СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СОДЕРЖАНИЯ НЕКОТОРЫХ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В БЕРЕГОВОЙ ЗОНЕ ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ФИНСКОГО ЗАЛИВА (НА ПРИМЕРЕ ПОЛИГОНОВ ПРИМОРСК, КУРОРТНЫЙ, ЛЕБЯЖЬЕ И УСТЬ-ЛУГА)

Т. В. Бодряков
Всероссийский научно-исследовательский геологический институт им. А.П. Карпинского (ВСЕГЕИ), С-Петербург
Timofey_Bodryakov@vsegei.ru

Распределения элементов в пределах береговой зоны зависит от целой группы факторов, среди которых: геологическое строение (дочетвертичного фундамента и современных осадков), литологический состав отложений, гидродинамическая обстановка, а также техногенное влияние. Опираясь на это положение, авторы провели сравнительную характеристику распределения некоторых элементов на четырех полигонах (Приморск, Курортный, Лебяжье и Усть-Луга).

COMPARATIVE CHARACTERISTIC OF SOME HEAVY METAL CONCENTRATION IN THE COASTAL ZONE OF THE EASTERN GULF OF FINLAND (PRIMORSK, KURORTNY, LEBJAGIE AND UST'-LUGA KEY RESEARCH AREAS)

T.V. Bodryakov
A.P.Karpinsky Russian Geological Research Institute (VSEGEI); St.Petersburg

The distribution of the chemical elements within the coastal area depends on several factors: geological structure, sediment lithology, hydrodynamic and anthropogenic impact. Therefore author analyzes the dependence of distribution of some elements in the research key areas (Primorsk, Kurortny, Lebjagie and Ust'-Luga).

С 80-х годов прошлого века отдел Региональной геоэкологии и морской геологии ВСЕГЕИ им. А.П. Карпинского в акватории Финского залива и его береговой зоне проводит комплексные исследования. Среди них: геохимические, геологические исследования, включающие изучение литологического и химического состава отложений, геоморфологии и ландшафтов, с целью выяснения основных процессов, явлений и объектов нарушения (загрязнения) окружающей среды или их последствий. Актуальность изучения распределения тяжелых металлов и других элементов в береговой зоне обусловлена не только интенсивной антропогенной деятельностью, выходящей далеко за пределы Санкт-Петербурга, но и той ролью, которую тяжелые металлы играют в оценке состояния геологической среды, а также в выявлении реальных и потенциальных источников загрязнения.

Рассматриваемые районы выбраны не случайно. Хотя они находятся в разных частях Финского залива, каждый из них в разной степени подвержен влиянию природных и антропогенных факторов. Каждый из рассматриваемых участков имеет свою историю геологического развития, а также характеризуется определенным типом залегающих пород и типом осадка.

Методика исследований.

Отбор проб производился в пределах береговой зоны, а также поверхностного слоя донных осадков прибрежной части. При работах в сухопутной части для анализа отбирался верхний слой субстрата небольшой мощности, координаты привязки и описание заносилось в полевой дневник. Живая растительность из пробы удалялась. Для привязки использовался портативный GPS-навигатор Garmin. Производилась фотосъемка основных ландшафтных обстановок и состояния береговой зоны. Работы на акватории проводились либо с малого гидрографического катера, либо с надувной лодки в зависимости от глубины. Отбор образцов донных отложений производился бентосным ковшом-дночерпателем, специальной геоэкологической трубкой конструкции Лаури-Ниемисто, либо штанговым пробоотборником ГР-1. Были отобраны и исследованы пробы поверхностного слоя осадков различной мощности.

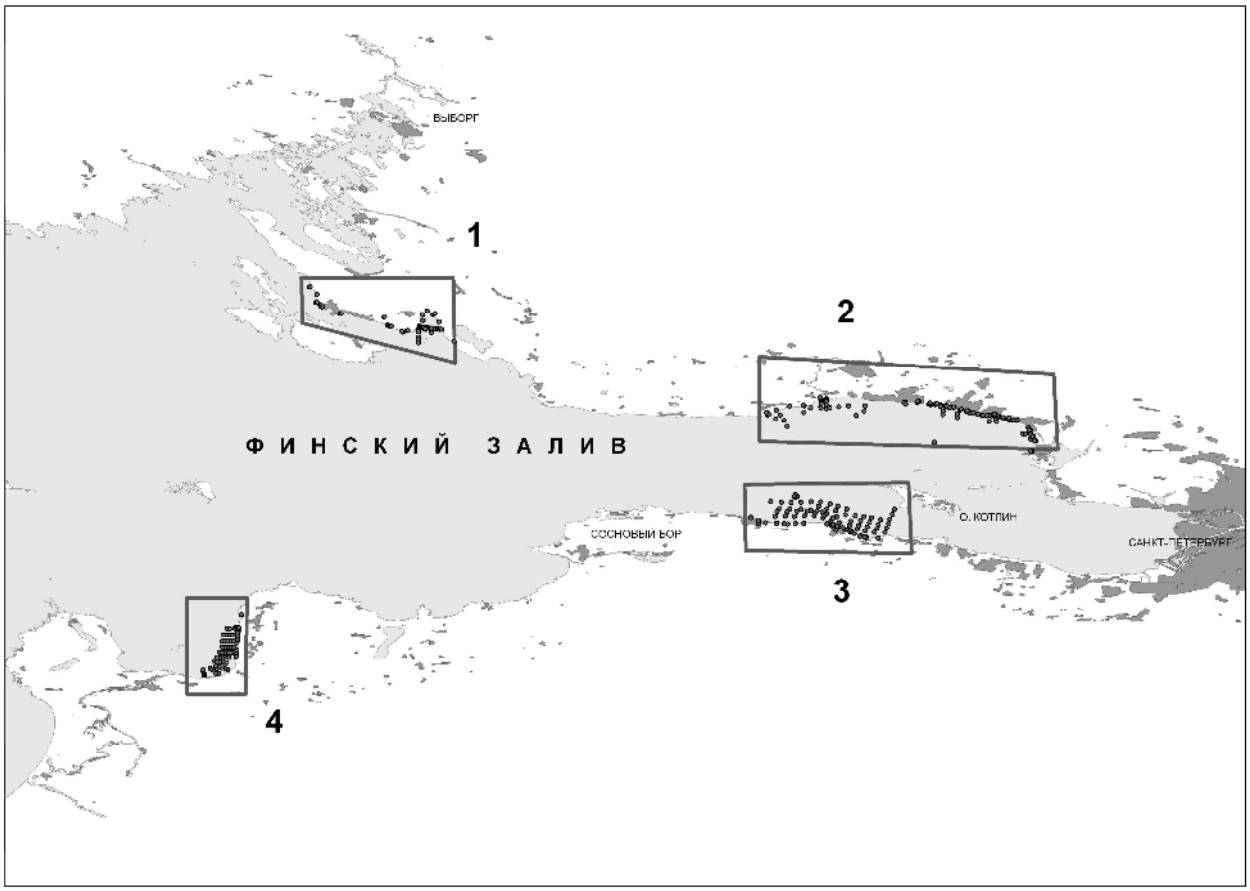

Рис. 1. Расположение полигонов исследований точек пробоотбора. Цифрами показаны полигоны: 1 – Приморск, 2 – Курортный, 3 – Лебяжье, 4 – Усть-Луга

Лабораторные исследования проведены в центральной химической лаборатории ВСЕГЕИ и включали определение элементов методом приближенно-количественного спектрального анализа (испарение из канала).

Фоновое значение по району считалось, как среднее значение (x) для каждого элемента по площади района. Также было посчитано стандартное отклонение (δ) по каждому элементу. Аномальные содержания в настоящей работе высчитано по формуле $x + 3\delta$. Эти характеристики представлены в таблице 1.

Таблица 1

Характеристики элементов по районам

		Sr %	Ba %	V ppm	Cr ppm	Co ppm	Ni ppm	Zr ppm	Sc ppm	Be ppm	Li ppm	Sn ppm	Cu ppm	Pb ppm	Zn ppm	Ag ppm	P2O5 %	La ppm	Nb ppm
Приморск, 127 проб	Среднее (x)	0,0112	0,0471	10,6	16,966	1,3321	5,092	75,696	2,3444	0,873	10,952	2,004	7,1062	20,727	29,340	0,0166	0,0815	35,052	10,972
	Стд. откл. (д)	0,0053	0,0113	8,7	11,468	1,5350	4,789	52,820	1,9332	0,292	3,145	0,608	8,2128	30,478	17,166	0,0167	0,0342	10,842	3,986
	Аном. зн.	0,0273	0,0809	36,7	51,370	5,9372	19,459	234,158	8,1439	1,748	20,388	3,830	31,7446	112,162	80,840	0,0669	0,1840	67,580	22,930
Курортный, 204 пробы	Среднее (x)	0,0188	0,0432	12,9	22,566	2,0189	7,118	74,990	2,8753	0,828	9,958	2,355	12,5714	22,751	44,201	0,0315	0,1139	36,121	9,478
	Стд. откл. (д)	0,0086	0,0123	9,1	20,499	1,2875	4,861	69,484	1,4969	0,292	3,351	2,921	32,6423	34,716	51,568	0,0957	0,0368	12,862	3,948
	Аном. зн.	0,0445	0,0802	40,2	84,064	5,8815	21,701	283,441	7,3661	1,703	20,011	11,120	110,4981	126,899	198,91	0,3187	0,2243	74,708	21,321
Лебякье, 173 пробы	Среднее (x)	0,0103	0,0477	14,6	17,261	2,7391	5,990	69,301	2,3809	0,663	10,814	2,129	8,8331	19,296	42,583	0,0143	0,1251	28,876	11,825
	Стд. откл. (д)	0,0029	0,0119	10,6	13,161	2,2046	4,232	38,417	1,2582	0,333	2,306	2,294	8,4801	14,248	38,230	0,0143	0,0255	8,794	2,539
	Аном. зн.	0,0189	0,0833	46,3	56,743	9,3528	18,686	184,553	6,1553	1,661	17,731	9,011	34,2733	62,039	157,27	0,0573	0,2016	55,256	19,442
Усть-Луга, 93 пробы	Среднее (x)	0,0128	0,0523	21,1	24,566	3,3856	6,217	126,008	3,5353	1,207	13,276	2,029	8,6841	15,458	28,541	0,0251	0,1418	41,933	12,130
	Стд. откл. (д)	0,0026	0,0091	18,1	17,113	2,7287	3,308	83,812	1,8491	0,298	5,319	0,501	4,6943	3,780	14,127	0,0137	0,1426	8,169	3,126
	Аном. зн.	0,0205	0,0796	75,6	75,904	11,5718	16,141	377,443	9,0827	2,101	29,234	3,532	22,7669	26,797	70,922	0,0660	0,5696	66,440	21,509

Полигон «Приморск».

Приморский полигон включает в себя береговую зону северо-восточной части пролива Бьеркезунд и устьевую часть Ермиловского залива.

Геология дочетвертичных образований в районе Приморска определяется развитием архейско-раннепротерозойских метаморфических и интрузивных образований Балтийского кристаллического щита, пенепленизированная поверхность которых полого погружается в юго-юго-восточном направлении, перекрываясь поздневендскими отложениями плитного чехла. Залегающие породы четвертичных отложений представлены главным образом моренными образованиями, а крупнообломочный материал - гнейсами и гранитами. выше моренных образований залегают озерно-ледниковые глины, которые образуют ледниково-озерные террасы. Ледниково-озерные отложения балтийского ледникового озера на акватории представлены глинами с примесью песчаной или песчано-алевритовой составляющей. На суше эти отложения сложены глубоководными ленточными суглинками и глинами, а также песками тонко- и среднезернистыми, иногда глинистыми с редкими включениями гравия и гальки [2, 3].

Ориентировка древних разрывных нарушений преимущественно северо-восточная или субмеридианальная. Выявленные разрывные нарушения не затрагивают толщу четвертичных отложений, что свидетельствует о слабой проявленности новейших и современных тектонических движений [4].

Четвертичные отложения полностью перекрывают территорию района. Их мощность весьма неравномерна и колеблется от 20 до 60 м. На дневной поверхности картируются отложения осташковского горизонта верхнего плейстоцена и голоцена, представленные ледниковыми, водно-ледниковыми, озерными, морскими, аллювиальными и болотными отложениями.

Береговая зона пролива Бьеркезунд характеризуется преобладанием абразионных (размывных) процессов, в результате которых на подводном береговом склоне и на поверхности приакваториальной части суши формируются валунно-галечные отложения, которые в определенной степени препятствуют дальнейшему размыву берега, что является довольно типичным для восточной части Финского залива. В то же время, береговая зона здесь характеризуется рядом отличительных черт, к которым относится достаточно крутой подводный

береговой склон и положение береговой линии, защищенной от наиболее сильно воздействующих на берег волнений при ветрах западного и северо-западного направлений. Распределение осадков на подводном береговом склоне представляет собой классический пример прямой циркумконтинентальной зональности гранулометрических типов поверхностных отложений в направлении от берега к морю – от наиболее грубозернистых, плохо сортированных песчаных разностей с примесью гравийно-галечного материала к алевро-пелитовым илам.

Кроме того, выбор данного полигона обуславливается продолжающимся строительством и функционированием на его территории нефтеналивного терминала, что делает эколого-геологические исследования (как лито- и морфодинамического, так и гео- и гидрохимического направлений) чрезвычайно актуальными. Важность таких исследований связана также с расположенными рядом охраняемыми территориями (Березовые острова) [4].

На рисунке ниже представлены станции с аномально высоким содержанием элементов.

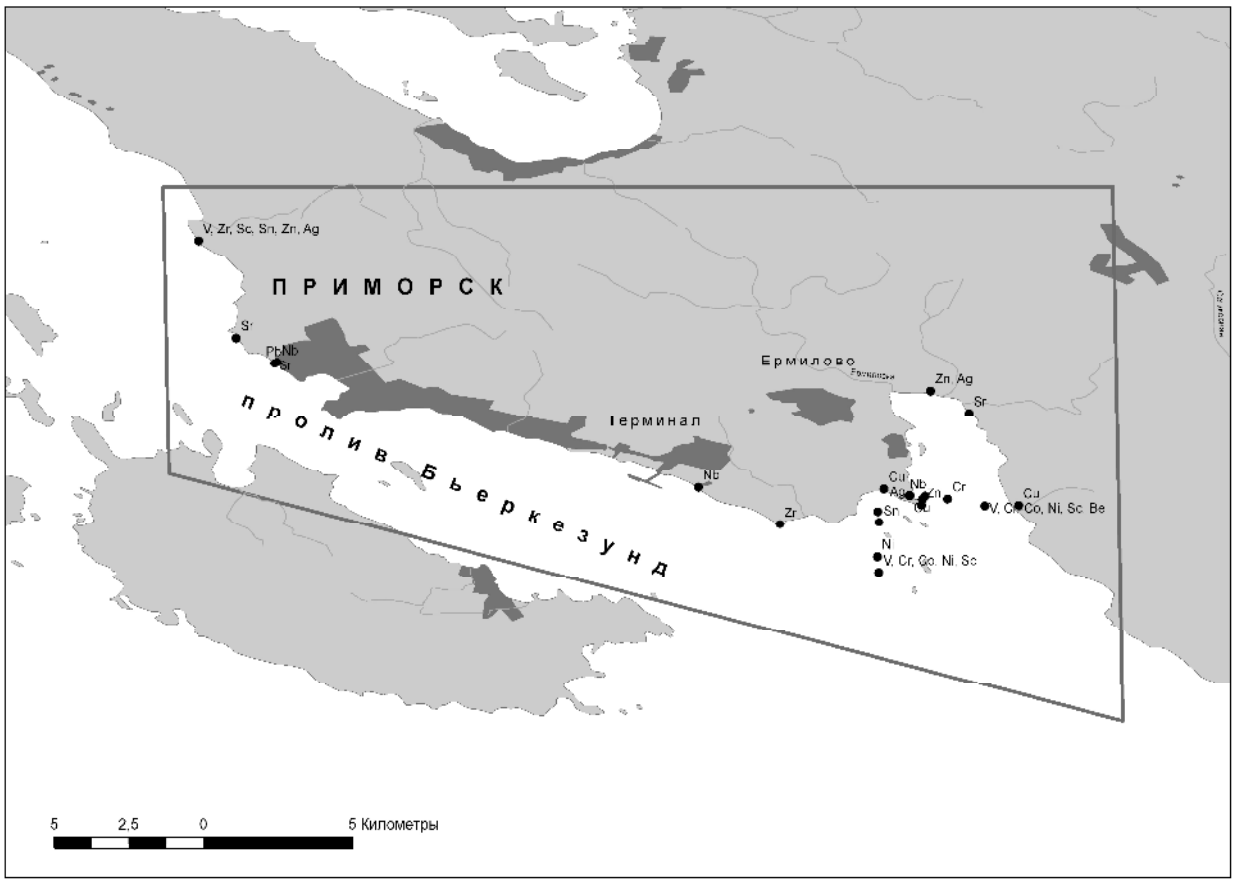

Рис. 2. Станции с аномальным содержанием элементов на полигоне «Приморск»

Как видно из рисунка аномалии распределены неравномерно по всему участку. Основная их часть расположена в Ермиловском заливе, что явно указывает на загрязнение этой части полигона исследований. С севера в Ермиловский залив впадает небольшая речка Ермиловка, выше по течению которой находится промышленные объекты специального назначения. Из-за малоактивной

гидродинамической обстановки и небольших глубин в заливе происходит накопление элементов в донных осадках. В нескольких пробах в заливе отмечено высокое содержание комплекса элементов V, Cr, Co, Ni. В западной части полигона исследований превышены содержания для Sr, Pb, Nb и комплекса элементов V, Zr, Sc, Sn, Zn, Ag. Более чем в два раза относительно фонового значения по всему району отмечено для Cu (точка 06-В3-77 со значением 0,67 ppm) и Pb (точка 06-В3-2 со значением 354,8 ppm).

Полигон «Курортный».

Полигон включает в себя береговую зону в районе курортных поселков Комарово и Репино (Курортный район Санкт-Петербурга, северный берег Финского залива).

Процессы, формирующие береговую зону на данном участке побережья являются характерными для этого участка. Здесь преобладают абразионные (деструктивные) процессы, наблюдается поток наносов в восточном направлении. В результате строительства перекрывающих поток наносов сооружений (молов, дамб и т.д.), к западу от таких построек формируются песчаные аккумулятивные тела. К востоку усиливаются процессы абразии берега [6].

Подводный береговой склон отмелый. На нем в ряде случаев наблюдается чередование подводных песчаных береговых валов. В пределах изучаемой площади выделяются следующие типы поверхностных осадков: грубообломочные отложения (валуны, галька, пески с гравием и валунами), генетически связанные с участками площадного подводного размыва морены; пять типов песчаных осадков, среди которых выделяются как реликтовые образо¬вания, так и осадки современного волнового поля; алевритовые пески (песчаные алевриты) зоны ненакопления (транзита), а также алевро-пелитовые илы зоны современной бассейновой аккумуляции [5].

Полигон расположен в Курортной зоне Санкт-Петербурга, эколого-геологические исследования представляют здесь несомненный интерес с точки зрения рекреационных возможностей береговой зоны.

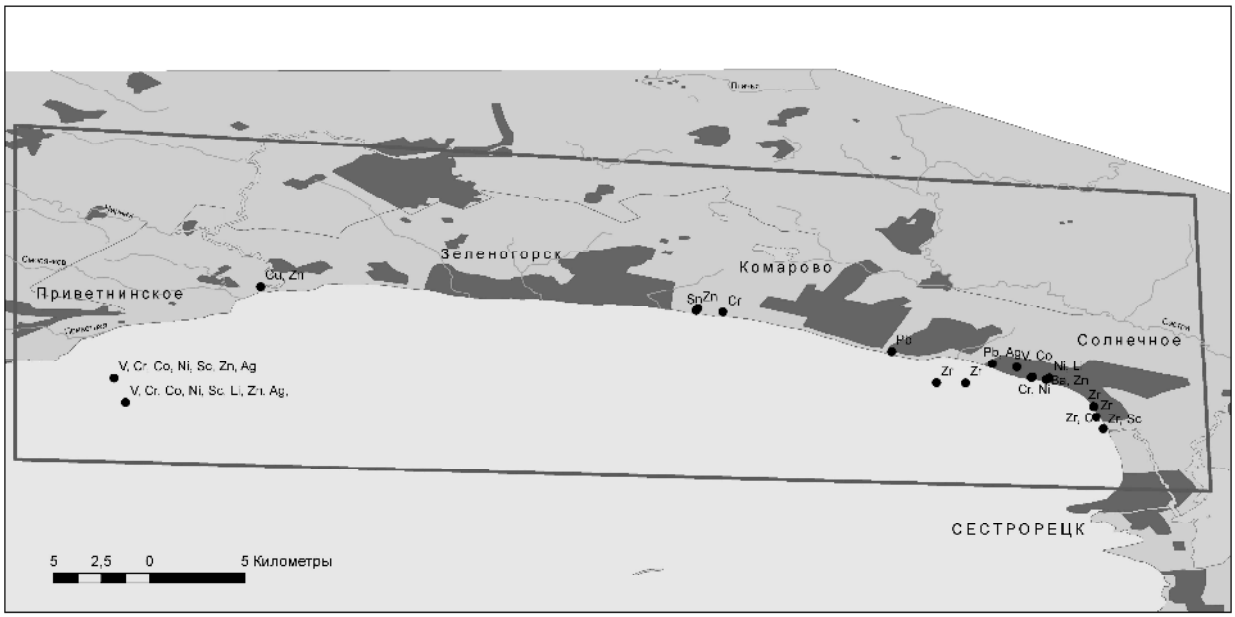

Рис. 3. Станции с аномальным содержанием элементов на полигоне «Курортный»

В западной части полигона выявлен довольно широкий комплекс аномальных концентраций элементов (V, Cr, Co, Ni, Sc, Zn). Поскольку эти станции находятся над зоной предполагаемых геологических разломов, что, вероятно, обусловливает высокое содержание этих элементов в данном районе. В точке 06-ВЗ-135 более чем в два раза превышено содержание Cu и Zn (соответственно 245,7 ppm и 366,8 ppm). Это может быть связано с локальным источником, поскольку повышенных содержаний в близлежащих пробах не обнаружено. Стоит отметить группу станций на субаэральной части (06-ВЗ-50, 54, 55) с превышенными значениями для Cr, Sn, Zn недалеко от поселка Комарово. Содержание Sn в пробе превышает фон почти в 4 раза и составляет 40,3 ppm. Скорее всего, это можно связать с особенностью почвенного покрова, а также с антропогенным влиянием.

На востоке полигона «Курортный» большинство проб представлены песчаными отложениями. Невысокие аномалии Zr тяготеют к песчаному шлиху именно в этом районе. В 3,5 раза выше фона определено содержание Pb на станции 06-ПК-31. Поскольку станция находится вблизи шоссе и старых построек, то несомненно влияние техногенного фактора. Остальные аномалии на акватории скорее всего влияет состав донных осадков и особенности гидродинамического режима.

Полигон «Лебяжье».

Полигон расположен на южном берегу Финского залива, западнее комплекса защитных сооружений.

Плитный осадочный чехол южного побережья представлен отложениями вендской и кембрийской систем. Вендские образования представлены терригенными отложениями валдайской серии верхнего отдела системы, резко несогласно залегающими на породах кристаллического фундамента.

Наиболее ранними отложениями четвертичного возраста, представленными в пределах изученной территории, являются образования ледникового комплекса осташковского горизонта позднего плейстоцена. В его составе ледниковые, водно-ледниковые, в том числе подморенные, отложения лужской стадии и позднеледниковые слои (озерно-ледниковые отложения), образование которых связано с развитием Балтийского ледникового озера [2, 3].

Голоценовые образования представлены, в основном, отложениями водного ряда, главным образом, морскими и озерными, связанными со стадийным развитием послеледниковой Балтики. Большое площадное распространение имеют биогенные (болотные) отложения. На небольших участках развиты эоловые, хемогенные и техногенные образования, а по всем рекам – аллювиальные отложения [2, 3].

Береговая зона здесь подразделяется на следующие типы (с запада на восток): абразионно-аккумулятивный с периодической абразией берегов и сезонным накоплением алевро-пелитовых осадков на подводном береговом склоне, заросшем водной растительностью; абразионный глинистый; абразионный песчаный; техногенный .

Выбор полигона связан с высокой интенсивностью происходящих здесь литодинамических процессов. Береговая зона здесь может быть отнесена к ак-

кумулятивным песчаным, т.к. на протяжении долговременного интенсивного потока наносов в восточном направлении в районе пос. Большая Ижора сформировались аккумулятивные песчаные тела различной формы и размеров. В то же время нужно констатировать, что за последние десятилетия в ряде случаев произошел размыв сформировавшихся ранее песчаных тел.

Полигон важен с точки зрения природоохранных мероприятий, является весьма перспективным для рекреационного использования [9].

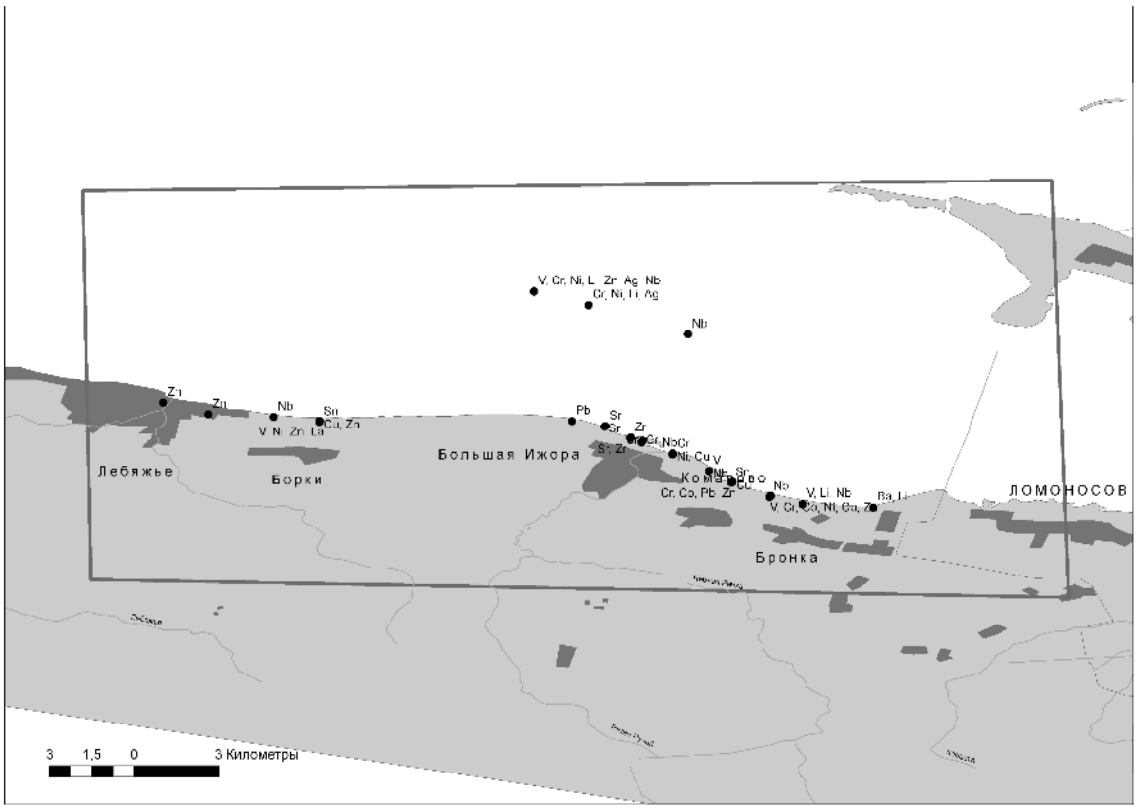

Рис. 4. Станции с аномальным содержанием элементов на полигоне «Лебяжье»

Среди всех проанализированных образцов с полигона «Лебяжье» выделяются 28 проб с содержанием элементов выше фонового значения. В западной части исследуемого участка особо выделяются цинковые аномалии. Превышение варьирует в пределах от 160,2 ppm до 216,9 ppm. Также в этой части района наблюдаются набольшие превышения фона для La, Cu, Nb, в то же время содержание для Sn превышено больше, чем в 3 раза (станция Л04-81).

Широкий спектр элементов выявлен в пробах, отобранных на некотором отдалении от берега в донных пробах. Небольшое превышение над фоновым значением может быть связано с близко расположенным судоходном канале, а также с особенностями гидродинамики.

Аномалии, находящиеся в береговой зоне восточнее пос. Большая Ижора имеют свои особенности. Небольшая область со слабо выраженным превышением относительно фона выявлена для Sr в песчаных отложениях побережья. Возможно, это связано с органогенными породами, а именно с наличием глауконита в осадках.

Наличие аномалий других элементов, расположенных между комплексом защитных сооружений (дамбой) и пос. Большая Ижора возможно из-за относительно недавней добычи песчаных материалов в этом районе. При этом происходило сильное взмучивание воды и осаждение тонкой фракции по течению западнее от дамбы. Немаловажное значение играет близкое расположение точек опробования к Петергофскому шоссе, что также влияет на содержание тяжелых металлов и других элементов в пробах.

Полигон «Усть-Луга».

Полигон расположен в восточной части Лужского залива. Береговая зона здесь относится к аккумулятивным песчаным на юге и аккумулятивным с зарастанием водной растительностью на востоке района. В настоящее время актуальность исследования эколого-геологического состояния и литодинамических процессов, происходящих в береговой зоне полигона, обусловлена строительством порта в восточной части Лужского залива.

Поверхностные осадки представлены, прежде всего, песчаными отложениями, а в глубоководной части – глинами. Немаловажное значение в гидродинамике играет река Луга, устье которой находится в южной части Лужской губы.

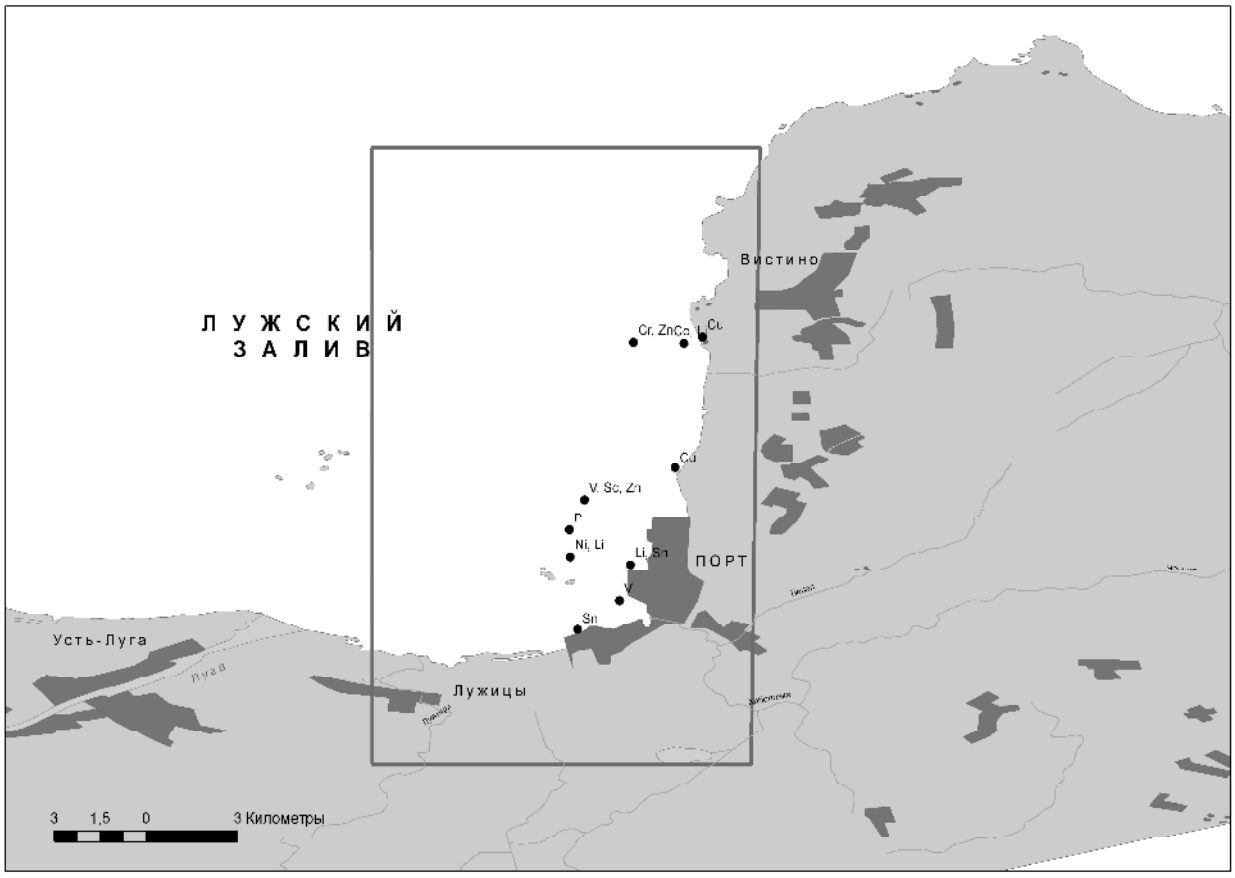

Рис. 4. Станции с аномальным содержанием элементов на полигоне «Усть-Луга»

Основная масса образцов с аномальными содержаниями элементов находится в средне-мелкозернистых песках и имеет невысокое значение относительно фона на данном участке. Однако, следует отметить несколько точек, где выявлено значительное содержание элементов. Прежде всего это станция 08-

ЛГ-75 с почти троекратным превышением фона по фосфору (P_2O_5 - 1,54 %). Также выявлено повышенное содержание для Cu (33,5 ppm) севернее порта. Такие значения явно указывают на влияние инфраструктуры технических сооружений.

Остальные станции с аномальными значениями также можно отнести к техногенному влиянию, а также к большой сорбционной способности донных осадков (илы). Несомненна роль реки Луга в гидродинамическом обороте, а также рыбного производства в районе пос. Вистино.

Из приведенных данных можно сделать следующие **выводы**:

1. Фоновые значения по всем районам отличаются, поэтому степень аномальных значений различна для каждого элемента. Необходимо обратить внимание на полигон «Усть-Луга», по которому фоновое значение большинства элементов выше остальных районов. Возможно, это связано с меньшим количеством образцов относительно остальных участков исследований.
2. Несмотря на то, что фоновые значения по районам немного отличаются, по распространению Sr особенно выделяется полигон «Лебяжье». При этом высокие его значения отмечены и на полигоне «Приморск», где среднее значение для Sr выше.
3. Небольшие превышения фона по Ba имеются на всех полигонах исследований, кроме «Приморска», хотя среднее его содержание в этом участке не самое низкое.
4. Самое широкое распространение аномалий V отмечается на полигоне «Лебяжье» (5 образцов), в то время как самые высокие значения наблюдаются в западной части «Курортного» района исследований. Необходимо отметить, что на всех исследуемых площадях V зачастую входит в состав комплекса элементов (V, Cr, Co, Ni, Zn).
5. По Zr следует отметить восточную часть «Курортного» полигона исследований, что связано с его наличием в песчаном шлихе.
6. Аномалии по Sc выявлены в «Курортном» и «Приморском» полигонах (по три станции на каждом полигоне), что может свидетельствовать о большем накоплении этого элемента именно на северном берегу Финского залива.
7. Среди всех районов выявлено по одной станции с аномальным содержанием P (Усть-Луга, 08-ЛГ-75), La (Лебяжье Л04-107) и Be (Приморск, 00-ПП-VI-6). Повышенные значения для Be, La, также как и P не имеют широкого распространения на исследуемых площадях, зато распределение этих элементов по районам достаточно равномерное.
8. Самый высокий фон для Cu выявлен в Курортном районе и там же обнаружена самая высокая концентрация, что говорит о переизбытке этого элемента в этом районе. То же самое можно сказать и о Pb.
9. Аномалии по серебру не обнаружены только в районе порта в Усть-Луге. Максимальные же значения выявлены в пробах донных осадков Курортного района. Содержание Ag по районам расценивается, как равномерное.
10. Анализ полученных данных показывает, что большинство аномалий обусловлено техногенным воздействием.

Дальнейшее изучение данного вопроса позволит прогнозировать ситуацию на акватории и в прибрежной зоне, а также более точно установить источники загрязнения и пути миграции химических элементов.

В данной работе были использованы материалы, подготовленные сотрудниками отдела Региональной геоэкологии и морской геологии ВСЕГЕИ им. А.П. Карпинского.

Автор выражает благодарность за содействие всех, кто принимал активное участие в составлении, редактировании данной работы, а также за ценные указания и рекомендации.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Блажчишин А.И., Митропольский А.Ю., Штраус А.Д. микроэлементы в современных осадках Балтийского моря. Препринт Ин-та геологических наук АН УССР, 82-4. Киев, 1982 г.
2. Григогрьев Г.В. отчет о комплексной инженерно-геологической съемке м-ба 1:50 000, проведенной в Ломоносовском районе Ленинградской области (листы О-35-10Б частично, 11-А,Б) в 1962 гг. СЗРФГИ, 1962.
3. Отчет о комплексном геологическом, гидрогеологическом и инженерно-геологическом доизучении м-ба 1:50 000 с общими поисками и геоэкологическим картированием территории г. Санкт-Петербурга и его окресностей. Ауслендер В.Г., Андреева Н.Г., Боровикова Н.А. и др. СПб, СЗРФГИ, 2001.
4. Рябчук Д.В. Литология поверхностных осадков северо-восточной части Финского залива в районе строительства порта в г.Приморске. // География, общество, окружающая среда: развитие географии в странах Центральной и Восточной Европы: Тез.докл. Ч.1/ Отв. редактор проф. В.В.Орленок. Калининград: Изд-во КГУ, 2001. С. 64.
5. Рябчук Д. В., Спиридонов М. А., Кропачев Ю. П. и др. Геоэкологический мониторинг береговых зон в районе комплекса защитных сооружений С.-Петербурга от наводнений (КЗС) // Известия ВСЕГЕИ. 2006. Т. 5 (53). С. 221-226.
6. Рябчук Д.В., Спиридонов М.А., Сухачева Л.Л., Жамойда В.А., Нестерова Е.Н. Рельеф, геологическое строение и экзогенные геологические процессы береговой зоны Курортного района Санкт-Петербурга// Региональная геология и металлогения, 2008, № 36, с.109-120.
7. Сергеев А.Ю, Усенков С.М. в этом же сборнике.
8. Шахвердов В.А., Спиридонов М.А., Рябчук Д.В. Сравнительный анализ геохимических особенностей береговых зон в районах терминалов в гг.Приморске, Высоцке и пос.Б.Ижора с целью оценки их геоэкологического состояния // Сборник тезисов VII Международного экологического форума «День Балтийского моря». – СПб., изд-во «Диалог». 2006. с.238-239.
9. Suslov G.A., Ryabchuk D.V., Nesterova E.N., Fedorova E.K. Development of the southern coastal zone of the eastern Gulf of Finland (from Lebyazhye to the St.Petersburg flood protective dam) - Polish Geological Institute Special Papers, 23, 2008.