых вод тепловых и атомных ЭС.

Загрязнение восточной части Финского залива за счет источников **природного происхождения**, как правило, не имеет существенного значения.

Механическое загрязнение акватории Финского залива связано с разрушением (размывом) берегов в результате волнового воздействия и воздействия течений. Уровень природного механического загрязнения относительно не велик. Наиболее характерны процессы размыва берегов для южного и восточного районов Финского залива, что определяется невысокой устойчивостью ледниковых и дочетвертичных песчаных и песчано-глинистых отложений, слагающих берега этих районов.

Химическое загрязнение связано с двумя типами геологических объектов. Во-первых, это дикинонемовые сланцы копорской свиты нижнего ордовика, которые содержат повышенные содержания урана, ванадия и большой группы химических элементов. Образующиеся продукты выветривания сланцев попадают в миграционные процессы и выносятся в морскую среду. Во-вторых, железомарганцевые конкреции, которые, кроме промышленных содержаний железа и марганца, значительно обогащены Mo, As, P, Co, Ni и др. Это тем более важно, так как, по данным мониторинга [3], в результате изменения условий седиментации после отработки месторождений ЖМК наблюдаются процессы растворения конкреций и селективного выноса из них химических элементов.

Радиоактивное загрязнение в пределах акватории определяется радием, который накапливается в донных осадках в связи с процессами образования железомарганцевых конкреций. В среднем концентрация ^{226}Ra в различных морфологических типах конкреций составляет до 629 Бк/кг, в то время как фон радия в песках равен 27 Бк/кг, а в алевропелитах — 52 Бк/кг [1]. Кроме радия в береговой зоне опасность представляет радон. Зоны повышенной его концентрации в почвенном воздухе тяготеют к тектоническим нарушениям новейшей активизации. На Карельском перешейке радоноопасные зоны носят локальный характер. Распределение повышенных концентраций радона имеет на большей части Ломоносовского района региональный характер. Но в пределах акватории радон не представляет опасности.

Как было отмечено ранее, наибольшую опасность для восточной части Финского залива представляет загрязнение **промышленного происхождения**:

Механическое загрязнение связано с проведением гидротехнических работ и работ по намыву территорий. В период их проведения интенсивность такого загрязнения весьма значительна. Так, по данным спутниковых наблюдений в период с 2006 г. по 2008 г. степень загрязнения вод взвешенными веществами на значительной части Невской губы и восточной части Финского залива достигала 100 и более мг/л [1]. При этом шлейф взвеси распространялся на расстояние до 200 км. Кроме Невской губы механическое загрязнение сопровождается работами по строительству порта Усть-Луга в Лужской губе.

Распространение *бактериального загрязнения* связано с фекальными стоками и выражается в аномальном значении колли-индекса. Биологическое загрязнение напрямую зависит от поступления в акваторию фосфора и выражается в аномальном развитии синезеленых водорослей. В районах южного берега Финского залива эти процессы протекают более активно.

Радиоактивное загрязнение береговой зоны и прилегающей к ней акватории возникло в результате прохождения над частью территории «чернобыльского облака». Это районы Лужской губы и Нарвского залива, а также центральная часть Выборгского залива, где наблюдается повышенная активность ^{137}Cs .

Тепловое загрязнение связано со сбросом вод контура охлаждения Ленинградской атомной электростанции в Копорскую губу.

Химическое загрязнение. Воды Финского залива принимают огромные объемы самых разнообразных продуктов хозяйственной деятельности человека. Основным их источником являются объекты инфраструктуры Санкт-Петербурга. Наиболее распространенными загрязняющими веществами, важнейшими с точки зрения оценки и прогноза эколого-геологического состояния Финского залива, являются тяжелые металлы (Cu, Zn, Cr, Co, Ni, Cd, As, Pb, Hg), нефтепродукты (НП) и фенолы. Средние фоновые их содержания не превышают ПДК для вод водных объектов, используемых для рыбохозяйственных целей (табл. 1). В то же время концентрации поллютантов в природных водах характеризуются высокой степенью неоднородности. Превышение ПДК по содержанию тяжелых металлов характерно для природных вод в районах порта «Высоцк» ($Z_c = 1,5-11,0$: Pb, Zn) [2] и нефтяного терминала «Приморск» ($Z_c = 2,3-3,4$: Cu, Pb), участков «Бронка — Лебяжье» ($Z_c = 1,6-6,9$: Pb, Cu, Zn, Co) и «Курортный» ($Z_c = 2,2-3,8$: Cu), а также для р. Луга и сбросовых вод ЛАЭС. В придонных водах центральной части Финского залива отмечено превышение ПДК по As. Воды Балтийского моря в целом характеризуются содержанием фенолов, превышающим ПДК. На этом фоне аномальные концентрации фенолов установлены в районе очистных сооружений г. Выборга (9,5 ПДК), в Приморске (до 10,4 ПДК) и в р. Рощинке (8,0 ПДК).

Таблица 1

Значение ПДК и регионального геохимического фона некоторых элементов и соединений в природных водах восточной части Финского залива и его береговой зоны

Элементы	Cu	Zn	Cr	Co	Ni	Cd	As	Pb	Hg	НП	Фенолы
ПДК, мг/дм ³	0,005	0,05	0,02	0,005	0,01	0,01	0,01	0,01	0,0001	0,05	0,001
С _{ф.} , мг/дм ^{3*}	0,0014	0,0086	0,0016	0,0005	0,0007	<0,0001	0,0015	0,0011	—	0,023	0,003

* С_{ф.} — среднее гармоническое содержание, мг/дм³

Основной депонирующей средой, в которой концентрируется химическое загрязнение, являются донные осадки. Хельсинкской конвенцией 1992 года определены основные вредные вещества, приоритетные для изучения [5]. В первую очередь это тяжелые металлы. Они присутствуют практически во всех промышленных и бытовых стоках, сопровождающих свалки, зоны дноуглубления, дампинга и захоронения оружия. Большая часть тяжелых металлов имеет высокую биологическую активность. В то же время обоснованность использования существующих ГОСТ, ПДК и ОДК, санитарных норм и правил (СанПиН), нормирующих содержание токсических веществ для оценки воздействия поллютантов на здоровье человека, неоднозначна. Тем более что донные отложения не представляют прямой угрозы для человека, так как не имеют непосредственного с ним контакта. Поэтому для изучения закономерностей распределения и особенностей концентрации различных химических элементов в современных донных осадках и почвах при проведении сравнительного анализа уровня их накопления применялись такие понятия, как региональный фон (С_{ф.}), коэффициент концентрации (К_с) относительно этого фона и суммарный показатель загрязнения (Z_с) [1].

Как показали проведенные исследования [6; 7; 8], для оценки регионального фона эффективно применение среднего гармонического. Полученные таким образом значения регионального фона для Финского залива приведены в таблице 2.

Таблица 2

Значение регионального геохимического фона химических элементов в донных осадках и почвах восточной части Финского залива и его береговой зоны

Элементы	MnO	V	Cr	Co	Ni	Mo	Sn	Cu	Pb	Zn	Ag
С _{ф.} *	0,03	11,9	19,1	2,8	6,9	1,1	2,0	11,6	18,9	34,3	0,024

* С_{ф.} — среднее гармоническое содержание (MnO, %; остальные — ppm).

Для восточной части Финского залива составлена схема размещения аномалий тяжелых металлов, цезия и нефтепродуктов (рис. 1). Для ее составления использовались данные приближенно-количественного эмиссионного спектрального анализа, выполненного в лаборатории ФГУП «ВСЕГЕИ», результаты гамма-спектрометрического (¹³⁷Cs) и флуориметрического (нефтепродукты) методов. Было рассчитано значение суммарного показателя загрязнения по десяти основным элементам: Mn, V, Cr, Co, Ni, Mo, Sn, Cu, Pb, Zn. Огра-

ниченный перечень включенных в обработку элементов определяется несколькими основными факторами. Во-первых, задачей выявления по геохимическим данным загрязненных участков акватории и берега, а также реальных и потенциальных источников загрязнения, что наиболее важно на этапе мелкомасштабного исследования, а не конкретного состава компонентов загрязнения. Во-вторых, комплексом элементов, который в результате предварительного анализа является наиболее представительным с точки зрения получения информации об источниках загрязнения в районе исследований. В-третьих, надежностью определения элементов в разные годы проведения аналитических работ.

Представленная схема дает достаточно полное представление об особенностях пространственного распределения химического загрязнения и его уровне в современных донных осадках восточной части Финского залива Балтийского моря.

По значению суммарного показателя загрязнения приняты четыре градации загрязнения почв и донных осадков: $Z_c < 16$; Z_c от 16 до 32; Z_c от 32 до 128; $Z_c > 128$ [2]. Выявление современных донных осадков и почв с уровнем суммарного показателя загрязнения более 32, по нашему мнению, является прямым признаком нарушения экологической обстановки, в то время как загрязнение с уровнем от 16 до 32 служит косвенным показателем экологической опасности.

Анализ данной схемы показывает, что в восточной части Финского залива могут быть выделены зоны комплексного геохимического загрязнения. Наиболее высокий уровень концентрации химических элементов установлен в осадках, которые формируются в акватории Санкт-Петербургского морского порта. Суммарный показатель загрязнения достигает здесь 300 единиц. Для центральной части Невской губы характерно загрязнение с уровнем от 50 до 100 единиц. В периферической ее части отмечен ряд аномалий с показателем загрязнения от 32 до 50 единиц, связанных с запуском северных очистных сооружений, южного и северного створов защитных сооружений, с южной Лахтой и с гаванями военно-морской базы Балтийского флота. Кроме этого, отмечаются отдельные участки с опасным уровнем загрязнения в прибрежной зоне Лахты, Васильевского острова, Стрельны.

В акватории Выборгского залива уровень загрязнения современных донных осадков составляет 16–32 единицы и более 128. Аномалии здесь имеют широкое площадное распространение. На отдельных участках дна значения суммарного показателя загрязнения осадков достигают 350 единиц. Главной опасностью выявленных в Выборгском заливе комплексных геохимических аномалий является их пространственное расположение в районе прохождения трассы газопровода «Северный поток». Кроме этого, высокие концентрации химических элементов в донных осадках сопровождают месторождения ЖМК.

Локальное загрязнение донных осадков и почв тяжелыми металлами отмечено в районах порта «Высоцк» и терминалов «Лукойл-2» и «Приморск», г. Сосновый Бор, пос. Б. Ижора, Лебяжье.

Одной из главных проблем является выявление источников загрязнения. В этом смысле интересные данные могут быть получены при анализе ассоциаций химических элементов и корреляционных связей между ними в осадках различных частей акватории Финского залива и его береговой зоны. В современных донных осадках Выборгского залива отчетливо выделяются несколько ассоциаций химических элементов. В состав первой входят Cr, Ti, Cu, Zn, Y, Pb, Yb. Другую антагонистическую группу составляют Mn, Co, Zr, Ni, V и Sr. Это говорит о наличии двух основных групп элементов, характеризующихся разными особенностями поведения в процессах миграции, установившимися в Выборг-

ском заливе. Первая связана с размывом и волновой переработкой пород, слагающих берега и прибрежную часть акватории. Причем существенную роль в качестве источника ее формирования играют верхнечетвертичные водно-ледниковые отложения и развивающиеся по ним почвы. В том числе и загрязненные почвы в районе г. Высоцка, на что может указывать на присутствие в данной ассоциации таких элементов, как Cu, Zn и Pb. Вторая группа элементов, по всей вероятности, связана с их сорбционным накоплением алевропелитовой составляющей осадков и с процессами конкрециообразования в открытых частях залива. На роль интрузивно-метаморфических образований, которые представлены гранитами, гранито-гнейсами, кристаллическими сланцами архея — нижнего протерозоя как еще одного источника вещества, указывает ассоциация Ag, Sr и Zr, а такие химические элементы, как Ga, V, Ni и Co, связаны с участием в седиментационных процессах тонкодисперсной составляющей водно-ледниковых отложений северо-восточного берега Выборгского залива.

Таким образом, в северной и северо-восточной частях Финского залива особенности распределения геохимических аномалий по акватории определяются, как правило, природными факторами, ведущими среди которых являются процессы механической дифференциации обломочного материала, а также состав геологических образований береговой зоны. Техногенные ассоциации выражены неочетливо, что говорит о пока незначительном влиянии антропогенных процессов в этой части залива.

Анализ полученных данных показывает, что состав геохимических аномалий в современных осадках юго-восточной части акватории, особенно примыкающей к Санкт-Петербургу, существенно отличается от Выборгского залива. Все представленные здесь геохимические аномалии носят черты техногенного характера как по составу входящих в них химических элементов, так и по пространственному положению на акватории. Выделены следующие аномалии: [V, Cu, Zn, Cd, Pb, Ag, Hg]; [Cr, Co, Ni]; [Hg]; [Pb]; [Pb, Hg].

Таким образом, на основании полученных геохимических данных можно утверждать, что северная и южная части акватории Финского залива существенно отличаются по уровню развития антропогенных процессов и по масштабам техногенного загрязнения.

С точки зрения оценки техногенного воздействия на экосистему Финского залива и существенной роли в этом воздействии активно развивающейся транспортно-нефтегазовой инфраструктуры большой интерес представляет изучение загрязнения окружающей среды нефтепродуктами (НП). Поэтому особенности их распределения в современных донных осадках, в почвах и в природных водах береговой зоны Финского залива следует рассмотреть отдельно. Наиболее целесообразно для решения этой задачи использовать аналитические данные, полученные в результате измерения массовой концентрации гексанрастворимых нефтепродуктов флуориметрическим методом, так как за формирование аналитического сигнала, который регистрируется анализатором в этом методе, отвечает фракция ароматических углеводородов, напрямую связанная с антропогенными источниками. Таким образом, в нашем случае под нефтепродуктами понимается смесь различных углеводородов, способных к экстракции гексаном и флуоресцирующих в области 300–330 нм.

Для определения степени антропогенного воздействия в каждом конкретном районе рассчитаны значения среднего гармонического содержания НП и доля станций, выраженная в процентах. Содержание НП в каждом случае превышает фон относительно общего числа проб в выборке по соответствующему району (или коэффициент аномальности). Также в каждом районе рассчитан средний коэффициент концентрации НП относительно регионального фона. Полученные результаты приведены в таблицах рисунка 2 для природных вод и рисунка 3 — для современных донных осадков и почв.

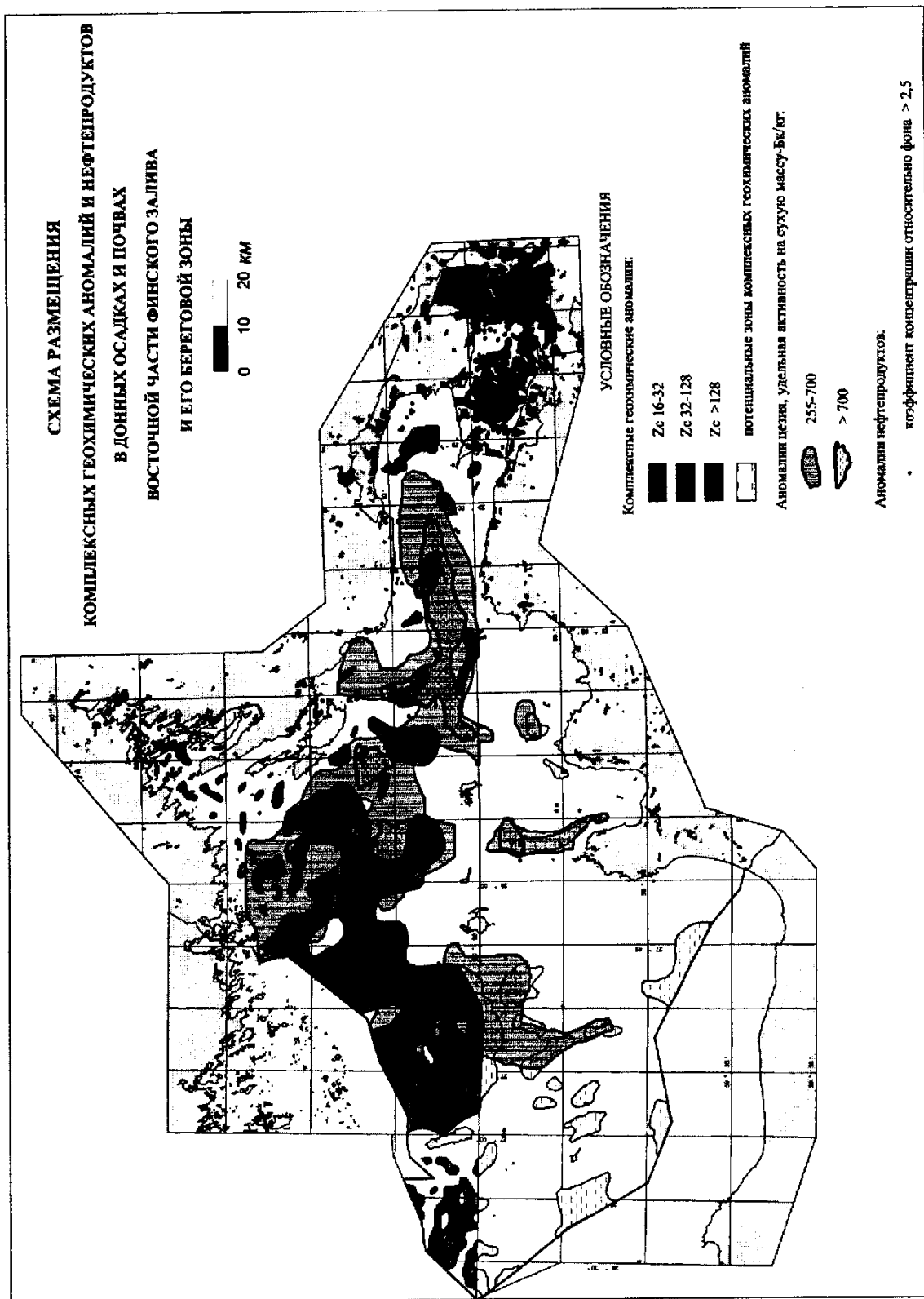
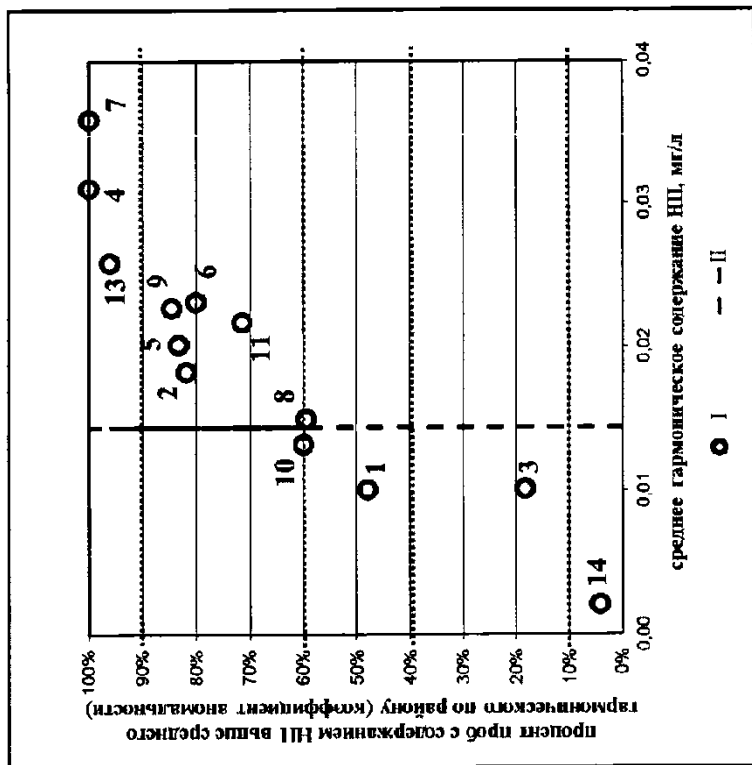


Рис. 1. Схема размещения комплексных геохимических аномалий, нефтепродуктов и радионуклидов в донных осадках и почвах восточной части Финского залива и его береговой зоны



Название участка и его номер на графике	Среднее гармоническое содержание НП, мг/дм ³	Пробы с содержанием НП выше фона, %	Среднее значение отношения концентрации НП, нормированной на фон
Акватория (1)	0,010	48	1,3
Выборгский залив (2)	0,018	82	1,5
Водотоки в береговой зоне вне населенных пунктов (3)	0,010	18	0,8
Порт «Высоцк» (4)	0,031	100	7,6
Терминал «Приморск» (5)	0,020	83	2,9
Курортный район (6)	0,023	80	4,0
Лахтинский разлив (7)	0,036	100	2,7
Невская губа (8)	0,015	60	1,8
Бронка — Лебяжье (9)	0,023	85	2,1
Копорская губа (10)	0,013	60	1,1
Лужская губа (11)	0,022	71	2,6
Внутригородские водоемы (13)	0,026	96	2,2
Финский залив и его береговая зона в целом, региональный фон	0,014	65	

Рис. 2. Характеристика природных вод Финского залива и его береговой зоны по содержанию в них гексагетраароматических нефтепродуктов (НП).
Условные обозначения: I — объекты исследований и их номера, II — среднее гармоническое содержание гексагетраароматических нефтепродуктов в природных водах Финского залива и его береговой зоны

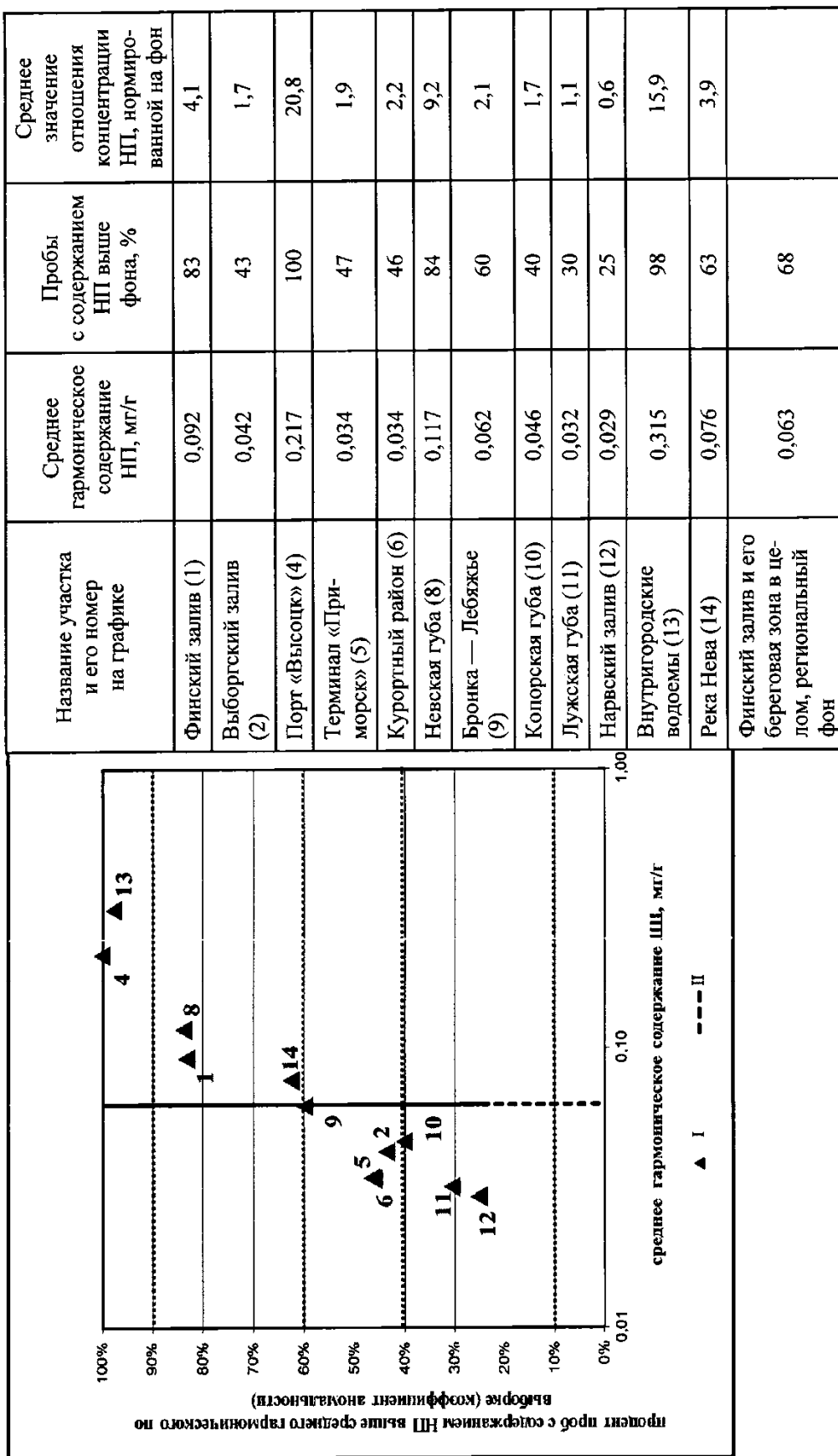


Рис. 3. Характеристика современных донных осадков и почв Финского залива по содержанию в них гексахлорциклогексана (НП).

Условные обозначения: I — объекты исследований и их номера; II — среднее гармоническое содержание гексахлорциклогексана в современных донных осадках и почвах Финского залива и его береговой зоны

Обобщенные данные по содержанию гексанрастворимых НП в природных водах Финского залива и его береговой зоны показывают, что фоновая их концентрация, за которую принимается среднее гармоническое содержание НП по всей выборке, ниже ПДК и составляет $0,014 \text{ мг/дм}^3$, при этом значение фона превышено в 65% проб (рис. 2).

Районы береговой зоны Финского залива характеризуются различным содержанием НП в природных водах, а также долей проб с концентрацией, превышающей фоновую в общем количестве проб. Проведенные исследования показали (рис. 2), что наиболее высокий уровень содержания НП в природных водах установлен в Лахтинском разливе, районе порта «Высоцк» и во внутригородских водоемах. Среднегармоническое содержание НП в воде этих объектов существенно выше регионального фона Финского залива, а коэффициент аномальности — более 90%. Несколько ниже средняя концентрация НП и доля аномальных проб (60–90%) на участках «Бронка — Лебяжье», терминала «Приморск», в Выборгском заливе, в Лужской губе и в Курортном районе. Близкая к фоновой средняя концентрация нефтепродуктов и доля аномальных проб — от 40 до 60% в воде Невской и Копорской губ и собственно в пределах акватории Финского залива. Наиболее низкие концентрации НП отмечены в водотоках береговой зоны, впадающих в Финский залив вне населенных пунктов. Доля аномальных проб здесь составляет 18%.

Таким образом, наиболее высокими значениями среднего гармонического содержания НП в природных водах, а также долей аномальных проб характеризуются участки акватории, сопряженные с объектами транспортно-нефтегазовой и портовой инфраструктуры. В то же время можно отметить, что, несмотря на чрезвычайно высокое антропогенное воздействие, природные воды в Невской губе содержат меньше нефтепродуктов, чем ряд районов акватории Финского залива. Наиболее вероятной причиной этого является стоковое течение реки Невы, которое оказывает существенное влияние на состояние воды в Невской губе. Относительно высокая концентрация нефтепродуктов в пределах акватории в Курортном районе скорее всего может быть связана со значительной автотранспортной нагрузкой в летний период из-за большого потока отдыхающих.

Обобщенные данные по содержанию гексанрастворимых НП в современных донных осадках и почвах акватории Финского залива и его береговой зоны показывают, что фоновая их концентрация составляет $0,063 \text{ мг/г}$, при этом значение фона превышено в 68% проб (рис. 3). Наиболее высоким, существенно выше фона, средним гармоническим содержанием НП в донных осадках характеризуются район порта «Высоцк» и внутригородские водоемы. А доля аномальных проб на этих объектах практически составляет 100%. Несколько выше регионального фона — среднее гармоническое содержание НП в осадках реки Невы, а более существенно — Невской губы и центральной части акватории Финского залива. Два последних объекта также характеризуются высокой долей аномальных проб (рис. 3). Близкое к фону среднегармоническое содержание НП установлено в осадках участков «Бронка — Лебяжье», терминала «Приморск», Курортного района и Выборгского залива. В остальных районах среднее гармоническое содержание ниже регионального фона, а доля аномальных проб ниже 40%.

Таким образом, полученные результаты показывают, что с увеличением среднего гармонического содержания нефтепродуктов как в природных водах, так и в почвах и в донных осадках конкретных участков береговой зоны происходит увеличение доли проб

с концентрацией НП выше регионального фона. А их приуроченность к районам акватории с высоким уровнем антропогенного воздействия свидетельствует о связи возрастания концентрации НП с техногенным фактором. Это позволяет нам на основе анализа данных о распределении НП в донных осадках и в природных водах выделить пять уровней антропогенной нагрузки (по мере возрастания):

Аномально нижефоновый — среднее гармоническое содержание гексанрастворимых нефтепродуктов в почвах, в современных донных осадках и в природных водах ниже регионального фона, доля проб с концентрацией выше фона составляет не более 10%.

Нижефоновый — среднее гармоническое содержание гексанрастворимых нефтепродуктов в почвах, современных донных осадках и природных водах ниже регионального фона, доля проб с концентрацией выше фона составляет от 10% до 40%.

Фоновый — среднее гармоническое содержание гексанрастворимых нефтепродуктов в почвах, в современных донных осадках и в природных водах близко к региональному фону, доля проб с концентрацией выше фона составляет 40–60%.

Надфоновый — среднее гармоническое содержание гексанрастворимых нефтепродуктов в почвах, в современных донных осадках и в природных водах выше регионального фона, доля проб с концентрацией нефтепродуктов выше фона составляет от 60 до 90%.

Аномальный — среднее гармоническое содержание гексанрастворимых нефтепродуктов в почвах, в современных донных осадках и в природных водах существенно выше регионального фона, доля проб с концентрацией нефтепродуктов выше фона превышает 90%.

Следует обратить внимание еще на одну особенность в распределении НП. Ряд изученных объектов меняет свое положение на графиках в зависимости от анализируемой среды. Для более наглядного представления данного положения составлен график, на котором по оси абсцисс выносятся не концентрация НП, а среднее значение отношения концентрации НП, нормированной к значению регионального фона, что позволяет совместить на одном графике данные по природным водам и современным донным осадкам и почвам (рис. 4).

Отчетливо видно, что в центральной части акватории Финского залива (1), в Невской губе (8), в порту «Высоцк» (4) и во внутригородских водоемах (13) степень концентрации НП в современных донных осадках относительно фона возрастает по сравнению с природными водами. То есть это районы, которые характеризуются высокой антропогенной нагрузкой и развитием пелитовых и алевропелитовых осадков, обладающих высокими депонирующими характеристиками. В то же время нельзя не отметить роль активных гидродинамических условий в Невской губе и в Финском заливе, которые приводят к существенному разбавлению концентрации НП в природных водах этих акваторий.

Снижение средней относительной фона концентрации НП в осадках по сравнению с природными водами установлено в районах с развитием на поверхности дна преимущественно песчаных осадков — в Курортном районе (6) и в Лужской губе (11). Это позволяет говорить о возможной существенной роли депонирующей способности современных донных осадков в самоочистке экосистемы Финского залива от химического загрязнения.

В ряде районов наблюдается увеличение доли аномальных проб в природных водах без существенного изменения среднего коэффициента концентрации НП. В том числе это

такие районы, как Выборгский залив (2), Бронка — Лебяжье (9), терминал «Приморск» (5). Все эти части акватории характеризуются достаточно интенсивным судоходством, загрязнение природных вод может быть связано с этим фактором.

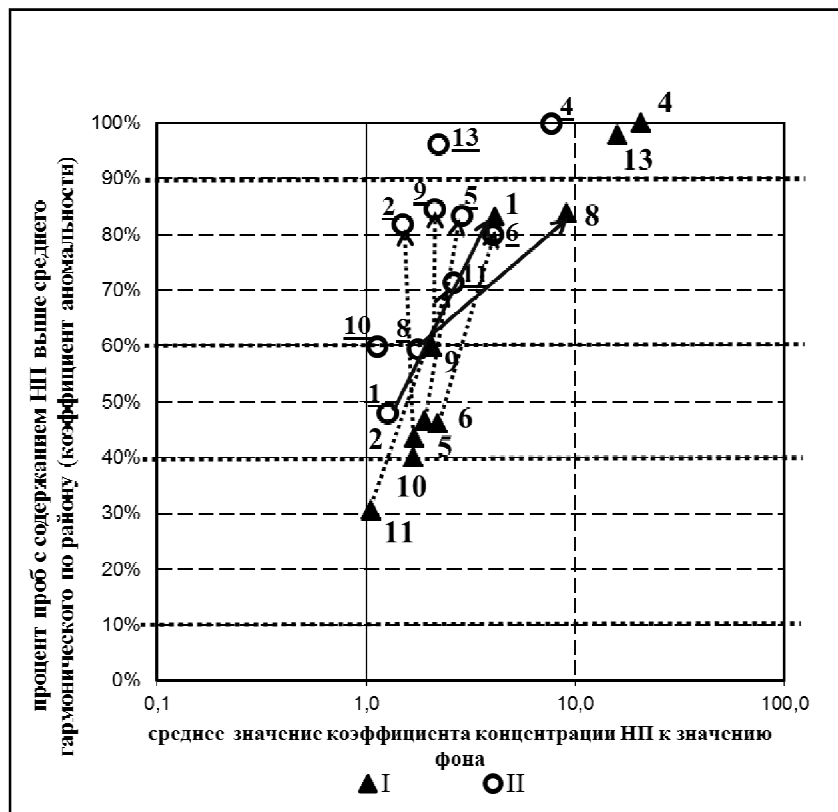


Рис. 4. Характеристика современных донных осадков, почв и природных вод районов акватории Финского залива и его береговой зоны по значению среднего отношения концентрации НП к фону и к доле аномальных проб. Условные обозначения: I — донные осадки и почвы, II — природные воды; цифры на графике, объекты (см. рис. 2, 3); стрелками указано направление увеличения коэффициента аномальности

Повторные наблюдения, которые проводились в разных районах береговой зоны Финского залива, показали, что загрязнение природных вод, современных донных осадков и почв в районах активной хозяйственной деятельности продолжается. Однако если изменение концентраций нефтепродуктов в природных водах во времени не имеет выраженного закономерного характера и, вероятно, связано в большей степени с возможными утечками и с аварийными выбросами, а также с гидрометеорологическими условиями в период наблюдений, то в современных донных осадках в районах терминала «Приморск» и участка «Бронка — Лебяжье» происходит нарастание концентрации со временем. Так, в районе терминала «Приморск» за два года произошло достаточно заметное увеличение содержания нефтепродуктов в современных осадках (от четырех до шести раз).

Таким образом, в результате проведенных исследований выявлены основные закономерности распределения гексанрастворимых нефтепродуктов в современных осадках, в почвах и в природных водах восточной части Финского залива и его береговой зоны. Показано, что концентрация нефтепродуктов в различных объектах природной среды являет-

ся главным показателем уровня техногенной нагрузки, что достаточно уверенно позволяет выделить участки с наиболее высоким уровнем загрязнения. На нее также влияют гидродинамические особенности акватории и состав донных осадков. Предложенная методика исследований и обработки результатов флуориметрического анализа является весьма эффективным инструментом при проведении геоэкологических наблюдений и мониторинга состояния окружающей среды. Такая методика может применяться и в других регионах, в особенности с высокой степенью развития транспортной и нефтеперерабатывающей инфраструктуры, с целью выявления возможных источников поступления нефтепродуктов в окружающую среду.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Атлас геологических и эколого-геологических карт Российского сектора Балтийского моря / Гл. ред. О. В. Петров. СПб.: ВСЕГЕИ, 2010. 78 с.
2. Геохимия окружающей среды / Ю. Е. Саэт, Б. А. Ревич, Е. П. Янин и др. М.: Недра, 1990. 335 с.
3. Информационный бюллетень о состоянии геологической среды прибрежно-шельфовых зон Баренцева, Белого и Балтийского морей в 2013 г. СПб.: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2014. 136 с.
4. Реймерс Н. Ф. Природопользование: Словарь-справочник. М.: Мысль, 1990. 673 с.
5. Сборник рекомендаций Хельсинкской комиссии: Справочно-методическое пособие. СПб.: Диалог, 2008. 712 с.
6. Шахвердов В. А. Принципы обработки геохимических данных приближенно-количественного эмиссионного спектрального анализа для геохимического районирования // Международный научный институт «Educatio», 2014. № 3. Ч. 7. С. 20–25.
7. Шахвердов В. А., Кулаков С. В. Геохимические особенности современных отложений центральной части Норильского района и геохимическое районирование // Природные ресурсы Таймыра: Сб. науч. трудов. Вып. 2. Дудинка, 2004. С. 284–299.
8. Шахвердов В. А., Куликов С. В. Некоторые особенности регионального распределения тяжелых металлов в донных отложениях озера Пясина, реки Пясина и Пясинского залива // Сб. материалов 5-й Международной конференции «Акватерра». 12–15 ноября 2002 г. СПб., 2002. С. 171–172.
9. Интернет-ресурс: <http://ru.wikipedia.org>

REFERENCES

1. Atlas geologicheskikh i ekologo-geologicheskikh kart Rossijskogo sektora Baltijskogo morja / Gl. red. O. V. Petrov. SPb.: VSEGEI, 2010. 78 s.
2. Geohimija okruzhajushchej sredy / Ju. E. Saet, B. A. Revich, E. P. Janin i dr. M.: Nedra, 1990. 335 s.
3. Informatsionnyj bjulleten' o sostojanii geologicheskoy sredy pribrezhno-shel'fovyh zon Barentseva, Belogo i Baltijskogo morja v 2013 g. SPb.: Kartograficheskaja fabrika VSEGEI, 2014. 136 s.
4. Rejmers N. F. Prirodopol'zovanie: Slovar'-spravochnik. M.: Mysl', 1990. 673 s.
5. Sbornik Rekomendatsij Hel'sinkskoj komissii: Spravochno-metodicheskoe posobie. SPb.: Dialog, 2008. 712 s.
6. Shahverdov V. A. Printsipy obrabotki geohimicheskikh dannyh priblizhenno-kolichestvennogo emissionnogo spektral'nogo analiza dlja geohimicheskogo rajonirovanija // Mezhdunarodnyj nauchnyj institut «Educatio». 2014. № 3. Ch. 7. S. 20–25.
7. Shahverdov V. A., Kulakov S. V. Geohimicheskie osobennosti sovremennyh otlozhenij tsentral'noj chasti Noril'skogo rajona i geohimicheskoe rajonirovanie // Prirodnye resursy Tajmyra: Sbornik nauchnyh trudov. Dudinka, 2004. Vyp. 2. S. 284–299.
8. Shahverdov V. A., Kulikov S. V. Nekotorye osobennosti regional'nogo raspredelenija tjazhelyh metallov v donnyh otlozhenijah ozera Pjasino, reki Pjasina i Pjasinskogo zaliva // Sbornik materialov 5-j Mezhdunarodnoj konferentsii «Akvaterra». SPb., 12–15 nojabrja 2002. S. 171–172.
9. Internet-resurs: <http://ru.wikipedia.org>