

Устойчивость экологических систем Арктической зоны в условиях антропогенного воздействия

*М. В. Мишенин¹**

¹ Институт нефтегазовой геологии и геофизики СО РАН, г. Новосибирск,
Российская Федерация

* e-mail: MisheninMV@ipgg.sbras.ru

Аннотация. В работе исследована динамика показателей, влияющих на экологическую систему Арктической зоны Российской Федерации. Показана сравнительная характеристика уровня загрязнения по сановным городам, расположенным на территории Арктической зоны Российской Федерации. Проанализирована тенденция количества случаев, приводящих к различному уровню загрязнения с выделением основных элементов загрязнения окружающей среды. Рассмотрено состояние уровня загрязнения воздуха, воды (в том числе поверхностных вод), земельных ресурсов.

Ключевые слова: экологическая система, антропогенное воздействие, Арктическая зона, уровень загрязнения, предельно допустимая концентрация (ПДК), окружающая среда

Stability of ecological systems of the Arctic zone under the conditions of anthropogenic impact

*M. V. Mishenin¹**

¹ Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics of Siberian Branch Russian Academy
of Sciences, Novosibirsk, Russian Federation

* e-mail: MisheninMV@ipgg.sbras.ru

Abstract. In the study of the dynamics of indicators affecting the ecological systems of the Arctic zones of the Russian Federation. A comparative characteristic of the level of damage is shown for high-ranking cities located on the territory of the Arctic Zone of the Russian Federation. The change in the frequency of occurrence, leading to various violations, is analyzed with the allocation of the main elements of environmental damage. The state of pollution of air, water (including pathogens), land resources is excluded.

Keywords: ecological system, anthropogenic impact, Arctic, fall level, maximum allowable concentration (MPC), environment

Введение

Вопросы устойчивости экологических систем Арктической зоны Российской Федерации в условиях антропогенного воздействия является важным показателем в общей экологической системы Российской Федерации. На территории Арктической зоны Российской Федерации расположен колоссальный потенциал ресурсов углеводородов и минералов, а также транспортных водных путей. Освоение этой территории и добыча природных ресурсов является стратегическим направлением для социально-экономического развития Российской Федерации. Территория, расположенная на сушу Арктической зоны, составляет более

3,7 млн кв. км с проживающим на ней населением более 2,5 млн человек. Главной задачей является освоение ресурсного потенциала территорий Арктической зоны Российской Федерации с соблюдением экологических норм и сохранения устойчивости экосистемы.

Теоретические основы устойчивости экологических систем

Под понятием «экологическая устойчивость» понимается следующее:

- 1) возможность экологической системы **сохранять** при внешнем влиянии первоначальное состояние в течение определенного времени;
- 2) возможность экологической системы **пластично переходить** из начального равновесного состояния в другое, не меняя внутренние устойчивые;
- 3) возможность экологической системы **эластично восстанавливаться** в начальное состояние после продолжительного воздействия из.

Исходя из первых понятий получается свойства адаптационной устойчивости, в отличие от последнего – свойства системы регенерирующей. Если при внешнем воздействии на экологическую систему ее функция отклоняется от показателей нормы, то показателем устойчивости системы является степень отклонения, а затрачиваемое время для восстановления к исходному состоянию является упругостью системы.

Различают три основных механизма необходимых для обеспечения устойчивости экологической системы:

- 1) под воздействием негативных обратных связей у системы возникает **постоянство**, которое сохраняет экологическую систему в состоянии устойчивости. Таким образом за счет внешнего воздействия состояние равновесия перемещается в ту область, где негативное воздействие слабее (принцип Ле Шателье—Брауна).
- 2) создание устойчивости экологической системы за счет **избыточности** влияющих элементов системы. При такой ситуации устойчивость экологической системы напрямую зависит от видовых разнообразий;
- 3) изменение структурных составляющих экологической системы при сохранении или незначительном отклонении от первоначального состояния ее функциональности называется **адаптацией**. При значительном изменении происходит эволюция.

Антропогенное воздействие — любой вид хозяйственной деятельности человека в его отношении к природе; представляет собой, как правило, источник большого числа различных антропогенных факторов.

В настоящее время активно занимаются проблематикой устойчивого развития как биосферы так и техносферы с охраной окружающей среды. Особое значение уделяют процессам защиты окружающей среды от воздействия тепловых техногенных загрязнений, которые создают работающие энергетические комплексы. Своевременный мониторинг состояния атмосферного воздуха, водоёмов и почв и принятия мер для сохранения устойчивой экологической системы приведет к успешному решению экологических проблем.

**Показатели антропогенного воздействия
на экологическую систему Арктической зоны**

Состояние уровня загрязнения воздуха

К основным источникам воздействия на экологическую систему Арктических зон являются многочисленные предприятия и заводы топливно-энергетического комплекса, предприятия занимающиеся добычей углеводородов и других полезных ископаемых, нефтегазохимическая промышленность, металлургическая промышленность, деревообрабатывающая промышленность и прочие.

На территории Арктической зоны Российской Федерации мониторингом состояния загрязнения атмосферного воздуха занимается на 34 станциях, 27 из которых относятся к государственной системе наблюдения и 7 территориальной системы по Мурманской области. Станции могут анализировать до 22 показателей загрязняющих веществ (тяжелые металлы, различные примеси газов). [1]

По данным Росгидромета, по состоянию на начало 2021 г. из 18 населенных пунктов Арктической зоны показатель уровня загрязнения воздуха, в 10 городах низкий, в Архангельске и Новодвинске – повышенный и самый высокий показатель в Норильске. На протяжении последних 30 лет Норильск считается одним из самых загрязненных за счет большого количества выбросов диоксида серы. (табл. 1.)

Таблица 1

Уровни загрязнения воздуха в населенных пунктах Арктической зоны Российской Федерации в 2011 и в 2015–2020 гг.

| Населенные пункты | Уровни загрязнения воздуха | | | | | | |
|--------------------------------------|----------------------------|------|------|------|------|------|------|
| | 2011 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 |
| г. Анадырь, Чукотский АО | н/о | н/о | н/о | н/о | н/о | н/о | н/о |
| г. Апатиты, Мурманская обл. | Н | Н | Н | Н | Н | Н | Н |
| г. Архангельск, Архангельская обл. | В | П | П | Н | П | П | П |
| г. Воркута, Республика Коми | П | Н | Н | Н | Н | Н | Н |
| г. Заполярный, Мурманская обл. | Н | Н | Н | Н | Н | Н | Н |
| г. Кандалакша, Мурманская обл. | Н | Н | Н | Н | Н | Н | Н |
| г. Кировск, Мурманская обл. | н/о | н/о | н/о | н/о | н/о | н/о | н/о |
| г. Кола, Мурманская обл. | Н | н/о | н/о | н/о | н/о | н/о | н/о |
| г. Мончегорск, Мурманская обл. | П | Н | Н | Н | Н | Н | Н |
| г. Мурманск, Мурманская обл. | П | Н | Н | Н | Н | Н | Н |
| пгт. Никель, Мурманская обл. | П | П | П | П | Н | П | Н |
| г. Новодвинск, Архангельская обл. | П | Н | Н | Н | Н | П | П |
| г. Норильск МО, Красноярский край | ОВ | ОВ | ОВ | ОВ | ОВ | ОВ | ОВ |
| г. Оленегорск, Мурманская обл. | Н | Н | Н | Н | Н | Н | Н |
| г. Певек, Чукотский АО | н/о | н/о | н/о | н/о | н/о | н/о | н/о |
| г. Салехард, Ямало-Ненецкий АО | В | Н | Н | Н | Н | Н | Н |
| г. Северодвинск, Архангельская обл. | Н | Н | Н | Н | Н | Н | Н |
| пос. Тикси, республика Саха (Якутия) | н/о | н/о | н/о | н/о | н/о | н/о | н/о |

Источник: данные Росгидромета

При сравнении показателей среднегодовых концентраций загрязняющих веществ в городах Арктической зоны относительно средних показателей по России, можно выделить следующие особенности.

На территории всех населенных пунктов Арктической зоны РФ, среднегодовая концентрация взвешенных веществ не превышает ПДК с.с. Так средний за год уровень концентрации взвешенных веществ в г. Норильск составляет чуть меньше 0,9 ПДК с.с., что превышает среднее значение по РФ – 0,8 ПДК с.с. В остальных населенных пунктах ниже среднего по РФ зафиксировано. [2]

По показателю среднегодовой концентрации диоксида серы в семи населенных пунктах значение выше среднего по РФ. Только в г. Норильск показатель превысил ПДК с.с. и составил 1,5 ПДК с.с., в остальных городах ниже ПДК с.с. Наибольшее содержание диоксида серы в г. Норильск превышает 0,08 мг/куб.м, существенно меньше около 0,25 мг/куб.м. в городах Певек, Мончегорск, менее 0,02 мг/куб.м. в городах Заполярный, Кола, Никель и Кандалакша. Выбросы осуществляются за счет работающих предприятий АО «Комсомольская ГМК» и ЗФ ПАО «ГМК «Норильский Никель» (рис. 1. а) и б)).

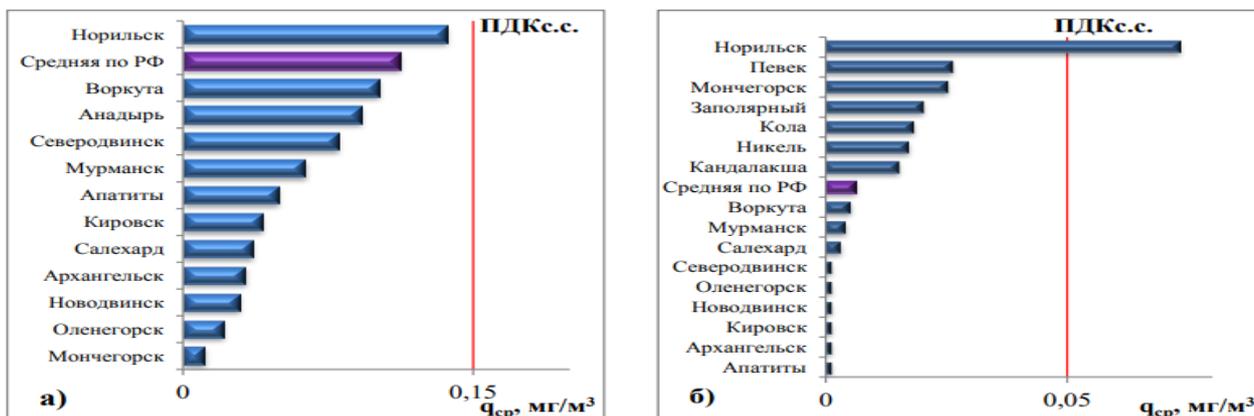


Рис. 1. Средние за год концентрации: взвешенных веществ (а), диоксида серы (б). Источник: данные Росгидромета

На территории всех населенных пунктов Арктической зоны РФ, среднегодовая концентрация оксида углерода не превышает ПДК с.с. Наибольшее значение 2,1 мг/куб. м в г. Салехард, превышающее среднее значение по РФ - 1 мг/куб. м, ближе всех к среднему значению показателя в городах Мончегорск и Архангельск (около 0,9 мг/куб. м)

По показателю среднегодовой концентрации формальдегида в пгт. Никель (0,014 мг/куб. м) значение выше ПДК с.с. (0,01 мг/куб. м) Выше среднего (0,85 ПДК с.с.) концентрации формальдегида в городах Никель (1,4 ПДК с.с.) и Новодвинск (0,9 ПДК с.с.) (рис. 2. а) и б)

На территории всех населенных пунктов Арктической зоны РФ, среднегодовая концентрация диоксида и оксида азота не превышает ПДК с.с. Наибольшее значения показателя по диоксиду азота наблюдается г. Певек г.Кола, по оксиду

азота в г. Северодвинск и г. Воркута. Во всех рассматриваемых городах оба показателя не превышают средний уровень по РФ. (около 0,7 ПДК с.с.) [3]

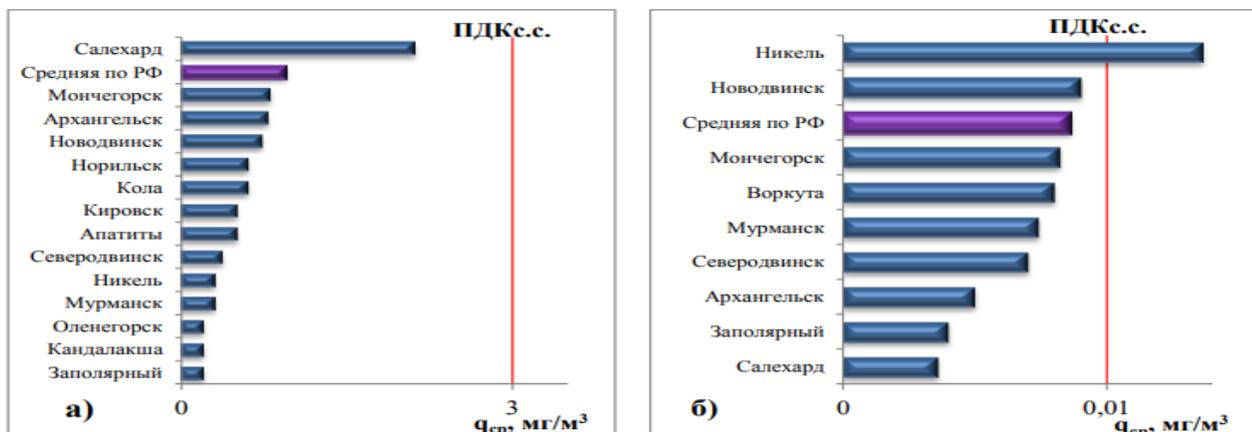


Рис. 2. Средние за год концентрации: оксида углерода (а), формальдегида (б).
Источник: данные Росгидромета

По показателю среднегодовой концентрации бензапирена в г. Архангельск зафиксирована наибольшее значение (0,8 нг/куб. м). Во всех городах Арктической зоны РФ показатель не превышает среднее значение по РФ и ПДК с.с. (рис. 3. а) и б)

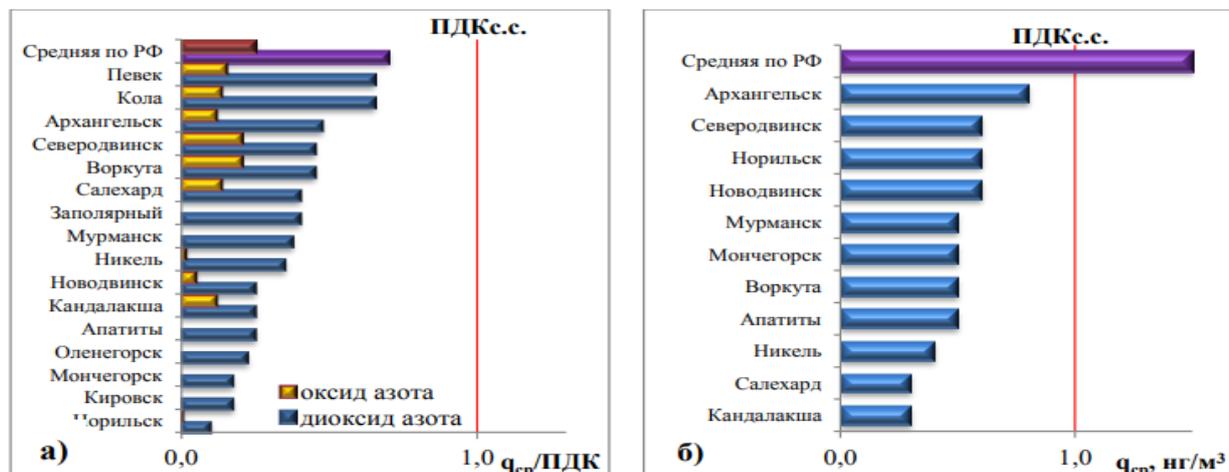


Рис. 3. Средние за год концентрации: диоксида и оксида азота (а), бензапирена (б). Источник: данные Росгидромета

Состояние уровня загрязнения воды

Значительную часть загрязнения водных ресурсов происходит за счет выброса нефтепродуктов. В отличие от традиционных регионов добычи углеводородов, загрязнение вод происходит за счет наличия на территории городов Арктической зоны РФ нефтепроводов, станций заправок, средства транспортировки

как по суши, так и по воде, различные нефтехранилища. Сбором и фиксацией таких загрязнений занимается Росгидромет, который публикует статистику по бассейнам Белого и Баренцева морей, бассейну Карского моря, моря Лаптевых и Восточно-Сибирского моря. (табл. 2)

Таблица 2

Поступление нефтепродуктов в замыкающие створы рек бассейна
Северного Ледовитого океана в 2020 г.

| Река | Пункт | Расстояние от устья, км | Водный сток, куб. км | Вынос с водосбора, тыс. т |
|----------------------------------|--------------------|-------------------------|----------------------|---------------------------|
| Бассейн Белого и Баренцева морей | | | | |
| Патсо-йоки | Борисоглебская ГЭС | 4,4 | 6,97 | 0,080 |
| Кола | г. Кола | 8 | 2 | 0,013 |
| Онега | с. Порог | 31 | 15,8 | 0,980 |
| Северная Двина | с. Усть-Пинега | 137 | 105 | 1,02 |
| Мезень | д. Малонисогорская | 186 | 24,4 | 1,15 |
| Печора | г. Нарьян-Мар | 141 | 170 | 18,4 |
| Бассейн Карского моря | | | | |
| Обь | г. Салехард | 287 | 463 | 10,6 |
| Надым | г. Надым | 110 | 19,2 | 2,16 |
| Пур | пгт. Самбург | 86 | 40,8 | 12,5 |
| Таз | с. Красноселькуп | 398 | 50,3 | 2,66 |
| Енисей | г. Игарка | 696 | 599 | 129 |
| Бассейн моря Лаптевых | | | | |
| Анабар | с. Саскылах | 209 | 11 | 0,132 |
| Оленек | п.ст. Тюмети | 235 | 34 | 1,54 |
| Лена | п.ст. Хабарова | 112 | 537 | 29,5 |
| Яна | п.ст. Юбилейная | 159 | 35,3 | 2,02 |
| Бассейн Восточно-Сибирского моря | | | | |
| Индигирка | п. Чокурдах | 183 | 54,8 | 0,767 |
| Колыма | с. Колымское | 282 | 104 | 0,891 |

Источник: данные Росгидромета

Состояние уровня загрязнения поверхностных вод

За последние 10 лет равномерно увеличивается количество случаев высокого уровня загрязнения (ВЗ) и экстремально высокого уровня загрязнения (ЭВЗ) поверхностных вод городов и населенных пунктов Арктической зоны РФ. С 2014 г. количество случаев ЭВЗ увеличилась практически втрое с показателя 56 до 147 в 2020 г. на 26 объектах, расположенных на воде, а количество случаев ВЗ увеличилось за тот же период на 35% с уровня 168 до 226 в 2020 г., практически приблизившись к максимальному значению, зафиксированному в 2018 г. (229 случаев), на 40 объектах, расположенных на воде. Основная проблема с загрязнением поверхностных вод Арктической зоны РФ связана с замедленным процессом самоочистки от загрязняющих веществ. [4] Значительная часть загрязняющих веществ выбрасывается на металлургических комбинатах, которые расположены в городах Норильске и Никеле, так же нефтегазохимических комплек-

сов, золотодобывающих предприятий и комбинатов по переработке целлюлозно-бумажных изделий, сбрасывающих в Западной Сибири, Якутии, которые перемещаются как естественным образом по течению, так и за счет судов транспортного и рыболовного флотов. (рис. 4)

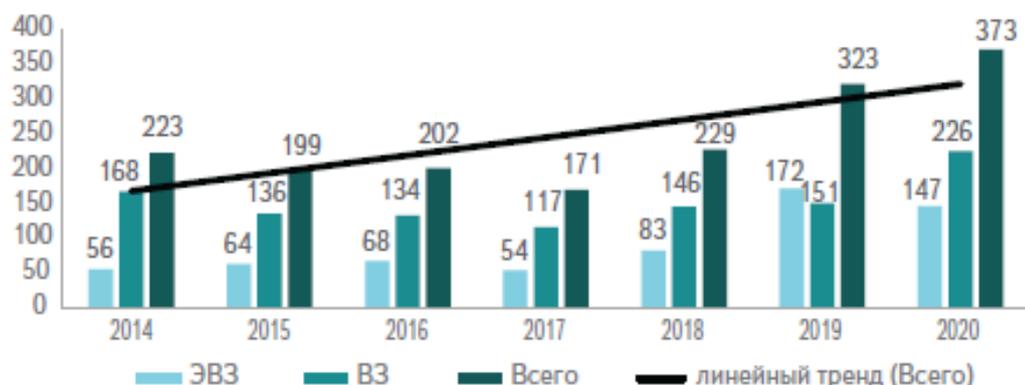


Рис. 4. Динамика количества случаев ВЗ и ЭВЗ поверхностных вод Арктической зоны Российской Федерации в 2014–2020 гг. Источник: данные Росгидромета

Наибольшее количество среди всех загрязняющих веществ принадлежит никелю, марганцу, молибдену и меди. Можно отметить что количество случаев ВЗ и ЭВЗ по ртути, в течении последних 10 лет существенно сокращается. (рис. 5).

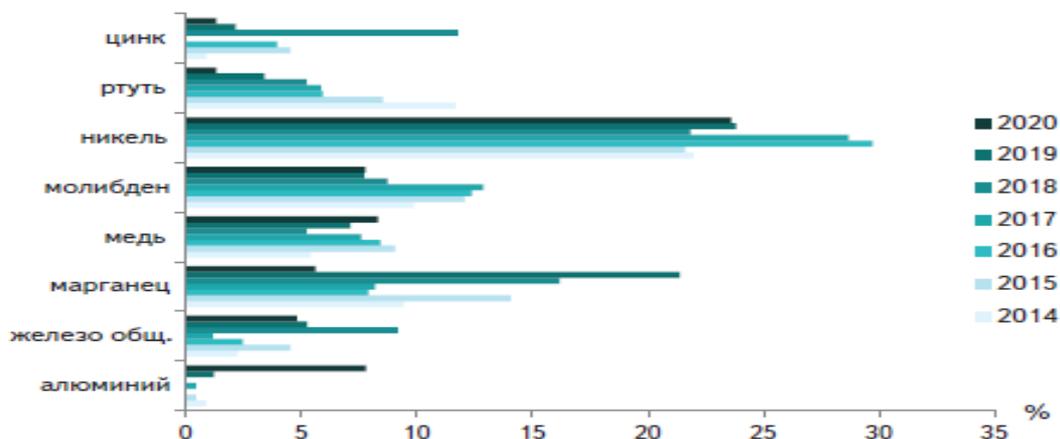


Рис. 5. Распределение числа случаев ВЗ и ЭВЗ по ингредиентам (в % от общего количества случаев ВЗ и ЭВЗ Арктической зоны Российской Федерации). Источник: данные Росгидромета

В течении последних 10 лет наибольшее количество зарегистрированных случаев на территории Арктической зоны РФ ВЗ и ЭВЗ приходится на Мурманскую область – около 75% от всех случаев. Так показатель количества случаев в

2020 г. был зафиксирован на уровне 170 и ЭВЗ – 106, превысив суммарно показатель 2014 г. (181 случай) более чем в 1,5 раза. Второе место занимает ЯНАО – менее 10 % и 33 зарегистрированных случаев в 2020 г. (табл. 3)

Таблица 3

Распределение случаев ВЗ и ЭВЗ по субъектам Арктической зоны РФ за период 2014–2020 гг.

| Регион | 2014 ЭВЗ+ВЗ= всего | 2015 ЭВЗ+ВЗ= всего | 2016 ЭВЗ+ВЗ= всего | 2017 ЭВЗ+ВЗ= всего | 2018 ЭВЗ+ВЗ= всего | 2019 ЭВЗ+ВЗ= всего | 2020 ЭВЗ+ВЗ= всего |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Мурманская область | 45+136=181 | 46+107=153 | 56+100=156 | 50+102=152 | 41+91=132 | 113+63=176 | 106+170=276 |
| ЯНАО | 10+18=28 | 15+22=37 | 10+21=31 | 0+7=7 | 42+54=96 | 39+62=101 | 8+25=33 |
| НАО | 0+1=1 | 3+2=5 | 1+2=3 | 4+1=5 | 0 | 1+5=6 | 22+3=25 |
| г. Воркута | 0 | 0 | 0+1=1 | 0 | 0+1=1 | 1+11=12 | 0+1=1 |
| Архангельская область | 0+9=9 | 0+2=2 | 0+7=7 | 0+6=6 | 0 | 3+2=5 | 0+10=10 |
| Красноярский край | 0+4=4 | 0+2=2 | 0+2=2 | 0+1=1 | 0 | 15+8=23 | 11+17=28 |
| Республика Саха (Якутия) | 0 | 0 | 0+1=1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Чукотский АО | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Республика Карелия | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Всего: | 55+168=223 | 64+135=199 | 68+134=202 | 54+117=171 | 83+146=229 | 172+151=323 | 147+226=373 |

Источник: данные Росгидромета

Состояние уровня загрязнения земельных ресурсов

Основная доля разрушения земель происходит за счет обустройства участков для добычи полезных ископаемых, работам связанных с ГРП, которые разрушают поверхностный слой почв и приводит к смещению экологического равновесия. В 2020 г. было нарушено земельных ресурсов на территории Арктической зоны РФ более 231 Гга, основная часть земель (более 70%) приходится на ЯНАО – более 164 Гга. [5] Так же сохраняется динамика сокращения доли рекультивированных земель в общей площади земель в Арктической зоне РФ и в 2020 г. этот показатель сократился до уровня 3.3%. (рис. 6)

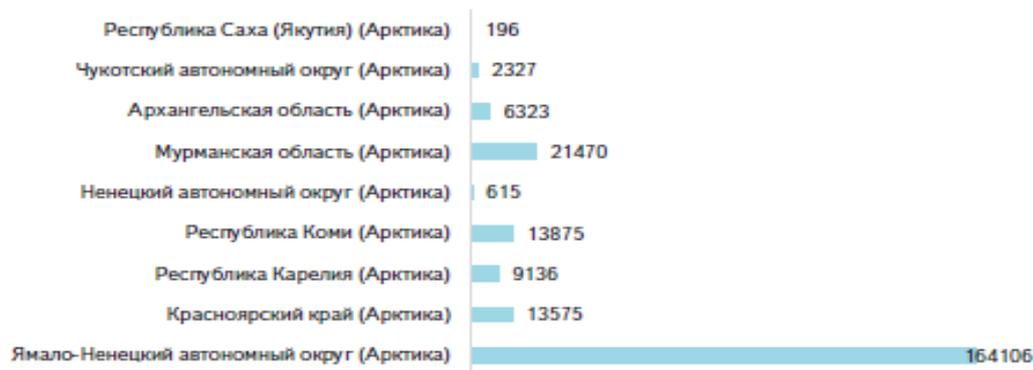


Рис. 6. Нарушено земель в Арктической зоне Российской Федерации на 31.12.2020, в разбивке по субъектам, га. Источник: данные Росгидромета

Заключение

Деятельность направленные на сохранение экологической системы Арктической зоны

Основной программой, направленной на сохранение экологической системы Арктической зоны РФ, является программа «охрана окружающей среды», в которую входит подпрограмма «Биологическое разнообразие России». В 2020 г. суммарно было потрачено 38 187,8 млн руб., половина из которых была направлена на обращение с отходами, около трети на сбор и очистку сточных вод и 10 % на охрану атмосферного воздуха и предотвращение изменения климата (табл. 4).

Суммарно в 2020 г. на охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов было инвестировано 19 157,3 млн руб., большую часть (более 35%) было направлено инвестиций в Красноярский край. На охрану и рациональное использование водных ресурсов инвестиции составили 3 351,1 млн руб., около 40% которых пришлось на ЯНАО; на охрану атмосферного воздуха 12 846,9 млн руб. (5 502,3 млн руб. в Красноярский край, 4 135,1 млн руб. в ЯНАО); на охрану и рациональное использование земель 1 180,9 млн руб.; на рекультивацию земель, включая приведение земель, нарушенных торфоразработками, в состояние, пригодное для использования по назначению 362,8 млн руб.; на охрану окружающей среды от загрязнения отходами производства и потребления 2 033,4 млн руб. [6]

Таблица 4

Инвестиции в основной капитал, направленные на охрану и рациональное использование природных ресурсов, по направлениям природоохранной деятельности в 2020 г. в АЗРФ (тыс. руб.)

| Регион | Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов, всего | Охрана и рациональное использование водных ресурсов | Охрана атмосферного воздуха | Охрана и рациональное использование земель | Рекультивация земель, включая приведение земель, нарушенных торфоразработками, в состояние, пригодное для использования по назначению | Охрана окружающей среды от загрязнения отходами производства и потребления |
|---------------------------------|--|---|-----------------------------|--|---|--|
| Республика Карелия | 19255 | 16807 | - | 2296 | - | - |
| Республика Коми | 3043144 | 164222 | 2973625 | 13083 | 13050 | 779556 |
| Архангельская область | 722758 | 427606 | 42737 | 190745 | - | 38315 |
| Ненецкий автономный округ | 63574 | 25259 | - | - | - | 38315 |
| Мурманская область | 2067809 | 410382 | 192760 | 731617 | 151106 | 701085 |
| Ямало-Ненецкий автономный округ | 5950136 | 1347978 | 4135097 | 239113 | 196563 | 134568 |
| Красноярский край | 6959436 | 931337 | 5502302 | - | - | 340731 |
| Республика Саха (Якутия) | 9808 | 9808 | - | - | - | - |
| Чукотский автономный округ | 321353 | 17646 | 462 | 4077 | 2120 | 831 |

Источник: данные Росгидромета

Благодарности

Настоящее исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 20-010-00699 и базового проекта лаборатории 1105 ИНГГ СО РАН № FWZZ-2022-0029

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Проворная И.В., Эдер Л.В., Филимонова И.В., Немов В.Ю. Устойчивые тенденции развития нефтепереработки в России: региональная и организационная структура отрасли // Проблемы экономики и управления нефтегазовым комплексом. – 2019. – № 1 (169). – С. 20-30.
2. Филимонова И.В., Эдер Л.В., Проворная И.В., Комарова А.В. Закономерности истощения запасов нефти и газа в России и прогноз их воспроизводства // Экологический вестник России. – 2018. – № 4. – С. 1-9.
3. Эдер Л.В., Филимонова И.В., Немов В.Ю., Проворная И.В. Состояние и перспективы развития нефтегазового комплекса // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. – 2017. – № 3. – С. 41-49.
4. Российский статистический ежегодник. 2021: Стат.сб./Росстат. – Р76 М., 2021 – 692 с.
5. О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2020 году. Государственный доклад. — М.: Минприроды России; МГУ имени М.В. Ломоносова, 2021. — 864 с.
6. Обзор состояния и загрязнения окружающей среды в Российской Федерации за 2020 год: Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды / Росгидромет, 2021 г. – 205 с.

© М. В. Мишенин, 2022