

РАДИОГЕОХИМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СОСТОЯНИЯ ЛАНДШАФТОВ КОЛЬСКОГО ПОЛУОСТРОВА

Т. А. Воробьева, А. В. Евсеев

Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова (Москва, Российская Федерация)

Н. В. Кузьменкова

Институт геохимии и аналитической химии им. В. И. Вернадского РАН,

Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова (Москва, Российская Федерация)

Статья поступила в редакцию 12 января 2017 г.

Рассмотрены разномасштабные радиогеохимические исследования Кольского полуострова. Используются материалы многолетних полевых работ. Детально изучены геохимические ландшафты в районах влияния предприятий ядерной отрасли. Создана серия ландшафтно-геохимических карт локального и регионального масштабов. Ландшафты были дифференцированы в соответствии с физико-химическими свойствами почв, растительности, условиями увлажнения, уровнем грунтовых вод, минералогическим составом почвы и подстилающих пород, наличием или отсутствием антропогенного воздействия. Проведено районирование Кольского полуострова по условиям миграции и аккумуляции радионуклидов.

Ключевые слова: геохимические ландшафты, радионуклиды, геохимические арены, эколого-радиогеохимическое районирование.

Введение

Вопросам радиационного загрязнения природной среды в отдельных районах Арктики в последние десятилетия уделяется повышенное внимание. Одним из таких районов является Кольский полуостров — наиболее освоенный в хозяйственном отношении арктический район. На его территории расположен целый ряд потенциальных радиационно-опасных объектов: Кольская АЭС, места базирования военного и гражданского флота с ядерными энергетическими установками, объекты проведения подземных ядерных взрывов малой мощности, предприятия по добыче и переработке природного радиоактивного сырья и др. Однако проведенные за последние годы опробования отдельных компонентов природной среды вблизи таких объектов показали отсутствие аномально высоких концентраций радионуклидов [1—4]. Основной вклад в формирование мощности гамма-излучения вносят естественные радиоактивные элементы (уран, калий, торий, радий), содержащиеся в горных породах. В отдельных местах в пределах Хибинского и Ловозерского горных массивов радиационный фон достигает максимальных значений 0,34 мкЗв/ч. Для выработки мер, обеспечивающих радиологическую безопасность региона, необходимо детальное радиогеохимическое

исследование ландшафтов, которое включает определение основных загрязнителей, их концентрации, условия миграции и аккумуляции в компонентах природной среды.

Методы и материалы

Исследования проводились совместно с сотрудниками Института геохимии и аналитической химии им. В. И. Вернадского РАН в рамках программы радиационной безопасности России и были направлены главным образом на изучение особенностей миграции и аккумуляции радионуклидов в тундровых, лесотундровых и северотаежных ландшафтах на разных уровнях обобщения — локальном и региональном [5—9; 2]. На локальном уровне проводился детальный радиогеохимический анализ отдельных участков территории области с последующим составлением ландшафтно-геохимических крупномасштабных карт, на региональном уровне — изучение и мелкомасштабное картографирование обширных территорий с целью районирования их по различным условиям миграции и концентрирования искусственных радионуклидов. На локальном уровне работы проходили вблизи Кольской АЭС, в районе Хибинского горного массива, в зоне судоремонтного завода «Нерпа» по утилизации атомных подводных лодок. Исследование осуществлялось на основе ландшафтно-геохимической методики [10;

11], включающей составление крупномасштабных карт геохимических ландшафтов, полевые работы по сбору проб почв, лишайников и мхов, аналитические работы по определению в почвенных и растительных пробах удельной активности ^{137}Cs радиометрическим методом и составление карт с различным уровнем содержания удельной активности искусственных радионуклидов в автономных и подчиненных ландшафтах. Опробование почв велось на катенарном и внутривершинном уровнях. Геоэкологическая оценка проводилась по удельным активностям верхнего горизонта почв автономных ландшафтов как наиболее надежных индикаторов аэротехногенного загрязнения.

На региональном уровне эколого-радиогеохимическое районирование обширных северных территорий позволило выделить районы с различными условиями распределения искусственных радионуклидов. Методика районирования основана на учении о речных бассейнах и представлениях о геохимических аренах, предложенных М. А. Глазовской еще в 1970-х годах. Основной метод исследования — картографический, с его помощью создается картографическая база данных в результате изучения биоклиматических, геологических, геоморфологических, почвенно-геохимических особенностей и различий в морфологическом строении водосборных бассейнов исследуемой территории. Для полноценного анализа и обобщения обширной информации использовались геоинформационные технологии, позволяющие с помощью математико-картографического моделирования провести сложный пространственный анализ и синтезировать полученную информацию.

Эколого-радиогеохимическое районирование основывалось на понятии «геохимические арены» — территории водосборных речных систем и озер, определяющих распределение загрязняющих веществ, мигрирующих в поверхностных водах внутри арены, и возможность выноса загрязнителей за пределы арены или аккумуляцию внутри нее. Фундаментом исследования служило учение о морфологической структуре речных бассейнов [12].

Результаты и обсуждение

Исследования на локальном уровне

Проведенное крупномасштабное исследование вблизи Кольской АЭС не выявило высокого содержания отдельных радионуклидов. Так, содержание ^{137}Cs в почвах находилось в пределах от 30 до 110 Бк/кг. Концентрация других радионуклидов колебалась в меньшей степени, например ^{226}Ra — от 0,1 до 26 Бк/кг, ^{232}Th — от 1 до 4 Бк/кг. Опробование отдельных компонентов природной среды показало отсутствие зависимости уровня накопления искусственных радионуклидов от расстояния до АЭС, что может свидетельствовать о незначительном влиянии станции на окружающую территорию.

Радиоэкологическую обстановку в Хибинском горном массиве можно в целом оценить как

благоприятную. В большей части проб почв содержание ^{137}Cs колеблется в диапазоне от 3 до 60 Бк/кг. По данным Н. А. Мельник, для Хибинского горного массива и расположенного там Кировска отмечается несколько повышенное содержание естественных радионуклидов в почвах, в частности ^{40}K — 150—370 Бк/кг, ^{226}Ra — 14—70 Бк/кг, и невысокое содержание искусственного ^{137}Cs — 2—36 Бк/кг [13]. Однако есть отдельные пробы с более высоким содержанием ^{137}Cs — 270—312 Бк/кг в районе горы Куэльпорр, где расположены ныне закрытые штольни — места проведения маломощных ядерных взрывов. В Ловозерском горном массиве в отвалах местного горно-обогатительного комбината отмечаются повышенные содержания естественных радионуклидов: ^{40}K — 970—1100 Бк/кг, ^{226}Ra — 121—195 Бк/кг, ^{232}Th — 370—450 Бк/кг и относительно невысокое содержание ^{137}Cs — 5—13 Бк/кг [13]. Опробование мхов и лишайников в Мурманской области показало, что содержание искусственного ^{137}Cs составляло 30—80 Бк/кг и лишь в отдельных случаях менее 10 и более 100 Бк/кг. В почве концентрация этого радионуклида колебалась в пределах от 1 до 312 Бк/кг. Максимальные концентрации фиксировались в верхнем гумусовом горизонте. Характерная особенность почв — резкое уменьшение содержания радионуклида с глубиной. В нижележащих горизонтах почв концентрация ^{137}Cs не превышала 10 Бк/кг, что свидетельствует о слабой радиальной миграции в почвенном профиле и наличии мощного геохимического барьера в виде растительного опада и гумусового горизонта. Уровень удельной активности ^{137}Cs в почвах данного района обусловлен глобальными выпадениями — 36 Бк/кг [5].

Особое внимание уделено изучению компонентов природной среды в зоне судоремонтного завода «Нерпа», расположенного на северо-западе региона, в тундровой и лесотундровой природных зонах. Рельеф района, представленный складчато-глыбовыми поднятиями и впадинами, формировался под влиянием тектонических явлений, эрозионной деятельности, действия ледников и неоднократных колебаний уровня моря. Атмосферная циркуляция имеет муссонный характер, зимой преобладают юго-западные ветры с материка, летом — северо-восточные с Баренцева моря. Почвенный покров северо-западной части Кольского полуострова характеризуется большой пестротой и комплексностью, что связано с изменчивостью условий почвообразования при пересеченном рельефе. Растительность представлена березовыми редколесьями и криволесьями, а также кустарниками, мхами и лишайниками. В задачи изучения входило выявление особенностей вертикальной и литеральной миграции ^{137}Cs в геохимических ландшафтах, определение форм поступления, переноса и нахождения ^{137}Cs в различных типах почв южно-тундровых ландшафтов, оценка радиоэкологического состояния компонентов экосистем вблизи завода.

Исследование проводилось на основе ландшафтно-геохимической методики, в основе которой

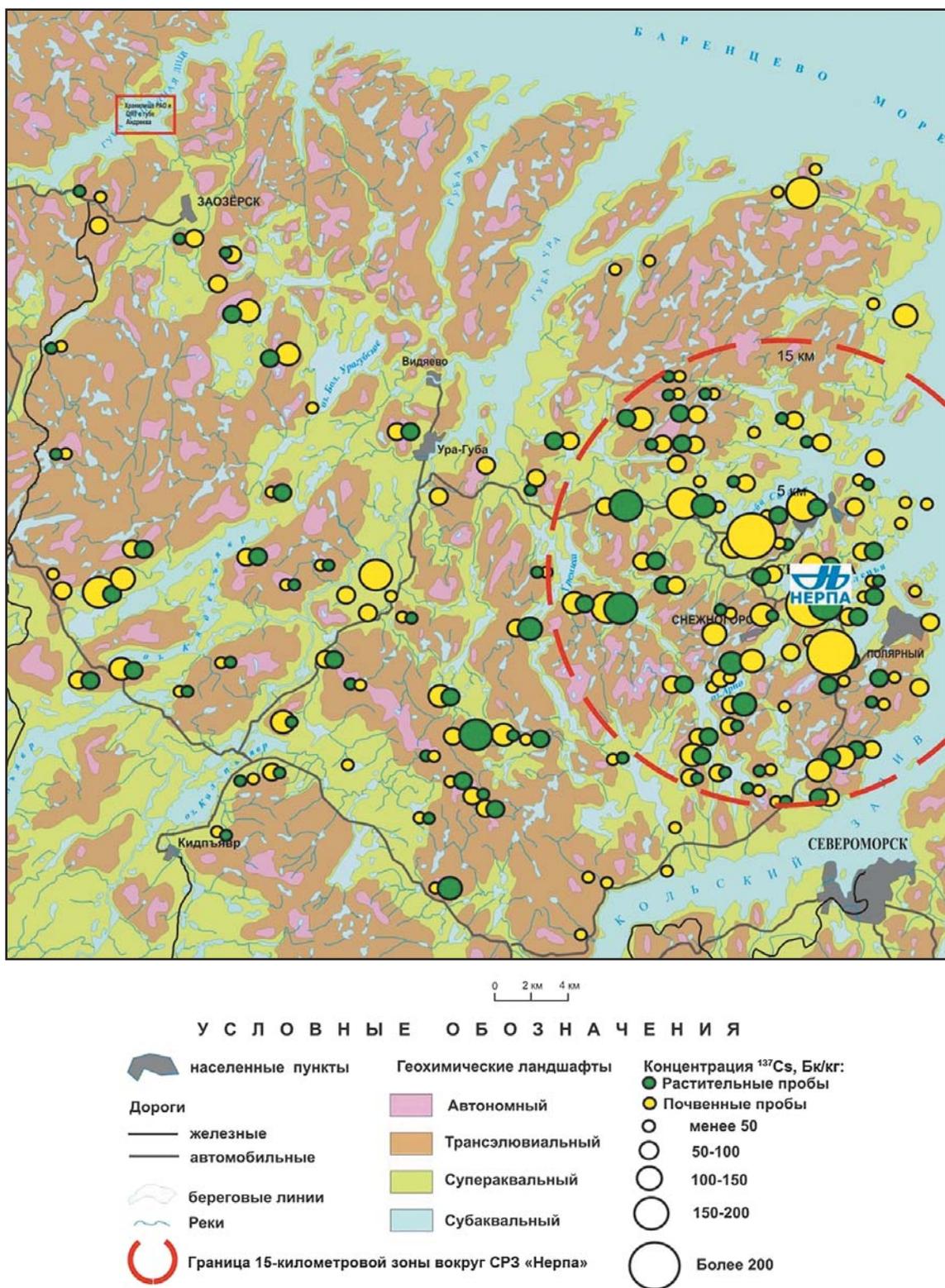


Рис. 1. Точки опробования с удельными активностями ^{137}Cs в районе судоремонтного завода

лежат полевые работы. Были заложены разрезы и опробованы все генетические горизонты почв, а также лишайники с проективным покрытием более 50%. Геохимические ландшафты изучались катенарным методом: от автономных (вершины сопков) ландшафтов до супераквальных (поймы рек и озер). При

выборе местоположения точек учитывалось преобладающее направление переноса воздушных масс, а также особенности ландшафтно-геохимической структуры территории. Общее количество разрезов составило 264, число почвенных проб 1056 (рис. 1). Аналитические работы включали определение



Рис. 2. Фрагмент карты элементарных ландшафтов

в пробах почв удельной активности ^{137}Cs радиометрическим методом и анализ основных физико-химических свойств почв (кислотности, содержания органического углерода и механического состава).

На основании анализа уровней удельной активности ^{137}Cs в точках опробования было выделено пять градаций: 0—50, 50—100, 100—150, 150—200 и более 200 Бк/кг. Наиболее высокие уровни (более 200 Бк/кг) удельных активностей наблюдаются в непосредственной близости от судоремонтного завода и превышают рассчитанную для территории исследования фоновую величину (76 Бк/кг) более чем в два раза. Основная часть ^{137}Cs сосредоточена в органогенном горизонте почв мощностью до 20 см [2].

Сопряженный анализ различных картографических источников и обработка собранной обширной и многоплановой информации проводились на основе геоинформационных технологий (AutoCAD 3Dmap, ArcGis). Важная роль в исследовании принадлежала крупномасштабному ландшафтно-геохимическому картографированию (рис. 2 и 3).

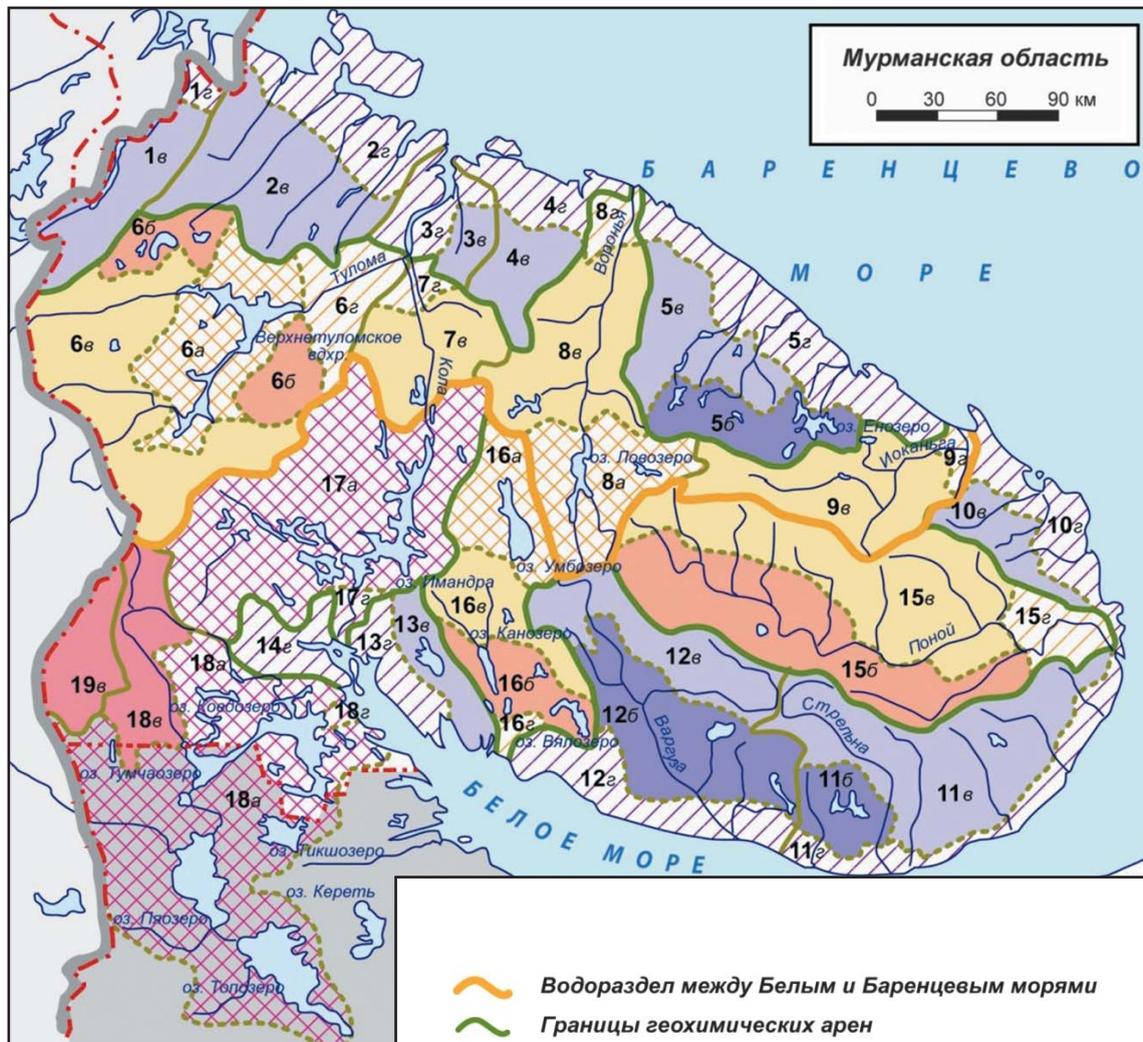
Анализ созданной крупномасштабной ландшафтно-геохимической карты показал, что значительную часть территории (около 40%) занимают трансаккумулятивные ландшафты, супераквальные занимают примерно 30%, субаквальные — 20%, наименьшую

площадь занимают автономные и трансэлювиальные ландшафты — примерно 10% территории. Это говорит о том, что на территории исследования преобладают процессы аккумуляции, а не миграции элементов. Автономные ландшафты занимают господствующее положение на средних высотах 200 м над уровнем моря. На данных ландшафтах под скалистой, безлесой тундрой с пятнами ворончико-мохово-лишайниковых ассоциаций сформировались подбуры, подбуры глеевые и торфяно-подбуры глеевые на изверженных и метаморфических почвообразующих породах и моренных отложениях. Они характеризуются окислительной обстановкой, кислыми условиями, промывным типом водного режима. На данных ландшафтах выделяются сорбиционный латеральный и щелочной радиальный геохимические барьеры.

Подчиненные ландшафты — трансэлювиальные, трансэлювиально-аккумулятивные, транссупераквальные и аккумулятивно-супераквальные. На них сформировался довольно пестрый спектр почв от подбуров глеевых до торфяно-эутрофных. Среди подчиненных геохимических ландшафтов выделяются трансэлювиально-аккумулятивные, занимающие наибольшую площадь на территории исследования. К ним приурочены подзолы, подзолы глеевые и глееземы, сформировавшиеся под травяно-березово-

Почвенно-растительный покров		Элементарные ландшафты		Геохимические барьеры		Элювиальные Э	Транс-элювиальные ТЭ	Транс-элювиально-аккумулятивные ТЭА	Транс-супераккумулятивные ТС	Аккумулятивно-супераккумулятивные АС				
											Рельеф			
Растительность	Почвы			Выровненные плато	Крутые склоны	Пологие склоны	Долины и поймы рек		Поймы озер					
				Подстилающие породы										
		Изверженные и метаморфические	Моренные отложения	Озерные педниковые отложения	Изверженные и метаморфические	Моренные отложения	Изверженные и метаморфические	Моренные отложения	Изверженные и метаморфические	Моренные отложения	Изверженные и метаморфические	Моренные отложения		
L	R	Э ₁	Э ₂	Э ₃	ТЭ ₁	ТЭ ₂	ТЭА ₁	ТЭА ₂	ТС ₁	ТС ₂	ТС ₃	СА ₁	СА ₂	СА ₃
Тундра мелкоерниковая воронично-пушицево-лишайниковая	Подбурь глеевые оподзоленные иллювиально-железистые иллювиально-гумусовые	Э ₁ ²	C, G	D, C	Э ₁ ²	Э ₂ ²								
Тундра воронично-лишайниково-зеленомошная	Торфяно-подбурь глеевые оподзоленные иллювиально-железистые иллювиально-гумусовые	Э ₁ ³	C, G	G		Э ₃ ³								
Тундра разнотравно-зеленомошно-лишайниковая	Подзолы иллювиально-железистые иллювиально-гумусовые глееватые	Э ₁ ⁴	A, C	G, C			ТЭ ₁ ⁴	ТЭ ₂ ⁴	ТЭА ₁ ⁴	ТЭА ₂ ⁴				СА ₃ ⁴
Тундра ерниковая воронично-разнотравная	Подзолы глеевые иллювиально-гумусовые иллювиально-железистые	Э ₁ ⁵	G	G				ТЭА ₁ ⁵	ТЭА ₂ ⁵					СА ₃ ⁵
Тундра ерниковая воронично-моховая	Торфяно-подзолы глеевые иллювиально-гумусовые иллювиально-железистые	Э ₁ ⁶	M	G, C				ТЭА ₁ ⁶	ТЭА ₂ ⁶	ТС ₁ ⁶	ТС ₂ ⁶			СА ₃ ⁶
Тундра ивняково-ерниковая бруснично-черничная с участием сосны	Глееземы типичные, оподзоленные перегнойные	Э ₁ ⁷	M, C	G				ТЭА ₁ ⁷	ТЭА ₂ ⁷	ТС ₁ ⁷	ТС ₂ ⁷	ТС ₃ ⁷		СА ₃ ⁷
Болота верховые багульниково-сфагновые	Торфяно-олиготрофные, типичные остаточнo-зутрофные	Э ₁ ⁸	A, C	G	Э ₁ ⁸	Э ₂ ⁸	Э ₃ ⁸							
Болота низинные ивово-ольховые осоково-разнотравные	Торфяно-зутрофные типичные перегнойно-торфяные	Э ₁ ⁹	A, G	G, D, C								СА ₁ ⁹	СА ₂ ⁹	СА ₃ ⁹
Антропогенный ландшафт														
Аквальный ландшафт														

Рис. 3. Фрагмент легенды карты элементарных ландшафтов



Геохимические арены:

открытые

- б аккумулятивно-транзитные
- в транзитно-аккумулятивные
- г сбрасыватели

полузакрытые

- а накопители
- б аккумулятивно-транзитные
- в транзитно-аккумулятивные
- г сбрасыватели

закрытые

- а накопители
- в транзитно-аккумулятивные
- г сбрасыватели

Индексы геохимических арен:

- 2 - номер бассейна
- е - тип миграции

- Водораздел между Белым и Баренцевым морями
- Границы геохимических арен

Границы бассейнов с разной потенциальной способностью к накоплению и сбрасыванию вещества:

- между крупными бассейнами
- внутри крупных бассейнов

Индексами на карте обозначены:

Бассейны Баренцева моря

1. Бассейны реки Патсойоки и др. (большая часть на территории Норвегии)
- 2—4. Бассейны рек северной части Кольского полуострова
5. Бассейны рек северо-восточной части Кольского полуострова
6. Бассейны Верхнетуломского водохранилища и реки Тулома
7. Бассейны реки Кола
8. Бассейны реки Воронья и озера Ловозеро
9. Бассейны реки Иоканга

Бассейны Белого моря

10. Бассейны рек восточной части Кольского полуострова
- 11—12. Бассейны рек юго-восточной части Кольского полуострова
13. Бассейны рек северо-восточного побережья Кандалакшского залива
14. Бассейны рек северо-западного побережья Кандалакшского залива
15. Бассейны реки Поной
16. Бассейны реки Умбы и озера Умбозеро
17. Бассейны озера Имандра и реки Нива
18. Бассейны рек Тумча, Тума и системы озер Топозеро, Пяозеро и др. систем водохранилищ
19. Бассейны реки Теннейоки

Рис. 4. Геохимические арены Мурманской области

вороничными ассоциациями на почвообразующих изверженных и метаморфических породах, а также морских и моренных отложениях. Данные ландшафты отличаются окислительно-восстановительной обстановкой с кислыми и слабокислыми почвами, промывным с периодическим переувлажнением режимом. В них выделяются механический и глеевый латеральные, сорбционный и кислый радиальные барьеры [14].

Исследования на региональном уровне

Работы по эколого-радиогеохимическому районированию территории Мурманской области проходили в несколько этапов:

- анализ бассейновой организации территории и определение структуры бассейнов разного порядка;
- дифференциация территории на участки с различной интенсивностью миграции и аккумуляции вещества на основе анализа геолого-геоморфологической структуры водосборных бассейнов и гидрографических особенностей территории;
- выявление участков почв с различными геохимическими условиями и с различной устойчивостью почв к техногенному воздействию на основе методики М. А. Глазовской [7].

Определение морфометрической структуры водосборных бассейнов, дифференциация их на участки с различными условиями миграции и аккумуляции вещества и геохимической устойчивостью почв к техногенному воздействию позволили выделить на территории области геохимические арены трех типов: открытые, полужакрытые и закрытые.

Открытые арены включают водосборные бассейны рек, характеризующиеся преобладанием процессов интенсивного выноса мигрирующих веществ за пределы их территории. Полужакрытые арены объединяют водосборные бассейны с преобладанием процессов замедленного транзита мигрирующих веществ и частичного осаждения их внутри арены. Закрытые арены включают водосборные бассейны рек и озер с преобладанием процессов осаждения мигрирующих веществ из поверхностных вод и их накопление внутри арены.

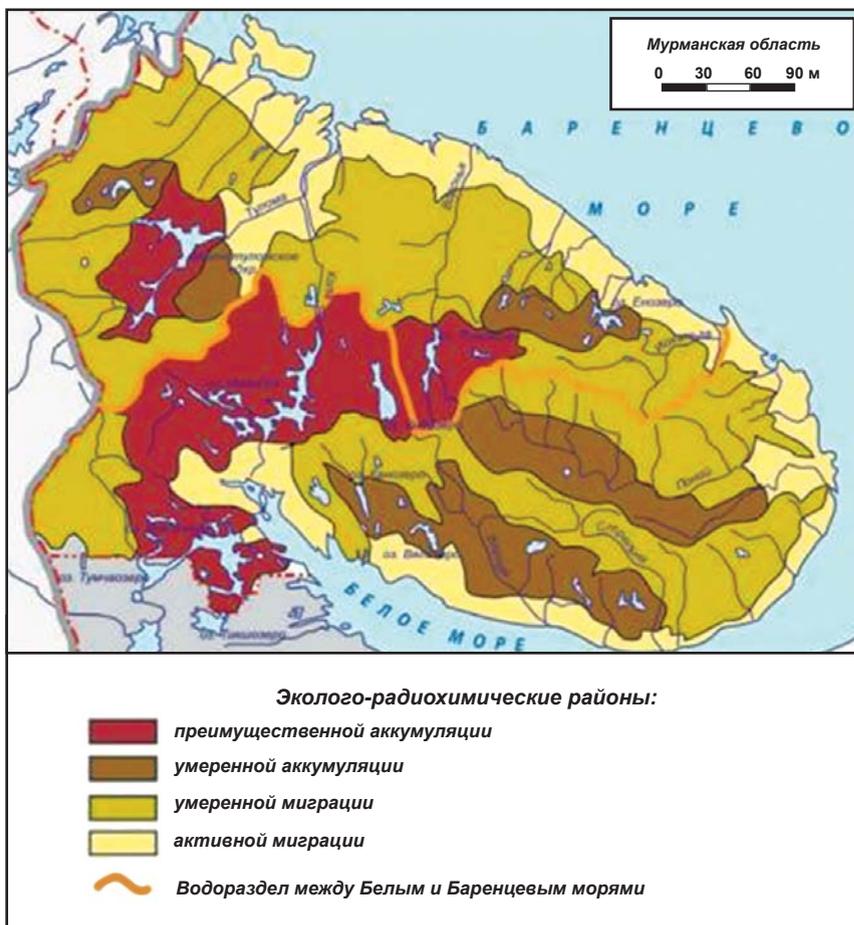


Рис. 5. Эколого-радиогеохимическое районирование Кольского полуострова

В пределах этих арен находятся бассейны систем озер, водохранилищ и рек, впадающих в них, а также бассейны рек, не имеющих непосредственного выхода к морю (рис. 4).

Внутри каждой арены проведена дифференциация по различной степени интенсивности возможного проявления процессов перераспределения радионуклидов, и выделены участки бассейнов с преимущественной аккумуляцией, участки с преобладанием аккумуляции при умеренной и слабой миграции, участки с преобладанием миграционных процессов при слабой и умеренной аккумуляции и участки с преимущественной миграцией.

Интегральный анализ серии сопряженных карт водосборных бассейнов, условий миграции и аккумуляции вещества, геохимической устойчивости почв к техногенному воздействию и геохимических арен позволил провести эколого-радиогеохимическое районирование и составить карту, отражающую дифференциацию территории по особенностям распространения искусственных радионуклидов (рис. 5). Районы классифицируются на сбрасыватели и накопители, различные виды транзитных районов, в которых соответственно при попадании искусственных радионуклидов преимущественно

происходят их вынос, накопление или наблюдается определенный баланс между приходом и выносом вещества [15].

Заключение

Составленная серия разномасштабных эколого-геохимических карт на локальном и региональном уровнях исследования позволила выявить особенности распределения ^{137}Cs на исследуемой территории и оценить радиоэкологическое состояние почв и лишайников. Изучение миграции и концентрации техногенных радионуклидов в почвах тундровой зоны показало, что территория исследования в целом не является радиоактивно загрязненной.

Повышенные содержания ^{137}Cs в почвах и лишайниках трансэлювиально-аккумулятивных и автономных ландшафтов, сформированных на изверженных и метаморфических породах, позволяют считать данные ландшафты индикационными при геоэкологической оценке территорий вокруг ядерно-радиационно-опасных предприятий, находящихся в тундровой и лесотундровой природных зонах Кольского полуострова. Близкое залегание водоупора, небольшая мощность почвенных профилей делают эти ландшафты максимально удобными для проведения мониторинга.

Особое внимание при планировании хозяйственной деятельности должно уделяться районам «накопителям» с потенциальной способностью к аккумуляции искусственных радионуклидов. Проведенное районирование позволяет выявить закономерности распределения искусственных радионуклидов, попавших на поверхность земли, оценить пути их выноса с изучаемых территорий и спрогнозировать расположение районов их наибольшего потенциального накопления.

Литература

1. Brown J., Nikitin A., Valetova N. et al. Radioactive contamination in the marine environment adjacent to the outfall of the radioactive waste treatment plant at ATOMFLOT // J. of environmental radioactivity. — 2002. — Vol. 61, 1 1. — P. 111—131.
2. Kuzmenkova N., Vorobyova T. Landscape-geochemical mapping of territory in the north-west of Kola Peninsula // J. of geochemical exploration. — 2015. — № 154. — P. 194—199.
3. Matishov G., Matishov D., Namjatov A., et al. Anthropogenic radionuclides in Kola and Motovsky

Bays of the Barents Sea, Russia // J. of environmental radioactivity. — 1999. — Vol. 43, 1 1. — P. 77—88.

4. Reimann C., Ayra M., Chekushin V. A. et al. Environmental Geochemical Atlas of the Central Barents Regions NGU-GTK-CKE: special publication / Geological Survey of Norway. — Trondheim, Norway, 1998. — P. 745.
5. Величкин В. И., Кузьменкова Н. В., Кошелева Н. Е. и др. Оценка эколого-геохимического состояния почв на северо-западе Кольского полуострова // Геоэкология. — 2012. — № 1. — С. 41—51.
6. Воробьева Т. А., Евсеев А. В., Тульская Н. И. Информационно-картографическое обеспечение радиоэкологического мониторинга Северных регионов России // Геоинформатика. — 2011. — № 3. — С. 51—61.
7. Глазовская М. А. Методические основы оценки эколого-геохимической устойчивости почв к техногенным воздействиям: Методическое пособие. — М.: Изд-во Моск. ун-та, 1997. — 102 с.
8. Атлас загрязнения Европы цезием после Чернобыльской аварии / Бюро по официальным изданиям Европейской комиссии; науч. рук. Ю. А. Израэль. — Люксембург, 1998. — 108 с.
9. Касимов Н. С., Геннадиев А. Н. Геохимия ландшафтов и география почв: основные концепции и подходы // Вестн. МГУ. Сер. 5. География. — 2005. — № 2. — С. 10—17.
10. Пивоваров Ю. П., Михалев В. П. Радиационная экология. — М.: Изд. центр «Академия», 2004. — 240 с.
11. Перельман А. И. Геохимия. — М.: Высш. шк., 1989. — 527 с.
12. Симонов Ю. Г., Симонова Т. Ю. Речной бассейн и бассейновая организации географической оболочки // Эрозия почв и русловые процессы. — Вып. 14 / Под. ред. Р. С. Чалова. — М.: Изд-во Моск. ун-та, 2003. — С. 7—32.
13. Кузьменкова Н. В., Власова И. Э., Калмыков С. Н. Формы нахождения ^{137}Cs в почвах Кольского полуострова // Вопр. радиац. безопасности. — 2011. — № 4. — С. 3—10.
14. Мельник Н. А., Локшин Э. П., Седнева Т. А. Распределение природных радионуклидов // Журн. прикладной химии. — 2004. — Т. 77, № 8. — С. 1237—1240.
15. Борисенко Е. Н., Величкин В. И., Воробьева Т. А. и др. Эколого-геохимическое районирование Севера европейской территории России // Докл. Академии наук. — 2007. — Т. 414, № 5. — С. 1—3.

Информация об авторах

Воробьева Татьяна Александровна, кандидат географических наук, доцент, географический факультет, Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова (119991, Россия, Москва, Ленинские горы, ГСП-1), e-mail: tvorobyova@yandex.ru.

Евсеев Александр Васильевич, доктор географических наук, профессор, географический факультет, Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова (119991, Россия, Москва, Ленинские горы, ГСП-1).

Кузьменкова Наталья Викторовна, кандидат географических наук, старший научный сотрудник, Институт геохимии и аналитической химии им. В. И. Вернадского РАН (119991, Россия, Москва, ул. Косыгина, 19), ведущий научный сотрудник, химический факультет, Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова (Россия, 119991, Москва, Ленинские горы, 1, стр. 3), e-mail: kuzmenkova213@gmail.com.

Библиографическое описание данной статьи

Воробьева Т. А., Евсеев А. В., Кузьменкова Н. В. Радиогеохимические исследования состояния ландшафтов Кольского полуострова // Арктика: экология и экономика. — 2017. — № 2 (26). — С. 17—26.

RADIOGEOCHEMICAL INVESTIGATIONS OF THE KOLA PENINSULALANDSCAPES

Vorobyova T. A. Evseev A. V.

Lomonosov Moscow State University (Moscow, Russian Federation)

Kuzmenkova N. V.

Vernadsky Institute of Geochemistry and Analytical Chemistry of RAS (Moscow, Russian Federation), Lomonosov Moscow State University (Moscow, Russian Federation)

Abstract

The article presenting various-scale radiogeochemical investigations of the Kola Peninsula landscapes. Materials of long-term field works are used. Geochemical landscapes in the areas of nuclear industry influence have been studied in details. A series of landscape-geochemical maps was made at local (1:50000) and regional (1:200000) scales, and the radioecological conditions were determined in the investigation area. The aim of the study was to determine in detail the migration and accumulation of technical radionuclides using ^{137}Cs as an example in the Kola Peninsula. Large-scale landscape geochemical mapping plays an important role in studying the distribution of radionuclides. The aims of this study included the following tasks:— determination of factors and conditions, which facilitate migration and accumulation of technical radionuclides in the north-western part of the Kola Peninsula; — development of a series of landscape-geochemical maps at various scales for the study area;— development of an integrated geo-information database on ^{137}Cs occurrence within study area. Landscapes have been identified according to the soil's physical and chemical properties, vegetation characteristics, natural moisture conditions, groundwater level, the mineralogical composition of soil and underlying rocks, the presence or absence of anthropogenic impact. This approach has allowed the conditions of migration and accumulation of radionuclide sin the north-west of the Kola Peninsula to be revealed, and assisted in the understanding of migration and accumulation conditions of ^{137}Cs .

Keywords: *geochemical landscapes, radionuclides, geochemical arenas, ecological radiogeochemical zoning.*

References

1. Brown J., Nikitin A., Valetova N. et al. Radioactive contamination in the marine environment adjacent to the outfall of the radioactive waste treatment plant at ATOMFLOT. *J. of environmental radioactivity*, 2002, vol. 61, I 1, pp. 111—131.
2. Kuzmenkova N., Vorobyova T. Landscape-geochemical mapping of territory in the north-west of Kola Peninsula. *J. of geochemical exploration*, 2015, no. 154, pp. 194—199.
3. Matishov G., Matishov D., Namjatov A. et al. Anthropogenic radionuclides in Kola and Motovsky Bays of the Barents Sea. Russia. *J. of environmental radioactivity*, 1999, vol. 43, I 1, pp. 77—88.
4. Reimann C., Ayras M., Chekushin V. A. et al. Environmental Geochemical Atlas of the Central Barents Regions NGU-GTK-CKE: special publication. Geological Survey of Norway. Trondheim, Norway, 1998, 745 p.
5. Velichkin V. I., Kuzmenkova N. V., Kosheleva N. E. et al. Otsenka ekologo-geokhimicheskogo sostoyaniya pochv na severo-zapade Kolskogo poluostrova. [Ecological geochemical assessment of soils in the Kola peninsula north-west]. *Geoekologiya*, 2012, no. 1, pp. 41—51. (In Russian).
6. Vorobyeva T. A., Evseyev A. V., Tul'skaya N. I. Informatsionno-kartograficheskoye obespecheniye radio-khimicheskogo monitoringa Severnykh regionov Rossii. [The information and cartographic support of North Russia regions monitoring]. *Geoinformatika*, 2011, no. 3, pp. 51—61. (In Russian).
7. Glazovskaya M. A. Metodicheskiye osnovy otsenki ekologo-geokhimicheskoy ustoychivosti pochv k

tehnogennym vozdeystviyam: [Base methods of the ecological geochemical assessment thehrogenicim-pactsoils]. Metodicheskoye posobiye. M., Izd-vo Mosk. un-ta, 1997, 102 p. (In Russian).

8. Atlas zagryazneniya Evropy tseziyem posle Chernobylskoy avarii. [Atlas of the Europe cesium pollution after the Chernobyl accident]. Byuro po ofitsialnym izdaniyam Evropeyskoy komissii; Nauch. ruk. Yu. A. Izrael. Lyuksemburg, 1998, 108 p. (In Russian).

9. Kasimov N. S., Gennadiyev A. N. Geokhimiya landshaftov i geografiya pochv: osnovnyye kontseptsii i podkhody. [Landscape geochemistry and soil geography: basicsconception and approaches]. Vestn. MGU, Ser. 5, Geografiya, 2005, no. 2, pp. 10—17. (In Russian).

10. Pivovarov Yu. P., Mikhalev V. P. Radiatsionnaya ekologiya. [Radiation ecology]. M., Izd. tsentr "Akademiyu", 2004, 240 p. (In Russian).

11. Perelman A. I. Geokhimiya. [Geochemistry]. M., Vyssh. shk., 1989, 527 p. (In Russian).

12. Simonov Yu. G., Simonova T. Yu. Rechnoy basseyn i basseynovaya organizatsii geograficheskoy obolochki. [River basin and it organisation in the geographic envelope]. Eroziya pochv i ruslovyeye protsessy, Vyp. 14. Pod. red. R. S. Chalova. M., Izd-vo Mosk. un-ta, 2003, pp. 7—32. (In Russian).

13. Kuzmenkova N. V., Vlasova I. E., Kalmykov S. N. Formy nakhozhdeniya ^{137}Cs v pochvakh Kolskogo poluostrova. [^{137}Cs forms in the Kola Peninsula soils]. Vopr. radiats. bezopasnosti, 2011, no. 4, pp. 3—10.

14. Melnik N. A., Lokshin E. P., Sedneva T. A. Raspre-deleniye prirodnykh radionuklidov. [Natural radionuclides distribution]. Zhurn. prikladnoy khimii, 2004, vol. 77, no. 8, pp. 1237—1240. (In Russian).

15. Borisenko E. N., Velichkin V. I., Vorobyeva T. A. et al. Ekologo-geokhimicheskoye rayonirovaniye Severa evropeyskoy territorii Rossii. [The territory of Russia North ekologo-geochemical zoning]. Dokl. Akademii nauk, 2007, vol. 414, no. 5, pp. 1—3. (In Russian).

Information about the authors

Vorobyova Tatiana Aleksandrovna, PhD, associate professor, Geography Department, Lomonosov MSU (Leninskie gory GSP-1, Moscow, 119991, Russia), e-mail: tvorobyova@yandex.ru.

Evseev Alexander Vasilievich, doctor of geographical sciences, professor, Geography Department, Lomonosov MSU (Leninskie gory GSP-1, Moscow, 119991, Russia).

Kuzmenkova Natalia Victorovna, PhD, Leading scientist, Vernadsky institute of geochemistry and analytical chemistry of RAS (19, Kosygina st., Moscow, 119991, Russia), Head scientist, Chemistry Department, Lomonosov MSU (1, str. 3, Leninskie gory, Moscow, 119991, Russia), e-mail: kuzmenkova213@gmail.com.

Bibliographic description

Vorobyova T. A., Evseev A. V., Kuzmenkova N. V. Radiogeochemical investigations of the Kola Peninsula landscapes. The Arctic ecology and economy, 2017, № 2 (26), pp. 17—26. (In Russian).

© Vorobyova T. A., Evseev A. V., Kuzmenkova N. V., 2017