

УДК 502.171(470.11.2)(045)

Анализ техногенного воздействия на геосистемы Европейского Севера России

© **Душкова** Диана Олеговна, к.г.н., н.с. географического факультета Московского государственного университета им. М. В. Ломоносова. E-mail:

kodiana@mail.ru.

© **Евсеев** Александр Васильевич, д. г. н., профессор, в. н. с. географического факультета Московского государственного университета им. М. В. Ломоносова. E-mail:

avevseev@yandex.ru.



На основании разработанных методических подходов проведены комплексные геоэкологические исследования Севера европейской территории России с учётом природной и хозяйственной специфики региона. Проанализированы предпосылки становления регионального природопользования, дана детальная характеристика особенностей его современной структуры и связанных с ней негативных геоэкологических последствий.

Ключевые слова: природопользование, геоэкологическая ситуация, Европейский Север России, оценка техногенного воздействия.

Analisis of technogenic impact on geosystems of the European Russian North

© **Dushkova** Diana, Dr. of Geography, Scientist of faculty of geography of Moscow State University named after M. V. Lomonosov. E-mail: kodiana@mail.ru.

© **Evseev** Alexander, Dr. of Geography, Professor, senior scientist of faculty of geography of Moscow State University named after M. V. Lomonosov. E-mail: avevseev@yandex.ru.

Abstract

Methodical approaches for carrying out complex geoeological researches taking into account natural and economic peculiarities of the North are developed. The detailed characteristics of the features of the nature management modern structure and technogenic impact on the research territory are given. Preconditions for regional nature management in its historical-geographical aspect, the structure and the dynamics of nature management at present, the negative geoeological consequences connected with them are analysed.

Keywords: nature management, geoeological situation, European North of Russia, technogenic impact assessment.

Развитие природопользования на Севере России обусловлено сочетанием определённых природных и социально-экономических предпосылок, а также лимитирующих факторов, и имеет многовековую историю, отражающую социокультурные особенности освоения северного пространства. Особенностью такого освоения, активный период которого пришёлся на 30-е гг. XX в., явилось преимущественно промышленное развитие с высокой долей добывающей

и обрабатывающей отраслей, что привело к высоким техногенным нагрузкам на природную среду, загрязнению и деградации отдельных её компонентов.

Наиболее остро эти проблемы проявили себя в ряде промышленных центров Европейского Севера России, где отмечаются наиболее сильные техногенные воздействия, что позволило отнести их к импактным районам. **Под импактным районом** понимается участок в пределах территориально-промышленного комплекса, на котором в результате антропогенного воздействия произошли негативные изменения природной среды, приведшие к появлению и развитию острых экологических ситуаций. Характеристика импактных районов более детально представлена в работах А. В. Евсеева и Т. М. Красовской (1996, 1997, 2004, 2008), монографии «Российская Арктика: на пороге Катастрофы» (1996) и монографии «Environmental hot spots and impact zones of the Russian Arctic» (2000).

Наиболее крупными импактными районами исследуемой территории являются (рис. 1): в Мурманской области – Западно-Кольский (Никель, Заполярный), Центрально-Кольский (Мончегорск, Оленегорск); Хибинский (Кировск, Апатиты); в Архангельской области – Архангельский (Архангельск, Северодвинск и Новодвинск) и Котласский (Котлас и Коряжма); в Республике Коми – Воркутинский (МО Воркута).

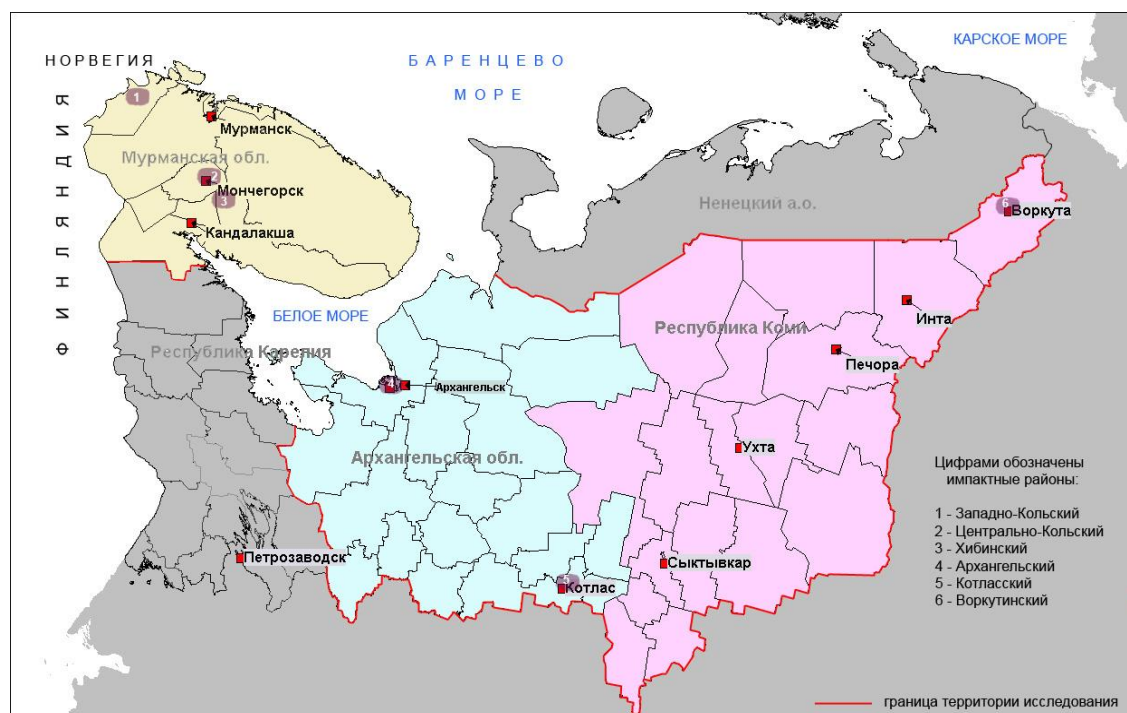


Рис. 1. Территория исследований

Выбор данных районов обусловлен тем, что на основании приоритизации горячих точек Российского Севера, проведённой экспертами Минэкономразвития РФ в рамках «Стратегической программы действий» (НПД Арктика, 2005; SAP-Arctic, 2009), они отнесены к основным импактным районам, для которых характерна кризисная, а в некоторых случаях критическая экологическая ситуация. Крайним выражением этого стало ухудшение условий жизни местного населения и высокие показатели по классам эколого-зависимых заболеваний (отме-

чено превышение над общероссийским фоном до 10 раз по показателю врождённых пороков развития у детей, почти в 2 раза по уровню заболеваемости дерматитами, а также по показателям заболеваемости органов дыхания и злокачественных новообразований). Перечисленные негативные факторы отразились на показателях продолжительности жизни населения исследуемых промышленных центров, которые ниже общероссийских на 2–5 лет: 54–58 лет у мужчин и 69–71 год у женщин (Душкова, Евсеев, 2011).

В процессе исследования были поставлены и решались следующие задачи: анализ структуры регионального природопользования и исторических предпосылок её формирования; изучение региональных особенностей геоэкологической ситуации территорий с сильными техногенными нарушениями геосистем (импактных районов); разработка методических подходов к проведению комплексного регионального геоэкологического анализа.

На основе методической и теоретической базы была разработана методика проведения геоэкологических работ, включающая в себя как полевые (экспедиционные), так и камеральные исследования экологической обстановки, анализ литературных и фондовых материалов, составление карт. Во время многолетних экспедиционных работ в регионах Европейского Севера России были проведены ландшафтно-географические описания, отобраны пробы компонентов природной среды по ландшафтным профилям (по катене – от трансэлювиальных ландшафтов до супераквальных), собраны материалы по экологической обстановке в регионе. В лабораторных условиях выполнена химико-аналитическая обработка отобранных проб с целью определения содержания приоритетных загрязняющих веществ. В исследовании применялись классические методы географии (картографический, сравнительно-описательный, районирование), а также математико-статистический, методы балльных и экспертных оценок. Результаты исследований представлены в серии карт, отражающих пространственное распределение техногенного воздействия на отдельные компоненты природной среды.

В процессе проведенных исследований разработаны методические подходы к проведению комплексных геоэкологических исследований с учётом природной и хозяйственной специфики Севера. На основании обработки имеющихся материалов (полевых, картографических, дистанционных, статистических, литературных и фондовых) дана детальная *характеристика особенностей современной структуры природопользования* и техногенного воздействия на территории исследования. Проанализированы предпосылки становления регионального природопользования в историко-географическом аспекте, структура и динамика природопользования на современном этапе, конфликты природопользования и связанные с ними негативные геоэкологические последствия. Установлено, что формирование региональной структуры природопользования в значительной степени было предопределено как спецификой природных условий, так и историческими особенностями хозяйственного освоения.

Особенности современной структуры природопользования

Для Севера России характерны следующие виды природопользования: фоновое, крупноочаговое, очаговое и дисперсное (рис. 2). Наибольшее территориальное распространение на Ев-

ропейском Севере имеет фоновое природопользование, которое включает в себя следующие типы: традиционное природопользование коренных народов Севера (оленьеводство, охотничий и рыбный промысел), лесохозяйственное (производится около 60% вырубок РФ), сельскохозяйственное и ресурсно-промысловое. Наименьшие ареалы, как правило, вошь речных долин отведены под сельскохозяйственное природопользование. Для данных типов природопользования характерна не только прямая зависимость от ресурсной базы, но и от средообразующих функций геосистем. Это обуславливает их преимущественно зональную адаптированность. Характерной чертой является сбалансированность энерго-вещественных потоков с преобладанием антропогенных потоков, которые, однако, ещё не разрушают систему «природа – население – хозяйство» (Красовская, 2008).

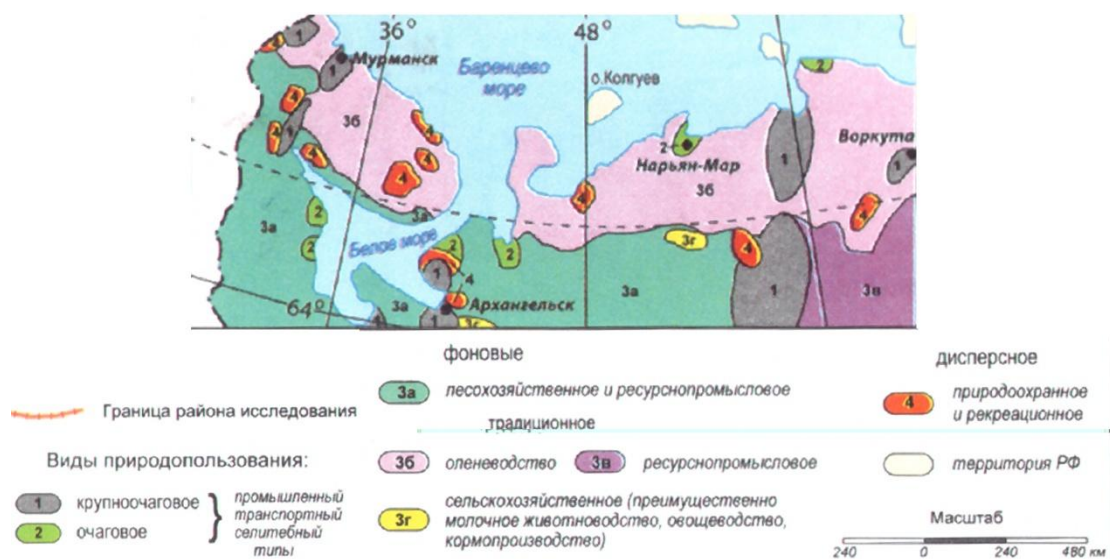


Рис. 2. Природопользование на Европейском Севере России (по: Красовская, 2008)

Дисперсный вид природопользования, включающий природоохранный и рекреационный типы, по площадному распространению пока стоит на последнем месте, хотя его роль в поддержании всей системы Севера очень велика. Дисперсное природопользование также является зонально адаптированным и характеризуется большой зависимостью от средообразующих экологических функций. Рекреационный тип природопользования включает в себя санитарно-курортные, спортивные, туристические зоны, объекты природного и культурного наследия, сады и огороды и пр. Природоохранное природопользование распространено на территории менее 5% от общей площади Европейского Севера России. К нему относятся комплексные заповедники и заказники федерального и регионального значения, национальные парки, памятники природы и др. Для этих типов природопользования также характерен сбалансированный вещественно-энергетический обмен в системе природопользования.

Совершенно противоположным по воздействию на природную среду является крупноочаговое и очаговое природопользование, интенсивное развитие которого началось только в 20–30-е гг. XX в. и связано с промышленной экспансией Севера страны. Характерные для него типы природопользования – промышленное, энергетическое, транспортное, селитебное

и специальное (военное) – различаются по интенсивности использования природных ресурсов, объёму изъятия вещества и энергии, преобразованию вещественно-энергетических потоков и характеру воздействия на природную среду. Активная хозяйственная деятельность, связанная с развитием горнодобывающей, горно-обогатительной и целлюлозно-бумажной промышленности, металлургии, машиностроения, энергетики и транспортной сети, привела к освоению обширных пространств, значительному росту старых и появлению новых городов и промышленных центров. Для промышленной структуры характерна большая доля добывающей и обрабатывающей отраслей со значительными объемами изъятия природных ресурсов. Например, добыча медно-никелевых руд предприятиями Кольского полуострова в период с 1996 по 2004 гг. составила 68,5 млн. т, а добыча апатит-нефелиновых руд предприятиями ОАО «Апатит» за тот же период – 311,8 млн. т. Это привело к высоким техногенным нагрузкам на природную среду, загрязнению и деградации отдельных её компонентов (Душкова, Евсеев, 2011).

Таким образом, существующая структура природопользования на Европейском Севере России, в котором главенствующая роль отводится ресурсопотребляющим видам (крупноочаговое, очаговое, фоновое), находится в противоречии с ролью Севера в формировании регионального и глобального экологического равновесия. Изучение особенностей техногенного воздействия показало, что территории Европейского Севера России характеризуются сложной геоэкологической ситуацией, вызванной интенсивной хозяйственной деятельностью, и, в первую очередь, добычей и переработкой сырьевых ресурсов, часто по устаревшим технологиям. Рассмотрим характер загрязнения компонентов природных сред и изменения геосистем в результате техногенной деятельности для каждого исследуемого импактного района.

Загрязнение атмосферного воздуха

Анализ состояния воздушной среды показывает, что для рассматриваемых импактных районов характерны высокие объёмы нагрузки аэротехногенных поллютантов. По валовому выбросу загрязняющих веществ в атмосферу среди рассматриваемых импактных районов Воркутинский стоит на первом месте (290 тыс. т в год), несмотря на закрытие ряда шахт и проведение мероприятий по снижению выбросов в атмосферу (рис. 3).

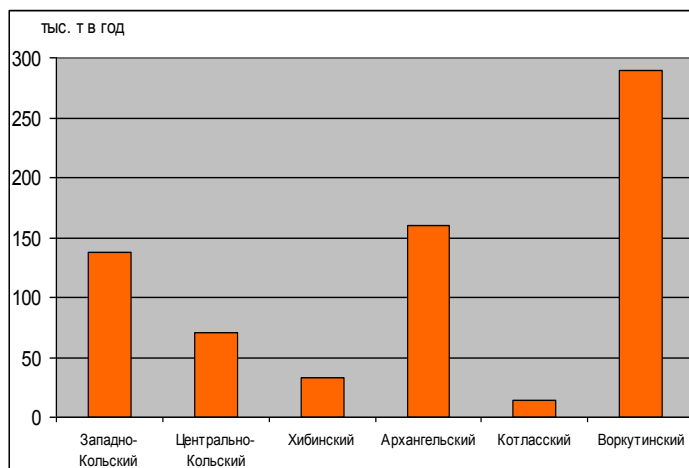


Рис. 3. Валовый выброс в атмосферу загрязняющих веществ в импактных районах ЕСР (2006 г.)

Специфика промышленного производства обуславливает также различную структуру выбросов загрязняющих веществ, которые рассмотрены отдельно для каждого импактного района (рис. 4).

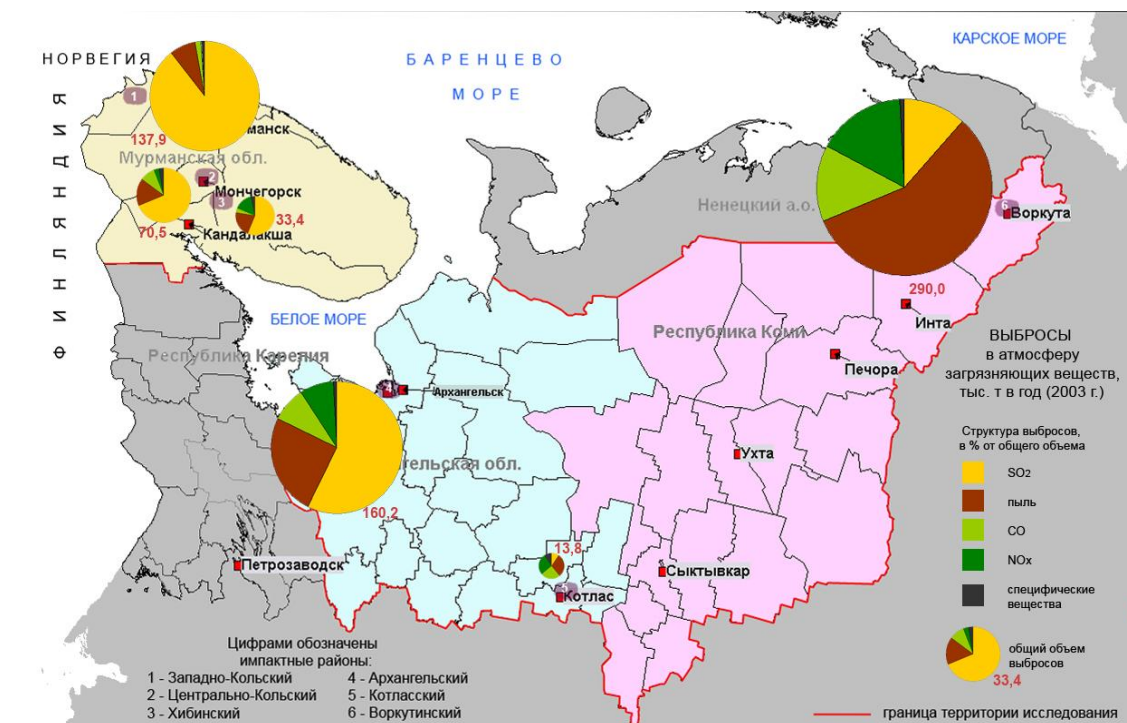


Рис. 4. Структура и объём выбросов загрязняющих атмосферу веществ в импактных районах Европейского Севера России

Западно-Кольский импактный район. Цветная металлургия и горнодобывающая промышленность обусловили значительные объёмы выбросов в атмосферу загрязняющих веществ. Основным источником их поступления является комбинат «Печенганикель» ОАО «Кольская ГМК», предприятия которого расположены в г. Заполярный и пгт. Никель. Сырьём для комбината является собственная сульфидная руда. Основной продукцией комбината является файнштейн, который перерабатывается на ОАО «Североникель» до товарных металлов, и серная кислота. Добыча руды ведётся на 10 месторождениях, среди них открытым способом – на Ждановском и поземным – на Заполярном, Котсельваара и Семилетка. В выбросах промышленных предприятий преобладают диоксид серы, оксид углерода, пыль, тяжёлые металлы (медь, никель, кобальт). Общая эмиссия от основных источников атмосферного загрязнения ОАО «Печенганикель» составляет 137,9 тыс. т в год, из них выбросы SO₂ составили 124,4, NO_x – 0,6, CO – 2,2, пыль – 10,6 тыс. т (Доклад..., 2006). Среднегодовая концентрация выше 1 ПДК отмечаются по формальдегиду – 1,3 ПДК, SO₂ – 1,4. Максимальные значения за год, замеренные за 20-ти минутный интервал в значениях ПДК: SO₂ – 4,2, NO_x – 2,5, CO – 2,5, бенз(а)пирен – 1,3. Так, по выбросам в атмосферу диоксида серы и твёрдых веществ наблюдается снижение с периода 1999–1998 гг., что объясняется экономическим спадом в стране. Но ещё большее сокращение выбросов по данным поллютантам отмечается с 2001–2002 гг., обусловленное изменениями технологического процесса на участке

окомкования и обжига обогатительной фабрики и в плавильном цехе. Всего за исследуемый период выбросы сократились почти в 2,5 раза по диоксиду серы и в 1,5 раза по твёрдым веществам. Несколько иная ситуация наблюдается по никелю, выбросы которого в атмосферу за рассматриваемый период не снизились, а увеличились (с 301 до 328 т в год). По выбросам меди отмечается незначительное сокращение (со 180 до 173 т).

Следует отметить и особенности дальнего атмосферного переноса. Дело в том, что Кольский полуостров находится в зоне активного влияния атлантических циклонов, перемещающих воздушные массы с территории Западной Европы на Европейскую часть России. Здесь расположена всего одна станция контроля поступления загрязняющих веществ с трансграничным заносом – в Раякоски, однако она осуществляет контроль преимущественно за поступлением соединений серы, хотя перенос тяжёлых металлов на Кольский полуостров несомненен. Так, общее выпадение металлов за сутки в западных районах в 10 раз превышает минимальное по всей территории региона. Среднее содержание SO_4^{2-} аналогично характеру выпадения тяжёлых металлов, ежегодное трансграничное поступление этого вещества на территорию Кольского полуострова составляет чуть более 3 т/км². По подсчётам ряда наблюдателей, вклад трансграничного переноса в загрязнение Кольского полуострова соединениями серы составляет 60% (Евсеев, Красовская, 1996; Калабин, 2000; Евсеев, 2004).

Центрально-Кольский импактный район. Основными источниками выбросов на территории этого района являются предприятие цветной металлургии «Североникель» ОАО «Кольская ГМК» в г. Мончегорск, предприятие по добыче и обогащению сырья для чёрной металлургии ОАО «Олкон» в г. Оленегорске, ЖКХ, машиностроительный завод, транспорт. Они поставляют в атмосферу значительные объёмы выбросов диоксида серы и азота, тяжёлые металлы, фенолы, бенз(а)пирен, фтористый водород, пыль и др. Промышленные выбросы основных загрязняющих веществ (в сумме от предприятий «Североникель» и «Олкон») составляют 70,5 тыс. т в год, из них SO_2 – 48,3, NO_x – 2,2, CO – 6,4, пыль – 11,7 тыс. т в год (Доклад..., 2006).

Среднегодовая концентрация выше 1 ПДК отмечается по формальдегиду – 2,7 ПДК; взвешенным веществам – 1,3 ПДК. Максимальные значения за год, замеренные за 20-ти минутный интервал в значениях ПДК: NO_x – 2,0, CO – 1,4, пыль – 1,4, бенз(а)пирен – 1,4. Непосредственно вблизи промплощадок предприятия «Североникель» наблюдаются постоянные превышения ПДК по диоксиду серы (3,7 – 5). В отдельные безветренные дни отмечается превышение санитарно-гигиенической нормы в 30 раз, а экологической – почти в 300 раз (Калабин, 2000; Душкова, Евсеев, 2011).

За рассматриваемый период (1990–2005 гг.) отмечаются значительные сокращения выбросов в атмосферу: в 5,6 раз по диоксиду серы, в 5,4 по никелю, в 3,6 раза по твёрдым веществам, в 2,9 по никелю. Снижение выбросов объясняется как экономическим спадом в стране (1997–1998 гг.), так и внедрением мероприятий по усовершенствованию технологических процессов, энерго- и ресурсосбережению.

Хибинский импактный район. Основной объём выбросов поставляют предприятия горно-обогатительного производства АНОФ-2 (г. Апатиты) и АНОФ-3 (г. Кировск) ОАО «Апатит», хвостохранилища и отвалы ОАО «Апатит», открытая (карьер) и закрытая (шахтная) добыча, а также предприятие теплоэнергетики «Колэнерго» (Апатитская ГРЭС). ОАО «Апатит» разрабатывает открытым и подземным способом шесть апатитнефелиновых месторождений Хибин и имеет в структуре четыре рудника и 2 обогатительные фабрики. Приоритетными загрязняющими веществами данного импактного района являются: пыль, диоксид серы, оксид углерода, стронций, алюминий, бенз(а)пирен, флотреагенты, окислы азота, фосфаты, фториды, тяжелые металлы и т. д. Общий объём выбросов составляет 33,4 тыс. т в год, из них SO_2 – 18,7, NO_x – 6,0, CO – 1,3, пыль – 7,2 тыс. в год (Доклад..., 2006 г.). Максимальные значения за год, замеренные за 20-ти минутный интервал в значениях ПДК, составляют: NO_x – 1,1, пыль – 1,2, CO – 1,6.

Значимым источником загрязнения атмосферы пылью являются отвалы отходов обогатительных фабрик – хвостохранилища. Так, по некоторым оценкам (Калабин, 2000; Евсеев, 2003) по площади данного импактного района рассеяно ветром от 200 до 700 млн. тонн «хвостов» на площади около 2000 га. Хвостохранилища ОАО «Апатит» являются самыми крупными по объёму и площади источникам вторичного загрязнения окружающей среды как на территории Мурманской области, так и среди все рассматриваемых импактных районов. Опасность составляет содержащиеся в отвалах хвостов частицы техногенного происхождения, получаемые при дроблении пород и способные легко внедряться в слизистую оболочку (Калабин, 2000). Кроме того, пыление сопровождается распространением большого количества токсичных соединений (особенно стронция).

Архангельский импактный район. Характеризуется загрязнением атмосферного воздуха специфическими вредными примесями от предприятий целлюлозно-бумажной промышленности и машиностроения, а также транспорта и теплоэнергетики. К предприятиям с наибольшими объёмами выбросов загрязняющих веществ в атмосферу относятся: ОАО «Архангельский ЦБК» г. Новодвинска – 49,55 тыс. т (22,4% объёма выбросов в области); ТЭЦ-1 и ТЭЦ-2 г. Северодвинска – 50,6 тыс. т (15,8%); ТЭЦ г. Архангельска – 27,6 тыс. т (7,8%), ОАО «Соломбальский ЦБК» г. Архангельска — 8,48 тыс. т (4,3%) (Состояние..., 2004). Общий объём поступающих за год в атмосферу загрязняющих веществ составляет 160,2 тыс. т (данные за 2003 г.), из них промышленных выбросов: SO_2 – 91,0; NO_x – 13,1; пыль – 49,3; CO – 14,1 тыс. т; специфические вещества (тонн/год): аммиак – 9,6, уксусная кислота – 9,6, H_2S – 142,2, метанол – 85,6, этанол – 65,0, толуол – 50,1, формальдегид – 0,4, ксилол – 27,3, этилацетат – 3,5, уайт спирт – 18,9, фурфурол – 1,1, метилмеркаптан – 34,6, скипидар – 0,3. Общий выброс предприятий теплоэнергетики составляет 78,2 тыс. т в год, т. е. почти половину от валовых выбросов в атмосферу в данном импактном районе.

Средняя годовая концентрация бенз(а)пирена превышает ПДК в 4,5 раз; наибольшая составляет 7,5 ПДК, NO_2 – 2,5 ПДК; CO – 2,2 ПДК. Средняя концентрация формальдегида – 2ПДК; наибольшая максимальная разовая концентрация – 1,5 ПДК. Максимальные разовые кон-

центрации загрязняющих веществ в атмосферном воздухе (вещество/кратность ПДК): метилмеркаптан – 31,0; CO₂ – 8,0; NO₂ – 7,9; бенз(а)пирен – 7,5; взвешенные вещества – 6,0; диоксид серы – 0,8; оксид углерода – 1,8; диоксид азота – 7,9; оксид азота – 1,2; сероводород – 3,1; сероуглерод – 0,9. Зафиксировано 5 случаев повышенного содержания бета-активных радионуклидов в воздухе – превышение среднесуточной концентрации в 5 и более раз над фоновой. Имел место один случай высокого загрязнения (ВЗ – превышение фонового значения в 10 и более раз) выпадений, связанного с повышенным содержанием радионуклидов уран-ториевого происхождения.

К числу приоритетных загрязнителей воздушной среды Архангельского импактного района относятся метилмеркаптан и формальдегид, которые образуются при неполном сгорании почти всех видов топлива и относятся к веществам, обладающим высокой канцерогенной активностью. Вещества поступают при неполном сгорании жидкого топлива, а также в смеси с другими углеводородами от выбросов промышленных предприятий и автотранспорта, но в основном образуются в процессе химической реакции углеводородов в атмосфере. Негативные изменения уровней загрязнения воздуха в городах района также происходят вследствие увеличения количества автотранспорта.

Котласский импактный район. Среди основных загрязняющих атмосферу источников района выделяются предприятия целлюлозно-бумажной и лесобработывающей промышленности, а также химической промышленности (лакокрасочная, фенольные смолы). Наибольшие объёмы выбросов загрязняющих веществ в атмосферу поставяет ОАО «Котласский ЦБК» г. Коряжма – 12,3 тыс. т, вторым по объёму выбросов в атмосферу является транспорт (Состояние..., 2004). Уровень загрязнения импактного района повышенный и определяется концентрациями бенз(а)пирена, а в отдельные периоды и метилмеркаптана. Приоритетными загрязняющими веществами также являются оксиды серы, лигносульфаты, тяжёлые металлы, фенолы, метанол, диоксины (ГХБ и ПХДД/ПХДФ – стойкие органические соединения).

Общий объём выбросов в атмосферу составляет 13,8 тыс. т в год (данные за 2003 г.). Выбросы загрязняющих веществ от стационарных источников за рассматриваемый пятилетний период (1999–2003 гг.) уменьшились на 48% за счёт проведения природоохранных мероприятий. Отмечается тенденция к снижению доли проб, не отвечающих гигиеническим нормативам. Это объясняется проводимыми на ОАО «Котласский ЦБК» природоохранными мероприятиями (Состояние..., 2004).

По данным стационарного поста наблюдения ОАО «Котласский ЦБК» и мониторинга, проводимого Северным УГМС, на территории г. Коряжмы периодически отмечаются пробы воздуха с концентрацией метилмеркаптана в пределах 1–2 ПДК (Состояние..., 2004). Средняя за год концентрация бенз(а)пирена – 2,3 ПДК; формальдегида – 1,7 ПДК. Максимальные разовые концентрации загрязняющих веществ в атмосферном воздухе (вещество/кратность ПДК): сероводород – 1,6; метилмеркаптан – 3,1; бенз(а)пирен – 3,6, оксида углерода – 1,8.

Воркутинский импактный район. По валовому объёму выбросов загрязняющих веществ в атмосферу наиболее напряженная эколого-гигиеническая ситуация наблюдается в городе Воркута. В импактном районе сосредоточено 80 действующих предприятий. Город возник и развивался как центр угледобывающей промышленности. Поэтому ведущими предприятиями являются 6 угольных шахт (Аяч-Яга, Воркутинская, Заполярная, Комсомольская, Октябрьская, Северная), 4 обогатительных фабрики, входящие в производственное объединение «Воркутауголь» корпорации «Уголь России», и 1 самостоятельная шахта ОАО «Шахта Воргашорская» (Гецен и др., 2005). Административно и экономически объединение «Воркутауголь» теснейшим образом связано с металлургическим холдингом «Северсталь». Помимо предприятий угледобычи в районе г. Воркуты и её пригородах (пос. Воргашор, пос. Цементозаводской, Мульда и др.) работают предприятия теплоэнергетики (две ТЭЦ), производства строительных материалов (цементный завод, завод стройматериалов, деревообрабатывающий завод), механический и ремонтно-механические заводы, предприятия транспорта, пищевой промышленности, ЖКХ. Предприятия расположены на всей территории города и в радиусе до 20 км от центра.

Для Воркуты с развитой угледобывающей промышленностью и крупными объектами электроэнергетики характерны самые большие объёмы выбросов (290 тыс. т в год), в которых преобладают углеводороды, твёрдые вещества и диоксид серы (Воркута..., 2004). Причинами значительных выбросов является низкая степень очистки. Запылению воздуха способствуют отвалы шахт. При разработке угольных пластов в воздух поступает метан. Уровень загрязнения воздуха повышенный. Наибольшее гигиеническое значение имеет загрязнение атмосферы в Воркуте формальдегидом (2,1 ПДК), пылью (2,1 ПДК), бенз(а)пиреном (1,2 ПДК). По остальным показателям среднегодовые содержания не превышают ПДК. Максимальные превышения отмечены по формальдегиду (3,9 ПДК). Величина выбросов канцерогенов позволяет отнести этот импактный район к территориям риска возникновения среди населения злокачественных образований за счёт поступления химических токсикантов.

Загрязнение водных объектов

Среди многочисленных и разнообразных источников загрязнения биосферы необходимо выделить загрязнение водных объектов в результате природных и геологических процессов естественного и антропогенного происхождения. Практически все источники питьевого водоснабжения исследуемых районов, как поверхностные, так и подземные, подвергаются антропогенному воздействию с различной степенью интенсивности. Водные объекты в конечном итоге являются коллектором всех видов загрязнения, поступающих как с дымовыми выбросами плавильных цехов металлургических производств и предприятий энергетики, так и в составе промышленных и бытовых стоков. Промышленные стоки сформированы сточными водами с территорий горных разработок, шахтными водами, откачиваемыми на рельеф местности, технологическими водами после обогащения и плавления руд, а также за счёт стоков строительных предприятий и предприятий энергетики. Качество подземных вод, рассматриваемых с санитарно-гигиенических позиций как наиболее надёжных, определяется строением и составом геологических пород, надёжностью водопроводов, глубиной залегания

водоносных горизонтов и проникающими на глубину антропогенными загрязнителями. По данным Госсанэпидслужбы и Гидрометеослужбы, в целом их качество находится на уровне среднероссийских показателей, лишь в отдельных случаях превышая их (Состояние..., 2004; Доклад..., 2006; Гецен..., 2005).

Характер состояния водных объектов отражают сбросы в них загрязнённых вод (рис. 5). По данному показателю среди исследуемых районов лидирует Архангельский импактный район (278,1 млн. куб. м), за ним следует Котласский (208,0 млн. куб. м), что объясняется деятельностью находящихся на их территориях предприятий лесопромышленного комплекса. Высокий показатель сброса загрязнённых стоков характерен для городов Апатиты и Кировск (рис. 6). Но особенно следует отметить негативное воздействие комбината «Североникель», промышленными стоками которого сильно загрязнена река Нюдай. В результате проведённого нами анализа проб воды из этого водотока установлено, что содержание никеля и меди в десятки раз превышает установленные ПДК. Неблагоприятное состояние поверхностных вод вынуждает использовать подземные грунтовые воды или переходить на улучшение способа водоподготовки.

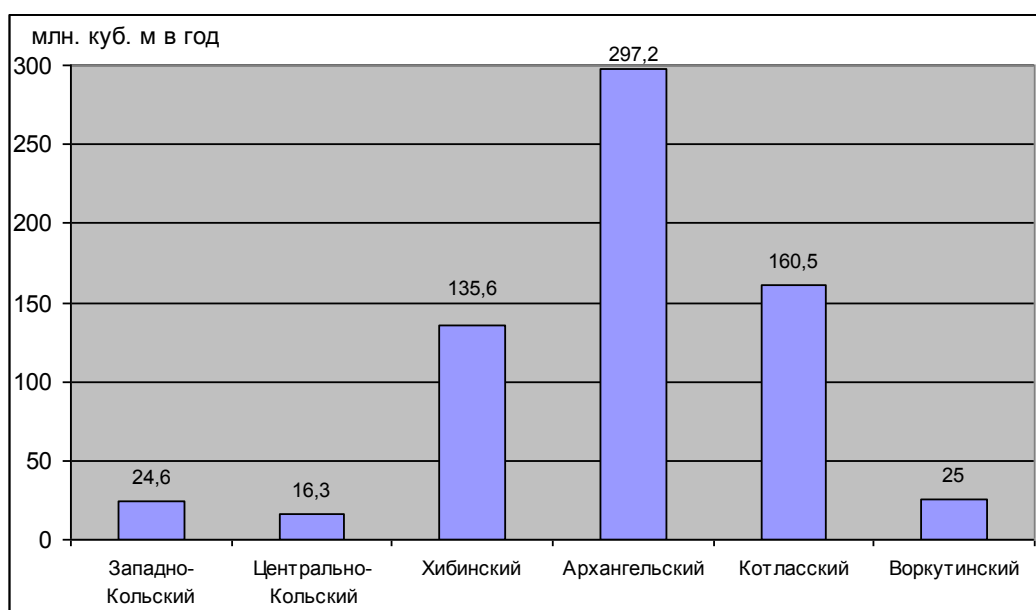


Рис. 5. Общий объём загрязнённых сточных вод в импактных районах, млн. куб. м в год (данные по состоянию на 2006 г.)

Рассмотрим характер загрязнения водных объектов для каждого из исследуемых импактных районов в отдельности.

Западно-Кольский импактный район. Загрязнение происходит в результате прямого сброса недостаточно очищенных сточных вод с территорий горных разработок и шахтных вод, откачиваемых на рельеф местности, а также ливневого стока и аэротехногенного загрязнения почв и грунтов. Комбинат «Печенганикель» ОАО «Кольская ГМК» является одним из крупнейших источников сброса загрязнённых сточных вод не только на территории данного импактного района, но и всей Мурманской области. В динамике общего объёма сброса сточ-

ных вод предприятием наблюдается сокращение: в 1999 г. – 28,6 млн. м³, в 2003 г. – 24,6, в 2005 г. – 18,03 (Доклад..., 2006). Характерно также загрязнение сбросами технологических вод после обогащения и плавления руд. Так, после переработки файнштейна в результате получают никель, медь, кобальт, драгоценные металлы, серную кислоту. Образовавшиеся стоки в своём составе содержат минеральные соли, взвеси и тяжёлые металлы.

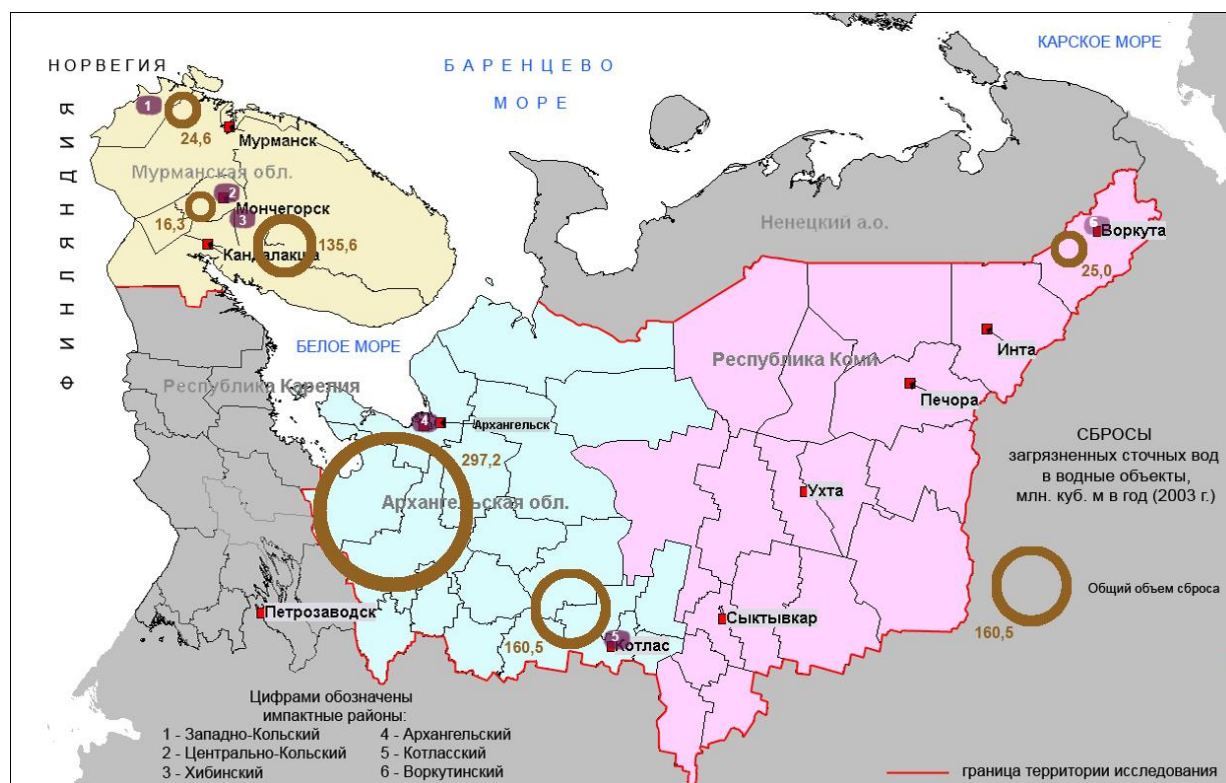


Рис. 6. Сбросы загрязнённых стоков в водные объекты импактных районов Европейского Севера России

Приёмником сточных вод комбината является река Колос-йоки, относящаяся к бассейну р. Патсо-йоки. В устьевом створе река имеет 2 категорию загрязнённости (характеризуется как «загрязнённая» по нескольким ингредиентам). Среднегодовая концентрация никеля в устьевом участке реки после сброса сточных вод превышает ПДК в 40 раз, меди – в 18, марганца – в 10 раз. Среднегодовое содержание металлов в воде реки (створ 14,7 км выше пгт. Никель), испытывающей аэротехногенное загрязнение, составляет: меди – 5 ПДК, марганца и никеля – на уровне ПДК. В Протоке без названия среднегодовая концентрация никеля достигает 8 ПДК, меди – 9 ПДК. В озере Лучломполо среднегодовая концентрация меди составила 13 ПДК, никеля – 5 ПДК. Максимум содержания сульфатов – 324 мкг/дм³ (3 ПДК) наблюдался (2003 г.) в августе, среднегодовые концентрации держатся на уровне ПДК. Отмечены отдельные случаи превышения ПДК по содержанию аммонийного азота, СПАВ, БПК₅, ртути и кобальта. Максимальные концентрации тяжёлых металлов в верхнем течении р. Колос-йоки имеют несколько пиков при максимумах в мае и сентябре, что свидетельствует о накоплении на водосборной территории. В нижнем течении пики концентраций отмечены зимой. В грунтах устьевой части они достигают следующих значений (мкг/г сухого вещества): никель – 3500, медь – 2500 (Доклад..., 2006). В устьевой части р. Патсо-йоки максимальное содержа-

ние биогенных элементов составляет: N (NH₄⁺) – до 0,1 мг/л, N (NO₂⁻) – до 0,001 мг/л, N (NO₃⁻) – до 0,21–0,40 мг/л, P (PO₃⁻) – до 0,05 мг/л. Содержание фенолов в устьевой части Патсойоки достигает 0,021–0,040 мг/л, нефтяных углеводородов – 0,31–0,60 мг/л, СПАВ – до 0,050 мг/л, БПК₅ – до 2 мг/л (Доклад..., 2006).

Согласно данным ежегодника о деятельности Кольской ГМК (№ 3 за 2005 г.), за рассматриваемый 15-летний период в целом наблюдается существенное сокращение сбросов по меди – почти в 2 раза и незначительное по никелю – на 1,6 т. Согласно данным ежегодника, пики в графике, характеризующие увеличение сбросов со сточными водами, происходили за счёт увеличения времени контакта воды с рудой на руднике.

Вклад в загрязнение водных объектов на территории рассматриваемого района вносят коммунальные стоки городов и посёлков. Следует также отметить наличие на территории района 5 гидроэлектростанций филиала «Кольский» ОАО «ТГК № 1» (ранее ОАО «Колэнерго»), объединённых в каскад Пазских ГЭС. Их воздействие характеризуется как изменением гидрологического режима, так и поступлением химических веществ и взвесей в результате деятельности ГЭС.

Центрально-Кольский импактный район. Реки и озёра на данной территории загрязняются преимущественно производственными сточными и хозяйственно-бытовыми водами, а также за счёт поступления на водосборы загрязняющих веществ из атмосферы. Значительны негативные экологические последствия размещения отвалов и карьеров, и в первую очередь они связаны с процессами загрязнения гидросети в результате выщелачивания отвальных пород. Сброс сточных вод производится с промплощадок предприятия Североникель ОАО «Кольская ГМК». Так, в 1999 г. в природные водоёмы было сброшено 18,5 млн. м³ недостаточно-очищенных сточных вод, в 2003 г. – 16,3, в 2006 г. – 18,3. Комбинат «Североникель» сбрасывает сточные и шахтные воды в технологический отстойник – южную часть озера Нюд-Явр, которые далее через трубы перетока попадают в ручей Нюдай и затем в Мончегубу озера Имандра. При этом основной объём сбросов приходится на оз. Нюд-Явр – около 85–90% всех стоков (Доклад..., 2006). Также значительно загрязнены стоками предприятий Мончегорска и Оленегорска большие участки самого крупного в Мурманской области озера Имандра, куда с водами реки Нюдай попадают промышленные стоки комбината «Североникель».

На основе данных ежегодника о деятельности Кольской ГМК (№ 3 за 2005 г.) выявлено, что за рассматриваемый 15-летний период в целом наблюдается существенное сокращение сбросов никеля со сточными водами – почти в 7 раз и меди – почти в 2 раза. Согласно данным ежегодника, сокращение сбросов данных загрязняющих веществ со сточными водами произошло за счёт выполнения мероприятий по сокращению водопотребления и водоотведения и поэтапному достижению нормативов ПДС.

В структуре сброса сточных вод комбинатом ОАО «Североникель» основная доля приходится на биоразлагаемые органические вещества – 48,7 т, SO₄ – 38,78 т, Cl – 6,8 т, Ni – 6,9 т, Cu – 2,1 т (Доклад..., 2006).

В водах реки Ньюдай (3 категория загрязнённости) среднегодовое содержание меди достигает 40 ПДК, никеля – 44 ПДК, сульфатов – более 7 ПДК, марганца – 2 ПДК. Высокое содержание металлов (меди, никеля, марганца) отмечается в водах реки Травяная и Кумужья, озера Нюдъявр. Озеро Монче находится в зоне негативного влияния дымовых выбросов комбината «Североникель», среднегодовая концентрация меди в его водах превышает ПДК в 11 раз, ртути – выше ПДК. Озеро Имандра в створе в районе г. Мончегорск характеризуется повышенными концентрациями никеля – среднегодовое значение ПДК более 2, максимальное – более 8 (Доклад..., 2006).

Вклад в загрязнение водных объектов на территории района также вносит предприятие чёрной металлургии ОАО «Олкон», общий объём недостаточно-очищенных сточных вод в 1999 г. составил 1,3 млн. м³, в 2003 г. – 1,22. Основное воздействие испытывают воды озера Колозеро, где среднегодовая концентрация меди составляет 4 ПДК, марганца – 3 ПДК, а также озера Пермус (загрязнение его притоков сточными водами Оленегорского механического завода): содержание меди – 3 ПДК, марганца – 5 ПДК (Доклад..., 2006).

Значительное загрязнение водоемов района оказывают хозяйственно-бытовые сточные воды недостаточной очистки предприятий жилищно-коммунального хозяйства МУП «Мончегорскводоканал» (7,8 млн. м³) и ГОУП «Оленегорскводоканал» (4,53 млн. м³), однако, согласно официальным данным (Доклад..., 2004), очистные сооружения последнего обеспечивают практически полную очистку стоков до нормативных показателей.

Следствием загрязнения вод территории района стали неудовлетворительные результаты проб воды по микробиологическим показателям – 23%; сокращение и ухудшение рыбных ресурсов (высокая заболеваемость пресноводных рыб – заболевания почек, печени, костной ткани, изменения размеров, сокращение продолжительности жизни, замедление процесса созревания).

Хибинский импактный район. Серьёзное влияние на загрязнение водоёмов данного импактного района, также как и всего бассейна оз. Имандра, оказывает производственная деятельность предприятия ОАО «Апатит». Реки и озёра на данной территории загрязняются преимущественно производственными сточными и хозяйственно-бытовыми водами. Значительны негативные экологические последствия размещения отвалов и карьеров, и в первую очередь они связаны с процессами загрязнения гидросети в результате выщелачивания отвалных пород. Общий объём сброса производственных сточных и шахтных вод предприятием составил в 1999 г. 164,4 млн. м³, в 2003 г. – 135,6, в 2006 г. – 54,5. В структуре сбросов преобладают соединения азота, органические и взвешенные вещества, фосфаты, нефтепродукты и др. (Доклад..., 2006). В процессе добычи и обогащения апатито-нефелиновой руды природные воды загрязняются фторидами – специфическими загрязняющими веществами шахтных, рудничных и промышленных сточных вод основных цехов ОАО «Апатит» (Калабин, 2000).

Основной объём загрязнения приходится на оз. Большой Вудъявр – шахтные воды подземных рудников – 45,6 млн. м³, р. Жемчужная (сброс промышленных сточных вод с хвостохранилища АНОФ-2) – 27,8 и р. Белая (хозяйственно-бытовые и ливневые воды городов Кировск и Апатиты, фильтрационные и сточные воды из хвостохранилища обогатительной фабрики ОАО «Апатит» и сбросы мелких предприятий) – 16,3 млн. м³ (Сандимиров и др., 2003).

Наибольший объём поступления загрязняющих веществ приходится на р. Белая, которая под влиянием ОАО «Апатит» и городов Кировск и Апатиты имеет 2 категорию загрязнённости. Так, в 2003 г. сброс загрязняющих веществ в р. Белая составлял (т): БПК полн. – 23,0, нефтепродукты – 1,0, взвешенные вещества – 159,0, сульфаты – 2945,0, хлориды – 60,0, нитраты – 12,4, нитриты – 2,8, фтор – 104,7 (Доклад..., 2006).

В оз. Большой Вудъявр наблюдаются повышенные концентрации специфических загрязняющих веществ. Средняя за год концентрация фторидов и фосфатов была выше ПДК, меди – выше 5 ПДК. Максимальная концентрация фторидов отмечена в феврале и мае и превышала ПДК в 2 раза, фосфатов (выше ПДК) и общего фосфора – наблюдалась в октябре, нитритов (выше ПДК) и органических веществ (по БПК₅, выше 2 ПДК) в июне (Доклад..., 2006). Наибольшая концентрация молибдена превышала 15 ПДК, меди – 22 ПДК, максимумы концентрации металлов наблюдались в феврале – апреле.

Содержание специфических загрязняющих веществ (фосфатов, фторидов, нитритного азота, взвешенных и органических веществ) в р. Белой выше, чем в оз. Б. Вудъявр (Калабин, 2000; Сандимиров и др., 2003). Среднее за год содержание нитритного азота было выше ПДК в 5 раз, фторидов и фосфатов – в 2, молибдена – в 8 раз, меди – в 4, марганца – в 3 раза выше ПДК. Максимальная концентрация фторидов составляла 3 ПДК, фосфатов – 2, марганца – 9, меди – 8 ПДК. Выше предельно допустимой была максимальная концентрация органических веществ (по ХПК и БПК₅), аммонийного азота, общего железа, никеля и детергентов (Доклад..., 2006). Интенсивно загрязняют водоёмы района хозяйственно-бытовыми сточными водами недостаточной очистки предприятия жилищно-коммунального хозяйства ГОУП «Апатитыводоканал» – 18, 22 млн. м³ (Доклад..., 2004).

Архангельский импактный район. Наиболее водоёмкими отраслями экономики являются объекты целлюлозно-бумажной промышленности, жилищно-коммунального хозяйства (ЖКХ), машиностроения, энергетики. Наличие целлюлозно-бумажных комбинатов (ЦБК) на территории данного импактного района во многом обуславливает качество поверхностных вод. Основная доля в общем объёме водопотребления по Архангельской области приходится на лесозаготовительную, деревообрабатывающую и целлюлозно-бумажную промышленность – 409, 7 млн. м³ (Состояние..., 2004) и электроэнергетику – 137,0 из общего объёма 609,2 млн. м³, предприятия которых сосредоточены главным образом на территории Архангельского импактного района.

В поверхностные водные объекты в 2003 г. было сброшено 297,2 млн. м³ загрязнённых сточных вод. Большой вклад в загрязнение водных объектов вносит ОАО «Архангельский

ЦБК» – 145,54 млн. м³, деревообрабатывающие предприятия (ОАО «САДК», «АДК-1», «АДК-2» и др.) с предприятиями машиностроения, энергетики и ЖКХ – 81,8 млн. м³, ОАО «Соломбальский ЦБК» – 69,4 млн. м³, МУП «Водоканал» – 0,75 млн. м³ (сброс ливневых вод без очистки).

В структуре сброса загрязняющих веществ преобладают взвешенные вещества – 3170 т, биоразлагаемые органические вещества (БПК) – 1460 т, минерализация (сухой остаток) – 1390 т, Р_{общ.} – 72,8 т, N-NH₄ – 184 т, N-NO₃ – 12,8 т, СПАВ – 1,6 т (Состояние..., 2004). Р. Северная Двина в районе г. Архангельск характеризуется как загрязненная (ИЗВ – 2,56, характеристика качества – 4); протока Маймакса (Белое море) у г. Архангельска: ИЗВ – 2,23, класс качества воды/характеристика качества – 3 (умеренно загрязнённая); протока Кузнечиха (Белое море) у г. Архангельска: ИЗВ – 2,80, класс качества воды/характеристика качества – 4 (загрязнённая). Наблюдается также загрязнение нефтепродуктами р. Северная Двина, поступающими с ОАО «АЦБК» – 0,02 тыс. т/год. Отмечено вымывание нефтепродуктов из тела причальных сооружений ОАО «НК Роснефть-Архангельскнефтепродукт» в реку Кузнечиха. Происходит постоянное загрязнение прибрежных морских и речных вод отходами лесопиления.

Следует отметить, что помимо поверхностных вод загрязнению подвергаются и грунтовые. Так, золоотвал Архангельской ТЭЦ образует повышенное содержание аммония (до 45 мг/дм³) и никеля (1,2 ПДК) в грунтовых водах. Загрязнение подземных вод нефтепродуктами отмечается в районе ОАО «НК «Роснефть-Архангельскнефтепродукт», характеризуется как «незначительное» – 0,2–0,8 мг/дм³ (Состояние..., 2004).

Исследования, выполненные группой учёных Архангельского государственного технического университета (Павлов и др., 1996), показывают, что изменения в характере лесной растительности, вызванные сплошнолесосечными рубками для нужд ЦБК, сказываются на разбалансировании главных параметров водного баланса территории и гидрологического режима водотоков. Большой урон также наносит молевой сплав рек, что приводит к загрязнению и частичному нарушению русловых процессов речных систем. Под влиянием утопленной органики изменяется химический состав вод.

Котласский импактный район. На качество поверхностных вод данного импактного района, также как и Архангельского, воздействует наличие предприятия целлюлозно-бумажной промышленности ОАО «Котласский ЦБК», расположенного в г. Коряжме. В поверхностные водные объекты в 2003 г. им было сброшено 160,5 млн. м³ загрязнённых сточных вод. В структуре сбросов присутствуют биоразлагаемые органические вещества (БПК) – 10,830 т, нефтепродукты – 10 т, взвешенные вещества – 11,010 т, Р_{общ.} – 53,5 т, N-NH₄ – 148 т, СПАВ – 20,8 т (Состояние..., 2004).

Р. Северная Двина у г. Коряжма имеет 4 класс качества воды и характеризуется как загрязнённая (ИЗВ 2,78). Отмечается превышение ПДК по содержанию соединений железа, меди, цинка, трудноокисляемых органических веществ по ХПК и лигносульфонатов. Среднегодо-

вые концентрации соединений железа составляют 7–8 ПДК, меди, цинка, органических веществ по ХПК – 2–3 ПДК, органических веществ по БПК₅, лигносульфонатов и нефтепродуктов – 1–2 ПДК. Максимальная концентрация меди – 8 ПДК, величина ХПК – 4 ПДК, соединений железа – 10 ПДК, лигносульфонатов – 8 ПДК, цинка – 6 ПДК, нефтепродуктов – 4 ПДК, величина БПК₅ – 3 ПДК. Также фиксируется превышение концентраций аммонийного азота – 1,5 ПДК, обнаружены в следовых количествах хлорорганические пестициды.

Наряду с предприятиями целлюлозно-бумажной и деревообрабатывающей промышленности основными источниками загрязнения рек Северная Двина и Вычегда являются предприятия жилищно-коммунального хозяйства, Приводинский ЛПУМГ (линейный перекачивающий участок магистрального газопровода) с точки зрения высокой вероятности техногенных экологических катастроф. Следует также упомянуть станцию Саватия СЖД, в/ч 67967, где основными источниками загрязнения грунтов и грунтовых вод первого от поверхности неперспективного водоносного горизонта являются 3 склада ГСМ (Основной, Прирельсовый и Расходный). На территории всех складов за период длительной эксплуатации образовались подвижные линзы нефтепродуктов на глубине 0,5–2,0 м, средней мощностью 0,4 м. Линзы нефтепродуктов, залегающие на зеркале грунтовых вод, совершают вместе с ними вертикальные и горизонтальные перемещения, частично разгружаясь в р. Чёрную и ручей. Общая площадь загрязнения составляет 3,6 га. Концентрация нефтепродуктов в приповерхностном слое грунта (0–0,5 м) составляет 15–20 г/кг. На глубине более 2 м содержание нефтепродуктов снижается (Состояние..., 2004).

Воркутинский импактный район. Основными источниками загрязнения поверхностных вод импактного района являются предприятия промышленности – в первую очередь, угледобывающей (шахтные воды и шламовые воды обогатительных фабрик), теплоэнергетики, цементного производства, механический завод, ЖКХ. Только общий сброс шахтных стоков предприятий Воркутинского промышленного района составляет около 25 млн. куб. м/год, в том числе 70% недостаточно очищенных (Гецен и др., 2005).

Основной загрязняющей примесью в шахтных водах является взвесь, среднее содержание которой составляет 1000 мг/л (максимально 4000 мг/л), в больших количествах в водах присутствуют нефтепродукты (1,5–10,0 мг/л), железо (до 10 мг/л), фенолы, медь, соединения азота. Шахтные и шламовые воды, производственные и хозяйственно-бытовые стоки г. Воркуты подвергаются биологической очистке на 5 станциях, кроме того, на ряде шахт построены дополнительные очистные сооружения с общей производительностью 96 тыс. куб. м в сутки (Гецен и др., 2005). Для очистки шахтных вод применяются сложные органические соединения, при обогащении угля методом флотации используются полиакриламиды, отходы крекинга нефти и другие соединения. Однако такой степени очистки недостаточно. Кроме того, практически отсутствует очистка дренажных вод обогатительных фабрик, инфильтрата шламосистем, золоотстойников, прудов-отстойников, отвалов пород и остальной территории промзоны. Поэтому в поверхностные водоёмы попадает большое количество загрязняющих веществ, в том числе биогенных компонентов, концентрация которых в десятки и сотни раз

превышают ПДК (частота случаев превышения ПДК за последние 20 лет нередко достигали 50–92%), что существенно сказалось на состоянии водной среды, и в первую очередь вод р. Воркута (Воркута..., 2004).

За период с 1980 по 2003 гг. концентрация биогенных и других загрязняющих веществ в р. Воркута достигала максимальных значений по азоту аммонийному – 9,3 мг/л, азоту нитритному – 17 мг/л, азоту нитратному – 5 мг/л, фосфору фосфатному – 28 мг/л, легкоокисляемым органическим веществам (по БПК₅) – 7,6 мг/л, фенолам – 0,047 мг/л, нефтеуглеродам – 0,12 мг/л, меди – 0,04 мг/л, что соответственно в 30,1700,16,1400,4,47,3,43 раз превышает ПДК (Никаноров и др., 2007). Среднегодовое содержание соединений меди составило 2,5 ПДК, органических веществ, общего железа, фенолов, нефтепродуктов, аммонийного и нитритного азота не превышало ПДК, максимальные концентрации составили: соединений меди 8 ПДК, остальных показателей – 1–3 ПДК. Хлорорганические пестициды в воде реки определялись в небольших количествах – 0,001–0,007 мкг/л. Вместе с тем, в результате ряда природоохранных мероприятий, предпринятых городской администрацией совместно с производственными предприятиями, в последние годы (1994–2004) несколько снизился уровень загрязнения в р. Воркуте, что позволило её перевести из категории «очень грязной и грязной» в «весьма загрязнённую» (Гецен и др., 2005).

Такой уровень загрязнения существенно отразился на качестве водных ресурсов, состоянии водных экосистем и, прежде всего, на уменьшение видового разнообразия альгофлоры в водоёмах (деградация водорослей оксифильных ксеносапробных видов), снижению их рыбопродуктивности, изменению химического состава минерализации вод, подщелачиванию вод и т. д. На ряде участков р. Воркуты произошло сильное эвтрофирование и даже токсикация водных масс, особенно вблизи от мест непосредственного сброса вод из шахтных очистных сооружений (Гецен и др., 2005).

Мониторинг качества питьевого водоснабжения в Республике Коми установил, что в Воркуте наблюдается превышение ПДК в 3 и более раз по железу, марганцу и бром. Отмечены наиболее неблагоприятные показатели качества вод питьевого водоснабжения и выявлены превышения ПДК по аммиаку, нитратам, окисляемости, стронцию, кадмию, свинцу и нефтепродуктам (Глушкова и др., 2002).

Таким образом, проведённая оценка состояния загрязнённости водных объектов в рассматриваемых импактных районах показывает, что высокие уровни загрязнения поверхностных вод носят локальный характер и определяются в небольших водоёмах. Но необходимо учитывать чрезвычайную уязвимость и слабую способность водоёмов к самоочищению в арктических условиях. В водоёмы и водотоки, испытывающее постоянное загрязнение (р. Нюдуай, Колос-йоки, Северная Двина, Вычегда, Воркута) продолжается прямой сброс стоков металлургических, целлюлозно-бумажных комплексов и предприятий угольной промышленности. На фоне выпадения металлов из атмосферных осадков и вымывания кислыми дождями, это увеличивает экологический риск и ухудшает качество водных ресурсов.

Изменение почв и растительности

Загрязнение почв специфической для конкретного источника ассоциацией элементов обусловлено многокомпонентным составом выбросов в атмосферу (Ревич и др., 2001). Исследуемые территории представляют собой своеобразную экотонную зону высокого ранга, находящуюся на контакте тундровой и северотаёжной природных зон. Географические особенности данных территорий обусловили здесь крайне медленное (20–50 лет) разложение органического материала, замедленный биологический круговорот веществ, недостаток многих минеральных элементов, резкий дефицит кислорода. Это отражается на замедлении процессов химического выветривания и почвообразования (Евсеев, Красовская, 1996). Тундровые экосистемы относят к зонам экологического риска, т. к. техногенное воздействие на них способствует нарушению структурно-функциональной организации и развитию в них трудно обратимых изменений, а также в связи с малой способностью к самовосстановлению (Воркута..., 2004; Евсеев, 2004; Гецен, 2005). Процессы самоочищения почв в этом регионе проявляются значительно слабее, и возможно накопление большого количества токсичных соединений.

Содержание загрязняющих веществ в почвах является интегральной оценкой антропогенного воздействия в данной конкретной точке. Проведённые нами исследования показали значительное влияние выбросов от промышленных предприятий на состояние загрязнения поверхностного слоя почв. Концентрации некоторых загрязняющих веществ в почвах рассматриваемых импактных районов достоверно выше фоновых уровней.

Западно-Кольский импактный район. Цветная металлургия, как уже отмечалось, является основным источником негативного воздействия на природную среду данного импактного района. Однако, по сравнению с горнодобывающими предприятиями, здесь менее ярко выражены механические нарушения природных компонентов – почв, растительности и грунтов. Все вещества, поступающие в атмосферу, в конечном итоге попадают с осадками или сухими выпадениями в почву и растительность.

Общая площадь загрязнения, связанного с производственной деятельностью комбината «Печенганикель», составляет 11200 км², при этом доля наиболее высокого, опасного уровня загрязнения достигает 10,3% (1150 км²). Для этой зоны характерны самые высокие уровни годовых техногенных нагрузок по основным элементам-загрязнителям (850, 94,3 и 87,3 кг/км² для S, Ni и Cu соответственно), продолжительное воздействие которых обусловило практически полное (в непосредственной близости от комбината) или частичное, но очень сильное нарушение поверхностных экосистем, в т. ч. различных видов растительности, включая древесный, кустарничковый ярусы и наземные виды растительности (мхи, лишайники). Среднее содержание в горизонте A₀ подвижных (доступных для растений) форм Ni составляет 140 мг/кг (35 ПДК), Cu – 230 мг/кг (76 ПДК), а валовое содержание As 10,5 мг/кг (5 ПДК). Отмечается также повышенное содержание Hg (0,8 мг/кг), что в 4 раза превышает фоновое содержание этого элемента. В 1988 г. площадь такого сильного воздействия на растительность по результатам спектрозонального изучения космоснимков составляла 760 км². Зона умеренного воздействия, фиксируемая на космоснимках начиная с 1979 г. как заметные изменения покрова лишайников и растительности кустарничкового яруса, в 1988 г. составила 3882 км²,

что довольно хорошо соответствует оценкам, полученным в результате картирования (3550 км²). Уровни годовых выпадений основных тяжелых металлов Ni и Cu для этой территории составляют 50,3 и 39,5 кг/км². Для зоны слабого уровня загрязнения каких-либо заметных нарушений растительного покрова не наблюдается, а уровни годовых выпадений тяжёлых металлов значительно ниже их природных накоплений (запасов) в гумусовом горизонте A₀ фоновых районов.

Практически весь объём годовых выбросов комбината «Печенганикель» по тяжёлым металлам выпадает в пределах зоны загрязнения, при этом наибольшая его часть приходится на зоны опасного и умеренного уровней загрязнения. Поведение серы в этом отношении совершенно противоположное: только очень незначительная её доля (первые проценты) выпадает в пределах выделенных зон загрязнения, вся остальная её часть переносится на значительно большие расстояния от источника эмиссии. Сера – преобладающий компонент аэротехногенных выбросов данного района, не способна в больших количествах накапливаться в верхнем органогенном горизонте почв. Исследователями обнаружены лишь единичные случаи повышенного содержания серы (Евсеев, Красовская, 1996; Калабин, 2000). Основной проблемой, возникающей в связи с выбросами соединений серы, является закисление почв в результате сухого осаждения и кислотных дождей. В условиях воздушного промышленного загрязнения выявляются значительные различия в кислотности органогенных горизонтов почв между типами биогеоценозов: горизонты почв еловых лесов характеризуются более высокой кислотностью, чем сосновых.

Тяжёлые металлы, также являющиеся типичными компонентами аэротехногенных выбросов горно-металлургических предприятий по переработке медно-никелевых руд, активно аккумулируются в почве. При этом они являются элементами-токсикантами 1-го (As, Cd) и 2-го (Ni, Cu, Co) классов опасности. Концентрации основных металлов-загрязнителей (Cu, Ni, Co) в непосредственной близости от источников выбросов превышают фоновые значения в 3 и более раза. Загрязнение может достигать и С-горизонта только на очень небольшой территории в непосредственной близости от комбината «Печенганикель» (Евсеев, Красовская, 1996).

Проведённое нами опробование почв и растительности позволяет оценить уровни накопления этих элементов в компонентах геосистем. При этом следует отметить, что опробование мхов даёт представление о собственно аэротехногенном загрязнении территории (загрязнение атмосферы) за последние три года, а опробование горизонта A₀ почв фиксирует долготный эффект загрязнения и также отражает химический состав почвообразующих рыхлых отложений (геологические особенности).

Полученные результаты показывают, что загрязнение почв и мхов тяжёлыми металлами и серой проявлено наиболее широко и охватывает около 70% изученной территории Мурманской области, образуя дугообразную зону практически сплошного загрязнения от Никеля до Кандалакши. Наиболее интенсивные техногенные аномалии тяжелых металлов и серы приурочены к городам Никель и Заполярный (центры производства цветных металлов). Площади

загрязнения почв с опасным и чрезвычайно опасным уровнем концентрации токсичных тяжёлых металлов составляет около 1400 км² вокруг Никеля и Заполярного.

Сильное воздействие испытывает лесная растительность. Насаждения хвойных пород здесь значительно деградируют: прогрессирует дефолиация, возрастает суховершинность, увеличивается опад деревьев, от бывших сосен и елей остались лишь пни и обуглившиеся стволы (рис. 7). На половине площадей экосистемы высоковозрастных ельников и сосняков уже накопили большую дозу загрязнения. На оставшейся территории загрязнение можно считать незначительным – здесь происходит слабая перестройка структуры лесных биогеоценозов, деградируют и постепенно исчезают высокочувствительные виды низших организмов – водорослей, мхов, лишайников (Евсеев, Красовская, 1996; Цветков, 2003). Однако в последние годы в связи со снижением объёмов выбросов токсикантов в атмосферу техногенный пресс на леса ослабевает.



Рис. 7. Деградация растительности в зоне воздействия комбината «Печенганикель»

Центрально-Кольский импактный район. Наиболее острая экологическая ситуация и значительное воздействие на почвы и растительный покров наблюдаются на территории, прилегающей к комбинату «Североникель». В результате интенсивных выбросов в атмосферу техногенных аэрозолей, преимущественно SO₂ и ряда тяжёлых металлов, здесь произошло усыхание лесов, в частности на территории Лапландского заповедника, на площади более 10 тыс. га (Цветков, 2003). В зоне техногенной пустоши наблюдается полное изменение растительности, а в сохранившихся деградированных торфяниках накопление тяжёлых металлов превышало фоновые значения более чем в 200 раз (Евсеев, Красовская, 1996).

Загрязнение серой этой наиболее опасной зоны в настоящее время примерно в 2 раза ниже, по сравнению с опасной зоной района Никель-Заполярный, несмотря на то, что производственные мощности комбината «Североникель» в несколько раз превышают производственные объёмы последнего. Это обстоятельство свидетельствует, что утилизация выбросов серы на комбинате «Североникель» в последние годы осуществляется достаточно успешно.

Рядом исследований (Евсеев, Красовская, 1996; Калабин, 2000; Цветков, 2003) выделено несколько зон, образовавшихся под влиянием промышленных выбросов комбината «Североникель».

Зона антропогенной пустоши, расположенная в 2 м к югу от промплощадки комбината напротив г. Нюд, где наблюдаются максимальные изменения природной среды. Характерно



отсутствие вертикальной зональности, склоны представляют собой каменистую пустошь со следами эрозии (рис. 8). В растительном покрове отсутствуют северотаёжные виды, от былых сосен и елей остались лишь пни и обуглившиеся стволы. На листьях обнаружены бурые точки – следы действия серной кислоты. Сомкнутый наземный покров отсутствует. Из кустарничков типичны наиболее

устойчивые к загрязнению вороника, иногда брусника. Видовой состав мхов сильно обеднён. Заметны следы эрозии почв, рыжевато-красный почвенный горизонт В выходит на поверхность, происходит интенсивное накопление металлов. Уровни многолетних техногенных нагрузок в этой зоне на гумусовый горизонт А₀ достигают 4100 кг/км² для Ni и 7050 кг/км² для Cu, свидетельствуя, что тяжёлые металлы, особенно медь, интенсивно аккумулируются в органическом слое почв. Максимальные уровни годовых выпадений Ni и Cu составляют 115,9 и 136,5 кг/км² соответственно. Средние содержания в горизонте А₀ подвижного Ni составляют 186 мг/кг (46 ПДК), а Cu – 368 мг/кг (122 ПДК), что ещё раз подчеркивает более мощное воздействие на природу Мончегорского комбината, чем комбината в Никеле. Кроме основных компонентов выбросов Ni – Cu в горизонте А₀ отмечено повышенное накопление As (5 ПДК), Mo и Cd. Площади загрязнения почв с опасным и чрезвычайно опасным уровнем концентрации токсичных тяжёлых металлов вокруг Мончегорска составляет 1600 км² (Евсеев, Красовская, 1996).



Зона прогрессирующих изменений природной среды, находящаяся в 10 км к югу от промплощадки. В составе растительного покрова появляются хвойные (сосны), наземный растительный покров сомкнут, в нём господствуют кустарнички, мхи, разнотравье, редко встречаются кустистые лишайники. Однако деревья низкорослые, заметны некроз хвои и бурые точки на листьях (рис. 9), сухостойность, высокий процент сухостоя, следы гарей. В понижениях рельефа обнаружены мертвые сфагновые торфяники, пас-

сивно сорбирующие загрязняющие вещества, содержащиеся в атмосфере. Согласно результатам наших анализов, концентрации никеля и меди в них превышают фоновые на два порядка. Эродированность почвенного покрова выражена значительно слабее.



Зона начальных изменений геосистем (рис. 10) наблюдается визуально на расстоянии до 40 км от Мончегорска, в районе Центральной усадьбы Лапландского заповедника, при этом геохимические признаки обнаруживаются на значительно большем расстоянии – до 70–80 км к югу от комбината. Неблагоприятное влияние проявляется в суховершинности деревьев, большинство растений накапливают повышенные количества тяжёлых металлов, превышения над фоновыми уровнями могут быть пятикратными (Душкова, Евсеев, 2011).

Фоновые территории, где не наблюдается техногенных изменений природной сре-

ды, расположены на значительном удалении от Мончегорска по направлению преобладающих ветров. Проведённые нами исследования показывают, что при современном уменьшении объёмов выбросов наблюдается восстановление растительного покрова и смещаются границы выделенных зон. Однако зона антропогенной пустоши характеризуется незначительными изменениями, так как здесь естественные потоки вещества и энергии настолько изменены, что возвращение геосистем к первоначальному состоянию весьма затруднено.

Хибинский импактный район. Для района характерны значительные механические нарушения почв и грунтов карьерами, отвалами пустой породы и т. п. В отличие от предприятий горно-металлургической промышленности, загрязнение природной среды происходит в результате поступления пылевых, а не аэрозольных частиц. Частицы поступают в окружающую среду с обогатительных предприятий апатитнефелиновых фабрик ОАО «Апатит» (АНОФ) и хвостохранилищ в виде пылевых выбросов, содержащих алюминий, стронций и другие токсичные элементы, которые в большом количестве попадают на поверхность почвы и растительность (Евсеев, Красовская, 1997). Пылевые частицы забивают устьица растений, вызывая их усыхание и гибель на значительной площади территории (Евсеев, Красовская, 1996).

Оседая на поверхности почвы, пылевые частицы формируют горизонт, препятствующий нормальному развитию растений. Как указывают некоторые исследования (Красовская, Евсеев, 1997; Калабин, 2000; Цветков, 2003; Переверзев и др., 2006), содержание пылевых частиц в подстилке может достигать 50% от её веса.

Наиболее высокие нагрузки обусловлены такими элементами, как Al и Sr, суммарные выпадения которых по району достигают ежегодно 2797,5 и 220 т соответственно. Многолетние накопления в гумусовом слое почв по всему району для алюминия составляют 70250 т, а для стронция – 5378,5 т. При этом многолетнее накопление в верхнем слое почв подвижного алюминия достигло 3433,3 т, а по всему району эта цифра составляет 5742,1 т. Из других высокотоксичных элементов заметный вклад в загрязнение почв района вносит As (4 ПДК), В (превышение фона от 3 до 8 раз) и V (превышение фона от 5 до 10 раз).

Наибольший уровень накопления загрязнителей верхних горизонтов почв характерен для стронция – до 300 мг/кг. Изучение распространения аэротехногенных поллютантов в г. Кировске с использованием метода брיוиндикации показал, что более чем в 2 раза в них превышено содержание стронция, в 1,5–2 раза – меди, никеля, железа. Результаты опробования мхов, отражающие степень загрязнения атмосферы пылью как промышленного происхождения (апатитнефелиновые фабрики, карьеры, хвостохранилища, транспортные магистрали), так и природного (пыление нарушенных эрозией почв), обозначили широкий ареал воздушного перемещения этих элементов в центральной части Мурманской области с центром в районе Кировска и Апатитов.

Для предотвращения негативного воздействия пылящих поверхностей на природные ландшафты и населённые пункты проводится закрепление их поверхности, в частности биологическая рекультивация (фитомелиорация) путём создания на поверхности отвалов растительного покрова того или иного состава. В большинстве случаев биологическая рекультивация промышленных отвалов осуществляется путём посева многолетних трав (рис. 24) и создания достаточно устойчивого лугового сообщества, способного противостоять развитию ветровой эрозии (Переверзев и др., 2006).

Проведённые нами исследования состояния хвостохранилищ двух отработанных промышленных отвалов в Мурманской области позволили установить следующее. На законсервированном хвостохранилище ОАО «Апатит», которое существует почти 50 лет, сформировалась синантропная флора, которая отличается от естественной по видовому составу, структуре и спектру жизненных форм. В сложении синантропных сообществ принимают участие 80% видов природной флоры. Наблюдается постепенное зарастание участков и восстановление на них исходных типов фитоценозов.

Архангельский импактный район. Состояние почв и растительности в рассматриваемом районе, по сравнению с тремя выше рассмотренными импактными районами, относительно удовлетворительное. Зоны общего загрязнения территории сформировались вокруг городов Архангельск (1500 км²), Новодвинск (250 км²), Северодвинск (800 км²). Почвы Архангельско-

го района испытывают химическую нагрузку, изменены и преобразованы в связи с промышленно-гражданским строительством. Согласно нашим исследованиям, валовое содержание тяжёлых металлов – меди, цинка и свинца – в городских почвах Архангельска (район Речного порта, ТЭЦ, Кузечевский промузел) на большинстве пробных площадей не превышает ПДК. Выявлено их накопление в верхнем горизонте.

В исследованиях СевНИИЛХа, Института экологических проблем Севера УрО РАН, АГТУ и других научных организаций представлены результаты по негативным последствиям для лесов хронического загрязнения атмосферы. Согласно проведённым нами исследованиям, изменения на уровне дехромации и дефолиации (обесхвоенности) крон деревьев в насаждениях видны уже невооружённым взглядом. Некоторые исследования (Проблемы..., 2002; Цветков, 2003; Состояние..., 2004) указывают на растущее воздействие на леса Архангельской области осадений вредных веществ из воздушных потоков, поступающих к нам с запада. Наибольшими последствиями по отношению к наземным экосистемам обладает загрязнение атмосферы окислами азота, в результате чего учащаются и расширяются масштабы вспышек болезней хвои ели.

Поступающие в результате многих десятилетий вредные вещества, случаи аварийных выбросов оказывают угнетающее воздействие прежде всего на лесные массивы, расположенные в пограничных с городами Архангельск, Северодвинск и Новодвинск районах в радиусе до 5 км (Проблемы..., 2002). Негативное воздействие проявляется в виде некроза хвои сосны, сокращении срока её жизни и разрушении буферных механизмов защиты лесных биоценозов.

Интенсивное лесопользование оказывает негативное влияние на почвы и растительность. Происходящие после концентрированного лесоведения процессы эрозии вызывают вынос ила в поймы рек, которые ежегодно перекрываются аллювиальными отложениями. На обширных пространствах таких рек, как Северная Двина и Вычегда образуются малопродуктивные слоистые почвы, а самые ценные пойменные земли, служившие некогда житницей Архангельской области, утрачивают плодородие (Проблемы..., 2002). На части площадей низменных водоразделов, в районах северной и средней тайги после концентрированных рубок и их последствий – интенсивных пожаров – происходит заболачивание земель, которое широко распространено в Архангельской области.

Негативные изменения связаны также с захлаплением почв отходами и строительным мусором. На целлюлозно-бумажных комбинатах ежегодно образуется миллионы тонн кородревесных отходов. Механические нарушения являются результатом развития и функционирования промышленных предприятий, транспорта, жилых массивов. Концентрации тяжёлых металлов в почвах газонов, парков и жилых массивов сравнительно невысоки и могут составлять (мг/кг): Hg – 0,07–0,09, Cd – 0,5–1,0, Pb – 30–130. В отдельных местах наблюдаются повышенные концентрации свинца – более чем 200 мг/кг. Проведённый анализ показал, что концентрации отдельных металлов в растительном покрове и почвах (свинца, цинка, никеля, меди и т. д.) превышает фоновые значения не более чем в 3–5 раз. Всё это свидетельствует

об относительно невысоком уровне химического загрязнения городских экосистем тяжёлыми металлами (Экология северных территорий..., 2002).

Города Архангельск, Новодвинск и Северодвинск остаются центрами образования и накопления промышленных и бытовых отходов, объёмы которых составляют соответственно 409,1, 402,2 и 269,3 тыс. т (Проблемы..., 2002). Проблема утилизации отходов в области чрезвычайно актуальна. На предприятиях целлюлозно-бумажной промышленности особенно остро стоит проблема безопасного хранения и утилизации ртутьсодержащих отходов, представляющих особую опасность загрязнения почв данного района опасными веществами.

Котласский импактный район. Также как и в Архангельском импактном районе, основные негативные изменения здесь связаны с хроническим загрязнением атмосферы в результате деятельности ЦБК и ТЭЦ, захламлением почв и растительности отходами и строительным мусором. Зоны общего загрязнения территории сформировались вокруг города Коряжма (550 км²). Отмечается незначительное загрязнение почвы тяжёлыми металлами территории, примыкающей к Котласскому промышленному узлу. Валовое содержание цинка в 1 кг сухой почвы в г. Котласе составляет 110 мг при допустимом уровне 300 мг. По объёму образованных отходов в Архангельской области на первом месте стоит Котлас – 779 тыс. т, что составляет 31,2% от общего объёма (Проблемы..., 2002). Проблема утилизации отходов (особенно отходов больниц и поликлиник города) также является значимой. По данным Госсанэпиднадзора, на территории Котласского района утилизируется только 30% твёрдых отходов, остальная часть попадает на свалку. В Котласе их 2 и расположены они рядом. Введение новой свалки в эксплуатацию было настоящей проблемой (Состояние..., 2004). Сейчас свалка эксплуатируется несмотря на то, что отсутствует дренажная система, нет подъездных путей к колодцам и пожарным водоёмам.

Воркутинский импактный район. Анализ данных о содержании тяжёлых металлов на территории Воркуты позволил установить, что в породных отвалах присутствуют в значительных концентрациях медь, цинк, свинец и ртуть. При ведении подземной разработки на каждую тысячу тонн добытого угля на поверхность поднимается от 200 до 800 тонн породы, до 9000 м³ шахтных вод, которые содержат вышеперечисленные элементы (Воркута..., 2004; Гецен, 2005). Содержание металлов в почвах вблизи Воркутинской ТЭЦ и Воркутинского цементного завода, превышающих нормативные значения, выявлено по меди и цинку. Вблизи промплощадок угольных шахт Воркуты также отмечается превышение в почвенно-грунтовых и поверхностных водах содержания кадмия и кобальта. Добыча угля шахтным способом приводит к формированию техногенных провинций за счёт выноса на дневную поверхность горных пород и содержащихся в них химических соединений. Естественный почвенный покров в городе практически отсутствует и часто представляет собой специфический слой почвогрунтов. Техногенные пылевые выбросы покрывают значительную территорию города и обуславливают повышенные концентрации тяжёлых металлов в городских почвах. Большие площади территории заняты под отвалами.

В основе перестройки растительности Воркутинского района лежат изменения почвенного покрова под влиянием эмиссий загрязняющих веществ. В зоне пылевых выбросов формируется техногенный горизонт ($h = 15\text{--}30$ см), изменяется реакция почвенного раствора (рН 6,7–8,9), резко повышается содержание обменного кальция (в 10–20 раз) и азота (в 2–4 раза), аккумулируются тяжёлые металлы, например, наблюдается превышение ПДК по содержанию меди в 1,7–1,9 раза, цинка – 2,5–5,0 раз. Наблюдается повышенное, по сравнению с фоном, содержание Cd в 15–20 раз, Co – 2,5–3,8 раз (Гецен и др., 2005). Однако эти значения значительно ниже, чем в зоне влияния медно-никелевого плавильного производства «Североникель» в Мончегорске на Кольском п-ве, например, концентрация Cu в почвах здесь выше в 300, а Ni в 100 раз, чем в фоновых районах (Evseev et. al., 2000).

Основными загрязнителями почв района являются следующие металлы (мг/кг): Sr – до 150, Hg – до 0,22, Cu – до 85, Pb – до 70, Zn – до 400 (Глушкова, Маймулов, 2002). Использование шлаков – отходов теплоэнергетики – в качестве насыпных грунтов приводит в некоторых районах города к повышению радиационного фона за счёт концентрирования радионуклидов в процессе сгорания углей. Уровень концентрации в растениях тяжёлых металлов незначительно превышает фоновые значения. Это связано с тем, что растительность в городе представляет собой искусственные посадки привезённых деревьев и кустарников, обновление которой происходит достаточно регулярно. В обнаруженных местных мхах и лишайниках концентрация перечисленных выше тяжёлых металлов и стронция не превышает фоновые значения более чем в 10 раз.

Проведённые нами полевые исследования реакции наземной растительности на аэротехногенное загрязнение в разных районах и окрестностях Воркуты выявили несколько зон с различной степенью загрязнения. На основе полевых описаний растительности нами были классифицированы обследованные участки, расположенные в юго-западном и северо-восточном направлениях от индустриального комплекса на расстоянии около 70 км. В условно фоновой зоне изменений растительности они не наблюдались. В зонах загрязнения отмечено выпадение из сообществ ряда чувствительных видов лишайников, наименьшее разнообразие которых отмечено при максимальном загрязнении. Напротив, количество некоторых групп мохообразных, а также обилие злаков возросло с увеличением степени нарушений.

В результате исследований были выделены две разные импактные зоны. Их формирование связано с влиянием двух крупнейших источников загрязнения — цементного завода (рис. 27) и теплоэлектростанции ВТЭЦ-2 (рис. 28). Они расположены на 15 км севернее г. Воркуты, рядом друг с другом. Здесь отсутствуют лишайники (за исключением *P. rufescens* и *L. saturnium*), ивы доминируют в большей степени, чем в других незагрязнённых районах. На некоторых площадках этой зоны были отмечены повреждения или отмершие части кустарничков и погибшие участки мохового покрова с большей частотой, чем в фоновых районах. Впрочем, и общая толщина мохового покрова здесь уже. Растительность также в сильной степени покрыта пылевыми выбросами. Районы с явным эффектом загрязнения в Воркутинском регионе, включая все типы растительности и почв, составляют приблизительно 150–200 км². Такой же тип изменений шириной 200–1000 м наблюдается вдоль железных дорог,

шахт, возле пос. Хальмер-Ю наблюдается ещё одна сильно загрязнённая зона диаметром 50–100 км².

Изменения растительности в зоне слабого загрязнения/нарушения имеют сходные черты, но менее заметны, чем в первой зоне. Кроме того, здесь представлены злаки и травянистые растения, в большей степени типичные для крупнокустарниковых тундр. Протяжённость этой зоны вокруг Воркуты составляет около 600–900 км².

Механические нарушения геосистем

Отвалы горных пород и хвостохранилищ, шахтные и карьерные воды, стоки, отходы обогательных и металлургических предприятий являются источниками механических нарушений и техногенных миграций элементов, в повышенных концентрациях токсичных для живых организмов. В результате механического воздействия образуются техногенные формы рельефа: скол и разрушение горных массивов, провалы земной поверхности, карьеры, отвалы вскрышных пород, золоотвалы, хвосто- и шлакоохранилища и др. При этом не только нарушается эстетическая привлекательность ландшафтов, но и оказывается негативное влияние на состояние окружающей среды (Калабин, 2000). Применение взрывных работ и выемка огромных масс горной породы и руды существенно нарушают естественный рельеф местности, разрушают вершины гор и изменяют орографию, приводят к сходу снежных лавин и возникновению экстремальных ситуаций в зонах компактного проживания населения.

Важно отметить, что золоотвалы, хвосто- и шлакоохранилища являются источниками вторичного загрязнения атмосферы населённых пунктов и поверхностных вод, когда посредством ветровой и водной эрозии происходит вынос тонкодисперсной пыли с токсичными компонентами за пределы зон разработок. Согласно некоторым оценкам (Калабин; 2000; Евсеев, 2004; Воркута..., 2004), используется только около 5–10% отходов горной промышленности, основная же масса направляется в отвалы и хвостохранилища, площадь которых составляет тысячи га. Из всего объёма образовавшихся на территории исследуемых импактных районов особо токсичных отходов около 60% составляют отходы 1–2 классов опасности. Из них наибольшая доля приходится на отходы предприятий горно-химической промышленности.

При этом следует принять во внимание, что в рассматриваемых регионах отсутствует строгая система учёта, контроля и использования отходов. Достоверность представляемых в статистических сборниках данных условна, поскольку не учтены значительные объёмы отходов, которые размещаются в природной среде стихийно.

Западно-Кольский импактный район. В результате горной добычи (открытые и подземные разработки) комбината «Печенганикель» образовано карьеров общим объёмом более 400 млн. м³, горных пустот объёмом более 4–7 тыс. м³, большие площади заняты отвалами пустой породы и хвостохранилищами. Рудники ОАО «ГМК Печенганикель» ведут отсыпку отвалов в районе каменистых тундр.

Центрально-Кольский импактный район. Расположенное на территории района хвостохранилище ОАО «Олкон» является вторым по объёму и площади источником вторичного загрязнения окружающей среды Мурманской области (площадь 940 га, масса хвостов обогащения 250 млн. т). В районе Мончегорска объёмы отвалов незначительны (площадь около 2 га и масса 5 млн. т).

Хибинский импактный район. В результате горной добычи образовано горных пустот общим объёмом около 600 млн. м³. Механическое воздействие на ландшафты приводит к появлению техногенных форм рельефа – сколу и разрушению горных массивов, провалам земной поверхности, карьерам. Применение взрывных работ и выемка огромных масс горной породы существенно нарушает естественный рельеф местности, разрушает вершины гор и изменяет орографию. Для производства 1 т апатитового концентрата добывается 3 т руды. Обогащение апатитнефелиновых руд происходит на обогатительных предприятиях, при этом на 1 т концентрата образуется до 400 т отвалов (Калабин, 2000).

Хвосты, являющиеся побочным продуктом производства, в виде пульпы по специальному трубопроводу длиной в несколько километров и диаметром в 1,5 м поступают в хвостохранилище, занимающее бывший залив (губу Белая) оз. Имандра. На территории импактного района находится самое крупное на Кольском полуострове хвостохранилище апатитнефелиновой фабрики № 2 (АНОФ-2) ОАО «Апатит». Если рассматривать весь 75-летний период освоения и эксплуатации хибинских месторождений, то в хвостохранилищах фабрик ОАО «Апатит» накопилось уже более 750 млн. т хвостов флотационного обогащения, содержащих 45 млн. т апатита, 450 млн. т нефелина, 40–45 млн. т титановых минералов – сфена, титаномагнетита, а также эгирин (Душкова, Евсеев, 2011).

Архангельский и Котласский импактные районы. В сравнении с тремя вышеописанными районами механические нарушения на территории этих импактных районов незначительны. Негативные изменения связаны с захламливанием почв отходами и строительным мусором. На целлюлозно-бумажных комбинатах ежегодно образуется миллионы тонн кородревесных отходов. Однако их общий объём и степень воздействия на местные экосистемы в десятки раз ниже.

Воркутинский импактный район. Добыча угля шахтным способом приводит к образованию огромного количества отвалов, под которыми занято уже более 50,3 га, и формированию техногенных провинций за счёт выноса на дневную поверхность горных пород и содержащихся в них химических соединений. Естественный почвенный покров в городе практически отсутствует и часто представляет собой специфический слой урбаноземов. Техногенные пылевые выбросы покрывают значительную территорию города и обуславливают повышенные концентрации тяжёлых металлов в городских почвах. Большие площади территории заняты под отвалами. По данным Государственного доклада о состоянии окружающей природной среды Республики Коми (2004), добыча угля предприятиями г. Воркуты в 2003 г. снизилась почти на 28%, по сравнению с предыдущим годом, и составила 7,324 млн. т. При этом объёмы отходов при обогащении составили 2,7 млн. т. Для Воркутинского импактного рай-

она также характерно образование терриконов, деградация мерзлоты из-за горных работ и потоков тепла от горящих терриконов. В терриконах сосредоточено 80 млн. т породы на площади свыше 410 га. Загрязнение серой в радиусе 1 км от отвалов достигает 19–30 ПДК, в радиусе 1,5 км – 5–18 ПДК (Гецен, 2005).

Следует упомянуть о целом ряде других неблагоприятных процессов, обусловленных хозяйственной деятельностью в этом импактном районе. Это, прежде всего, деградация мерзлоты на значительных площадях, вызванная непосредственно горными работами, а также потоками тепла поступающих от горящих или горевших терриконов. Характерно образование многочисленных оседаний и провалов земной поверхности, порой возникающих в связи с изъятием из шахт колоссальных объёмов горной массы (1,1 млрд. т), сопутствующих газов, подземных вод, а также развитием термокарста (Воркута..., 2004).

Таким образом, все рудные карьеры рассматриваемых районов, как правило, имеют внушительные размеры (длина 1–4 км, ширина 0,8–1,5 км) и восстановление таких выработок экономически не рентабельно. Возможно использование этих пространств для размещения любых хранилищ, подсобных цехов и т. п. В случае находящихся рядом перспективных к разработке месторождений следует рассматривать вопрос о целесообразности размещения вскрыши от нового производства сразу же в отработанные карьеры. Такой вариант перспективен для группы карьеров Восточного рудника ОАО «Апатит», возможен и для карьеров ОАО «Олкон» (Калабин, 2000).

Внешние отвалы крупных карьеров существенно изменяют ландшафт и в период отсыпки загрязняют атмосферу пылью. Все такие участки и не используемые зоны хвостохранилищ требуют биологической рекультивации и могут быть использованы для расширения посевных площадей подсобных хозяйств и для целей строительства.

Анализ закономерностей формирования экологической обстановки в исследуемых промышленных центрах. В ходе проведённых исследований установлено, что наибольший вклад в загрязнение атмосферы (по валовым выбросам загрязняющих веществ) вносят предприятия угледобычи и теплоэнергетики (Воркутинский импактный район). Однако наибольшее негативное воздействие на природные геосистемы оказывают высокотоксичные выбросы предприятия цветной металлургии (Западно-Кольский и Центрально-Кольский районы). Предприятия горнодобывающего комплекса, расположенные в Хибинском и Воркутинском районах, оказывают наибольшее механическое воздействие на ландшафты, что приводит к появлению техногенных форм рельефа. По объёму сбросов загрязнённых сточных вод лидируют импактные районы, где расположены наиболее крупные ЦБК – Архангельский и Котласский.

Максимальный вклад в загрязнение почв и повреждение растительного покрова вносят комбинаты Кольской ГМК – «Североникель» и «Печенганикель». Установлено, что основным аккумулятором техногенного загрязнения является почвенный покров, где аэротехногенные поллютанты накапливаются преимущественно в верхних горизонтах A_0 и A_1 , которые одновременно с этим выступают барьером на пути проникновения элементов-загрязнителей в ниж-

ние почвенные горизонты и подземные воды. Для всех рассматриваемых импактных районов характерно наибольшее значение накопления загрязняющих веществ в этих горизонтах. Только для территорий, примыкающих к промплощадке комбината «Североникель», где более всего нарушен почвенно-растительный покров и наиболее интенсивен процесс выпадения на ландшафты приоритетных элементов-загрязнителей (Ni, Cu, Co), характерен высокий уровень загрязненности минерального почвенного горизонта В, который достигает здесь уровня опасной и чрезвычайно опасной степени загрязнения.

Наибольшее значение приобретают вышеуказанные проблемы в связи с природными особенностями рассматриваемых территорий, обусловленными приуроченностью к северным широтам, и в связи с этим замедленными процессами самовосстановления.

Анализ экологической ситуации в рассматриваемом регионе показал, что для него характерна напряжённая экологическая ситуация, приближенная в ряде районов к катастрофической. Приоритетными аэротехногенными поллютантами являются диоксиды серы, азота, тяжёлые металлы, метилмеркаптан, радионуклиды. Среди тяжёлых металлов следует выделить значительное накопление в отдельных компонентах геосистем меди, никеля, кобальта, что связано с выбросами и сбросами этих металлов предприятиями цветной металлургии, расположенными в регионе. В ряде районов наблюдаются повышенные концентрации ртути, свинца, стронция и мышьяка, обусловленные деятельностью горнодобывающих предприятий и теплоэнергетики (Душкова, Евсеев, 2011).

Так кризисная экологическая ситуация сформировалась на территории Западно-Кольского импактного района, что связано с негативным воздействием на окружающую природную среду медно-никелевого производства в сочетании с неблагоприятными условиями самоочищения ландшафтов при относительно большой плотности населения.

Центрально-Кольский импактный район также характеризуется кризисной экологической ситуацией, а в случае аварии на Кольской АЭС – катастрофической. Импактная зона предприятий горнодобывающей и цветной металлургии характеризуются высокой напряжённостью экологической ситуации, которая является результатом повышенных уровней нагрузок загрязняющих веществ на наземные и водные экосистемы при значительной плотности населения.

Воркутинский импактный район и сам город Воркута характеризуются критическим экологическим состоянием. Основными типами антропогенного воздействия являются механические нарушения геосистем и химическое загрязнение, что связано с угледобычей, развитой городской инфраструктурой, энергетикой и стройиндустрией. Собственно химическое загрязнение обусловлено преимущественным распространением большого числа токсических соединений в виде пыли с ТЭЦ, цементного завода, обогатительных фабрик, отвалов и т. д. Результаты химических анализов почвы и растительности показали, что уровень концентрации техногенных поллютантов велик. Закрытие ряда шахт не отразилось существенно на уровнях концентрации токсичных соединений в геосистемах города. Значительный вклад в загрязнение атмосферного воздуха происходит за счёт выбросов метана, поступающего из

выработок через вентиляционные системы шахт, т. к. утилизации этого соединения практически не осуществляется. В целом экологическая обстановка в городе относительно стабильна, и в большей степени её негативные стороны проявляются в механических нарушениях геосистем, т. к. громадные площади заняты отвалами – отходами угледобычи (Воркута..., 2004).

Критическая экологическая ситуация отмечается также в Архангельском и Котласском импактных районах, характеризующихся высоким уровнем загрязнения атмосферы токсичными соединениями, среди которых выделяются пыль, диоксид серы, окислы азота. Основными источниками местных аэротехногенных поллютантов являются: целлюлозно-бумажный комбинат, объекты теплоэнергетики и транспорта. Поэтому среди специфических загрязнителей воздушного бассейна города следует выделить: метилмеркаптан, бенз(а)пирен, метанол, сероводород, сероуглерод и др. Максимальные разовые концентрации, например, метилмеркаптана могут достигать в отдельных случаях 105 ПДК, сероводорода – до 5ПДК, бенз(а)пирен – 2 ПДК.

Практически все источники питьевого водоснабжения исследуемых районов, как поверхностные, так и подземные, подвергаются антропогенному воздействию с различной степенью интенсивности. Водные объекты в конечном итоге являются коллектором всех видов загрязнения, поступающих как с дымовыми выбросами плавильных цехов металлургических производств и предприятий энергетики, так и в составе промышленных стоков (с территорий горных разработок; шахтных вод, откачиваемых на рельеф местности; технологических вод после обогащения и плавления руд; строительных предприятий и предприятий энергетики – АЭС, ТЭС), а также коммунальных стоков (города и поселки).

Заключение. Проведённые исследования показывают, что сложившаяся на сегодняшний день геоэкологическая обстановка в регионе является результатом индустриальной модели освоения, когда был совершенно проигнорирован факт низкой экологической ёмкости природной среды Севера и его важной роли в сохранении экологического равновесия на планете. А ведь именно Север является зоной формирования глобальных атмосферных процессов и биогеохимического круговорота, поэтому деградация природных экосистем Севера может иметь неблагоприятные последствия в глобальном масштабе.

Показано, что для рассматриваемых районов выявлены следующие особенности.

1. *Опасная степень загрязнения атмосферы* (коэффициент эмиссионной нагрузки в расчёте на 1 жителя в год достигает 3,0 т), ставшая одной из основных причин критической или кризисной экологической ситуации. В ходе проведённых исследований установлено, что наибольший вклад в загрязнение атмосферы (по валовым выбросам загрязняющих веществ) вносят предприятия угледобычи и теплоэнергетики, расположенные в Воркутинском импактном районе. Однако наибольшее негативное воздействие на природные геосистемы оказывают высокотоксичные выбросы предприятия цветной металлургии (Западно-Кольский и Центрально-Кольский районы).
2. *Значительное загрязнение водных объектов*, являющихся своеобразными коллекторами

всех загрязнителей, поступающих как с дымовыми выбросами плавильных цехов металлургических производств и предприятий энергетики, так и в составе промышленных и бытовых стоков. Выявлено, что по объёму сбросов загрязнённых сточных вод лидируют импактные районы, где расположены наиболее крупные предприятия целлюлозно-бумажного комплекса – Архангельский и Котласский.

3. Максимальный вклад в *загрязнение почв и повреждение растительного покрова* вносят металлургические комбинаты Западно- и Центрально-Кольского импактных районов. При этом почвы этих районов характеризуются высоким накоплением азротехногенных поллютантов не только в верхних органогенных горизонтах, но и в минеральном почвенном горизонте В; растительный покров испытывает сильное воздействие (деградация лесного покрова, прогрессирование дефолиации, суховершинности и др.).
4. Наибольшее *механическое воздействие на геосистемы*, приводящее к появлению техногенных форм рельефа, оказывают предприятия горнодобывающего комплекса, расположенные в Хибинском и Воркутинском районах. Особое значение приобретают вышеуказанные проблемы в связи с природными особенностями рассматриваемых территорий, обусловленными приуроченностью к северным широтам, и в связи с этим замедленными процессами самовосстановления.

Проведённые исследования подтверждают необходимость продолжать вести мониторинг состояния геосистем районов исследования. Полученные результаты дополняют информацию об источниках поступления поллютантов, закономерностях их пространственного распределения и могут послужить основанием при разработке стратегии развития природопользования в регионе и экологической реабилитации нарушенных геосистем.

Литература:

1. Воркута – город на угле, город в Арктике: Науч.-популяр. изд-е / Под общ. ред. д. б. н. М. В. Гецен. Сыктывкар, 2004.
2. Гецен М. В., Логинов А. К., Рубцов А. И. и др. Природная среда тундры в условиях открытой разработки угля: монография. Мин-во прир. рес-в и охраны окр. среды Респ. Коми (под общ. ред. М. В. Гецен). Сыктывкар: 2005. 246 с.
3. Глушкова Л. И., Маймулов В. Г., Корабельников И. В. Обеспечение эколого-гигиенического благополучия населения в условиях Крайнего Севера: проблемы и решения. СПб., ГМА им. М. И. Мечникова, 2002.
4. Доклад по охране окружающей среды и рациональному использованию природных ресурсов Мурманской области в 2005 г. – Комитет природных ресурсов и охраны окружающей среды Мурманской области. Мурманск, 2006.
5. Душкова Д. О., Евсеев А. В. Экология и здоровье человека: региональные исследования на Европейском Севере России. – М.: Географический факультет МГУ, 2011. – 192 с.

6. Евсеев А. В. Теоретические аспекты природопользования. В кн.: География, общество, окружающая среда. Том 3 «Природные ресурсы, их использование и охрана». – М.: Изд. дом Городец, 2004. – С. 34-50.
7. Евсеев А. В., Красовская Т. М. Закономерности формирования импактных зон в Арктике и Субарктике России // География и природные ресурсы. – 1997. – № 4.
8. Евсеев А. В., Красовская Т. М. Эколого-географические особенности природной среды районов Крайнего Севера России. – Смоленск: Изд-во СГУ, 1996. – 232 с.
9. Калабин Г. В. Экодинамика техногенных провинций Севера. – Апатиты: изд. Кольского научного центра РАН, 2000. – 292 с.
10. Красовская Т. М. Природопользование Севера России. – М.: Изд-во АКИ, 2008. – 288 с.
11. НПД-Арктика: Российская Федерация – поддержка Национального плана действий по защите арктической морской среды. ЮНЕП / ГЭФ. Минэкономразвития РФ, 2005.
12. Переверзев В. Н., Коробейникова Н. М., Дьякова Т. А., Янченко И. В. Первичное почвообразование на рекультивированных отвалах апатитовой промышленности // Современные экологические проблемы Севера (к 100-летию со дня рождения О. И. Семёнова-Тян-Шанского): Материалы международной конференции / Институт проблем промышленной экологии Севера. – Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 2006.
13. Проблемы экологии Архангельской области на рубеже веков: приоритеты, направления, стратегии. Монография / Под ред. проф. М. Шраги, член-корр. АЕН С. Сафина. – Архангельск: Изд-во СМГУ, 2002. – 267 с.
14. Российская Арктика: на пороге Катастрофы. Москва, Центр Экологической политики, 1996.
15. Сандимиров С. С., Кашулин Н. А., Кошкин В. В. Техногенное загрязнение внутренних водоемов Мурманской области в результате деятельности ОАО «Апатит» // Тез. докл. III Междунар. конф. «Город в Заполярье и окружающая среда». Сыктывкар, 2003. С. 256–261.
16. Состояние и охрана окружающей среды Архангельской области в 2003 году / Главное Управление природных ресурсов и охраны окружающей среды МПР России по Архангельской области, 2004.
17. Цветков В. Ф., Цветков И. В. Леса в условиях аэротехногенного загрязнения. Архангельск, 2003. 356 с.
18. AMAP – Arctic Pollution: Persistent Organic Pollutants, Heavy Metals, Radioactivity, Human Health, Changing Pathways. Arctic Monitoring and Assessment Program (AMAP). Oslo (2002).
19. Evseev A., Belousova A. and other. Environmental hot spots and impact zones of the Russian Arctic. Moscow, 2000.
20. SAP-Arctic. Strategic Action Program for Protection of Environment in the Arctic Zone of the Russian Federation (SAP). Moscow, (2009) 30.

Рецензент – Шрага М. Х.,
доктор медицинских наук, профессор