

Развитие территорий. 2023. № 4. С. 28—39.  
*Territory Development*. 2023;(4):28—39.

Экономические исследования

Научная статья  
УДК: 502.17(1/9)  
DOI: 10.32324/2412-8945-2023-4-28-39

### РЕГИОНЫ СИБИРИ С НАПРЯЖЕННОЙ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ СИТУАЦИЕЙ: ПРИЧИНЫ И РЕШЕНИЯ

**Ольга Петровна Бурматова**

Институт экономики и организации промышленного производства Сибирского отделения Российской академии наук, Новосибирск, Российская Федерация, burmatova@ngs.ru

**Аннотация.** В статье проанализированы причинно-следственные связи в территориальных эколого-экономических системах Сибири, в которых техногенная нагрузка максимально приближается или даже выходит за пределы экологической емкости соответствующих территорий. Среди таких территорий выделены прежде всего нефтегазо-промышленные районы Западной Сибири, Кузбасс (Кемеровская область), Норильский промышленный район, территория Среднего Енисея — Приангарья и озеро Байкал. Предложены природоохранные меры, реализация которых могла бы обеспечить оздоровление экологической ситуации в данных регионах.

**Ключевые слова:** охрана окружающей среды, техногенная нагрузка, экологические вызовы, накопленный вред природной среде, загрязнение окружающей среды, здоровье людей

**Благодарности:** Статья подготовлена по плану НИР ИЭОПП СО РАН, проект 5.6.3.2. (0260-2021-0006) «Региональное и муниципальное стратегическое планирование и управление в контексте модернизации государственной региональной политики и развития цифровой экономики».

**Для цитирования:** Бурматова О. П. Регионы Сибири с напряженной экологической ситуацией: причины и решения // Развитие территорий. 2023. № 4. С. 28—39. DOI: 10.32324/2412-8945-2023-4-28-39.

Economic research

Original article

### REGIONS OF SIBERIA WITH A TENSE ENVIRONMENTAL SITUATION: CAUSES AND SOLUTIONS

**Olga P. Burmatova**

Institute of the Economics and Industrial Engineering of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russian Federation, burmatova@ngs.ru

**Abstract.** The article is devoted to the analysis of cause-and-effect relationships in the territorial ecological and economic systems of Siberia, in which the technogenic load is as close as possible to or even goes beyond the ecological capacity of the respective territories. Among such territories, first of all, oil and gas producing regions of Western Siberia, Kuzbass (Kemerovo region), Norilsk industrial region, the territory of the Middle Yenisei — Angara and Lake Baikal are singled out. Environmental measures are proposed, the implementation of which could ensure the improvement of the ecological situation in these regions.

**Keywords:** environmental protection, technogenic load, environmental challenges, accumulated damage to the natural environment, environmental pollution, human health

**Acknowledgments:** The article was prepared according to the plan of the research and development work of the IEPP, SB RAS in the framework of Project 5.6.3.2. (0260-2021-0006) «Regional and municipal strategic planning and management in the context of modernization of state regional policy and development of the digital economy».

**For citation:** Burmatova O.P. Regions of Siberia with a tense environmental situation: causes and solutions. *Territory Development*. 2023;(4):28—39. (In Russ.). DOI: 10.32324/2412-8945-2023-4-28-39.

## Введение

Формирование экологической ситуации в регионах Сибири происходит преимущественно под влиянием двух групп факторов: во-первых, неблагоприятных природно-климатических условий и, во-вторых, негативных антропогенных (прежде всего хозяйственных) воздействий. Среди неблагоприятных природно-климатических условий следует выделить прежде всего широкое распространение в большинстве сибирских регионов неустойчивых ландшафтов и высокой чувствительности экосистем к внешним воздействиям, что негативно отражается на ассимиляционных способностях природной среды. Например, в Восточной Сибири ассимиляционный потенциал атмосферы в два раза ниже по сравнению с регионами европейской части России [1]. По этим причинам в регионах Сибири в значительной мере складывается (при прочих равных условиях) более напряженная экологическая ситуация по сравнению с европейской частью страны. Эти особенности Сибирского региона фактически не учитывались при освоении его территории в советский период и, как правило, игнорируются в настоящее время.

Недостаточно внимания экологическим факторам уделялось и при выборе вариантов размещения новых промышленных объектов (как правило, крупномасштабных, а нередко и уникальных по мощности производств), а также при развитии существующих и формировании новых городов. Кроме того, выборочный характер освоения сибирской территории привел к высокой концентрации производства и населения в отдельных территориально-производственных образованиях (Омский, Центрально-Красноярский, Канско-Ачинский, Братско-Усть-Илимский, Иркутско-Черемховский, Новокузнецкий, Норильский и др.), что сопровождалось ростом нагрузки на окружающую природную среду и формированием на территории Сибири целого ряда проблемных регионов с напряженной экологической ситуацией [2, с. 327—343].

К регионам Сибири с наиболее остротой экологической ситуацией можно отнести прежде всего территории нефтегазодобывающих районов и Кузбасс (Кемеровская область) в Западной Сибири и регионы Норильска, Среднего Енисея — Приангарья и озера Байкал — в Восточной Сибири. Основное внимание в работе сконцентрировано на характеристике названных регионов с позиций выявления причинно-следственных связей в соответствующих территориальных эколого-эконо-

мических системах, анализе причин возникновения экологических проблем и предложениях по возможным путям их решения.

## Регионы Сибири с наиболее острой экологической ситуацией

**Нефтегазопромысловые районы Западной Сибири.** Экологические проблемы нефтегазопромысловых районов Западной Сибири в значительной мере связаны с суровыми природно-климатическими условиями данной территории, которые усугубляют негативные последствия воздействия хозяйственной деятельности на окружающую природную среду из-за замедленных процессов ее естественного восстановления, о чем пишут многие исследователи [2—4 ; 5, с. 109—110 ; 6 ; 7]. Проблемы нарушения окружающей природной среды в данных районах могут возникать на всех технологических этапах добычи и потребления нефти и газа, включая бурение, обустройство и эксплуатацию скважин; добычу; транспортировку (строительство и эксплуатацию нефте- и газопроводов); хранение, переработку и сбыт нефти, газа и продуктов их переработки, а также могут быть вызваны потерями сырья (технологическими и аварийными) и попаданием опасных химических веществ в окружающую природную среду, значительной изношенностью трубопроводных сетей и риском аварий. Не менее 5 % добытой нефти теряется при осуществлении технологических операций от добычи до потребления.

Серьезными причинами нарушения состояния окружающей природной среды в нефтегазодобывающих районах Западной Сибири могут стать возможные аварии на нефте- и газопроводах, а также разливы нефти при ее добыче на месторождениях и сжигание попутного нефтяного газа в факелах. Разливы нефти и высокоминерализованной пластовой воды на рельеф приводят к уничтожению растительного покрова и загрязнению водных объектов в результате попадания нефти в водоемы. Попадание нефти в водные объекты, как отмечают специалисты, создает высокий риск загрязнения систем водоснабжения населенных пунктов, нанесения ущерба водным биогеоценозам, в том числе крайне негативно отражается на состоянии рыбных запасов [5 ; 8]. В целом воздействие нефтегазодобывающей промышленности на окружающую среду разнообразно и приводит к тяжелым экологическим последствиям, что требует проведения серьезных природоохранных мероприятий (таблица).

**Воздействие объектов нефтегазодобывающего комплекса на окружающую среду, экологические последствия и требуемые природоохранные мероприятия\***  
*The impact of oil and gas production facilities on the environment, environmental consequences and required environmental measures\**

Вид воздействия	Последствия	Природоохранные мероприятия
Создание шламоотстойников для сброса буровых растворов	Замазучивание почв и постоянное загрязнение грунтовых вод растворимыми компонентами буровых растворов	Обеспечение гидроизоляции стенок и днища шламовых амбаров Своевременная ликвидация шламовых амбаров после окончания бурения скважин
Нарушение почвенно-растительного покрова	Ущерб почвенно-растительному покрову, в тундровых зонах, в период разведки и обустройства месторождений в связи с недостаточным количеством подвижной техники с уменьшенной удельной нагрузкой на грунт, а также при прокладке магистральных трубопроводов Уничтожение почвенного покрова в условиях вечной мерзлоты Разрушение грунта Образование провалов и ям, заполняемых водой Возникновение эрозии почв Заболачивание территории Уничтожение почвенного покрова при прокладке газовых трасс	Проведение мероприятий по рекультивации нарушенных земель (и не только в пределах площади отвода) Использование подвижной техники с уменьшенной удельной нагрузкой на грунт (в том числе на воздушной подушке)
Проливы нефти и подтоварной воды	Загрязнение водных объектов нефтепродуктами и компонентами буровых растворов Смыв нефтепродуктов в водоемы внешними и паводковыми водами с участков нерекультивированных замазученных земель Ухудшение качества воды, нарушение водных экологических систем**, угнетение водных организмов, в том числе рыбы	Обеспечение герметичности производственных трубопроводных систем Предотвращение смыва нефтепродуктов с производственных площадок и других путей утечки нефти Недопущение попадания нефтепродуктов в водные объекты и своевременный сбор нефти и нефтепродуктов с поверхности воды Мероприятия по профилактике аварийных сбросов в водоемы
Выбросы летучих углеводородов в результате технологических потерь и аварий	Загрязнение атмосферного воздуха выбросами летучих углеводородов Эмиссия парниковых газов	Предотвращение потерь добываемого природного газа и сжигания попутного нефтяного газа в факелах, а также выбросов в атмосферу локальных и централизованных тепловых и энергетических систем и транспорта Мероприятия по профилактике аварийных выбросов
Прорывы трубопроводов	Разливы нефти и высокоминерализованной пластовой воды на рельеф, уничтожение растительного покрова Загрязнение водных объектов в результате попадания нефти в водоемы	Проведение мероприятий по усилению контроля за состоянием трубопроводов

\* Составлено автором.

\* *Compiled by the author.*

\*\* 1 г нефти убивает все живое в 1 м<sup>3</sup> воды. Установлено, что 1 т нефти образует на поверхности воды пленку на площади в 12 км<sup>2</sup>, которая нарушает газообмен между воздухом и водой. Концентрация нефтепродуктов в объеме 1,2 мг/л воды смертельна для икры и личинок рыб.

Интенсивное освоение районов Арктической зоны Западной Сибири сопровождается ускоренной деградацией ландшафтов, в результате которой нарушается и исчезает растительный покров, что, в свою очередь, приводит к заболачиванию территории, возникновению термоэрозии, карста, образованию просадок и т. д. [7 ; 9]. Например, в Ямало-Ненецком автономном округе такая деградация уже коснулась не менее 50 % экосистем региона, которые претерпели существенные изменения или исчезли. В будущем это чревато дальнейшим разрушением природных систем, а впоследствии может привести к нарушению лишайникового покрова, что не только создает риски для природных экосистем Севера, но и может нарушить экономические основы жизни коренного населения. В Ханты-Мансий-

ском автономном округе значительная часть добываемого попутного нефтяного газа (до 20 %) сжигается в факелах, загрязняя воздушный бассейн.

От деятельности нефтегазодобывающих предприятий, отходящие стоки которых содержат нефтепродукты, фенолы, соли тяжелых металлов и другие вредные вещества, страдают и водные объекты. В результате в реках Обь, Иртыш и их притоках постоянно снижаются запасы и, соответственно, уловы наиболее ценных видов рыб, прежде всего таких, как осетр, стерлядь, нельма, муксун, сиг, пелядь и др. Ежегодные потери рыбных ресурсов в данном бассейне оцениваются величиной не менее 30—35 тыс. т. За последние 30 лет это привело к трехкратному сокращению ежегодного улова рыбы.

Учитывая, что нефтегазодобывающая промышленность из-за истощения запасов ресурсов постепенно перемещается в более северные районы, все перечисленные проблемы имеют риск дальнейшего усугубления из-за снижения ассимиляционного потенциала природной среды. Это обуславливает необходимость перехода к более передовым технологиям бурения скважин, добычи и переработки сырья (в частности, технология безамбарного бурения позволяет «на 30 % снизить общий объем отходов бурения, на 20 % уменьшить объем жидких отходов, на 30 % сократить размеры кустовых площадок и на 10 % оптимизировать затраты на их строительство» [10]. Следует также принимать во внимание проблему накопленного в регионе ущерба окружающей среде в результате прошлой хозяйственной деятельности и необходимость его последовательной ликвидации.

**Кузбасс (Кемеровская область).** Производственная структура Кемеровской области (Кузбасса) включает отрасли экономики (угольная промышленность, черная металлургия, алюминиевое и химическое производство, теплоэнергетика на угле), которые относятся к числу экологически опасных. Кроме того, как отмечается в Докладе Министерства природных ресурсов и экологии Кузбасса, «особенности климата и географического расположения Кемеровской области — Кузбасса способствуют тому, что большая часть промышленных выбросов загрязняющих веществ не рассеивается в атмосферном воздухе,

а осаждается в Кузнецкой котловине, при этом образуется фотохимический смог, который оказывает негативное влияние на здоровье населения» [11, с. 15]. Не случайно, по мнению ученых, Кузбасс «относится к числу самого загрязненного с точки зрения состояния воздушного бассейна региона Западной Сибири. Причинами напряженной экологической ситуации является не только высокая территориальная концентрация производства в отдельных населенных пунктах и размещение экологически опасных предприятий в непосредственной близости от жилых массивов, но и фактор расположения городов в пределах ограниченного пространства межгорных котловин, а также преобладание в данном регионе антициклонов, способствующих накоплению загрязнения» [2, с. 327—343].

Среди других экологических проблем региона можно назвать недостаток водных ресурсов и их низкое качество, риск подтопления и затопления населенных пунктов, свалки и объекты накопленного вреда окружающей среде, а также проблемы, связанные с использованием земельных ресурсов (включая рекультивацию земель, нарушенных открытой добычей угля), и охраной лесов.

Эмиссия выбросов предприятий Кемеровской области в 2021 г. составила 1,67 млн т (в 2020 г. было 1,68 млн т, в 2019 г. — 1,83 млн т) загрязняющих веществ (рис. 1). Это больше, чем объем выбросов всего Северо-Западного федерального округа, который по площади территории в 18 раз превосходит площадь Кузбасса.



Рис. 1. Динамика выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух (тыс. т) в Кемеровской области [12, с. 525]  
Dynamics of pollutant emissions into the atmospheric air (thousand tons) in the Kemerovo Oblast [12, p. 525]

Основные города Кузбасса Кемерово и Новокузнецк уже в течение многих лет включаются в список городов России, в которых регистрируются наиболее высокие показатели выбросов загрязняющих веществ в воздушную среду. На территориях данных городов основная часть атмосферных выбросов приходится на объекты угольной энергетики и черной металлургии

(более 90 %) [11]. Преобладающими ингредиентами в выбросах в названных городах являются диоксид азота, бенз(а)пирен, сероуглерод, формальдегид, аммиак, фтористый водород, углеводороды. В этих городах, по данным за 2022 г., наблюдается особенно высокий уровень загрязнения атмосферного воздуха бенз(а)пиреном (рис. 2).

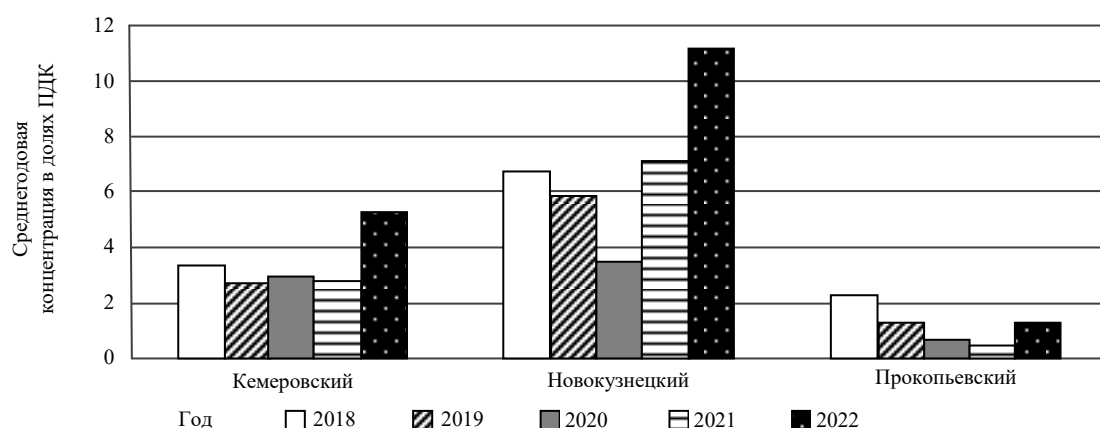


Рис. 2. Среднегодовой уровень загрязнения атмосферного воздуха городских округов Кемеровской области — Кузбасса бенз(а)пиреном [11, с. 18]

*Average annual level of atmospheric air pollution of urban districts of the Kemerovo Oblast — Kuzbass with benz(a)pyrene [11, p. 18]*

С 2018 по 2022 г. выбросы бенз(а)пирена выросли в Кемерово на 156 % [11, с. 22], а в Новокузнецке — на 165 % (рис. 3).

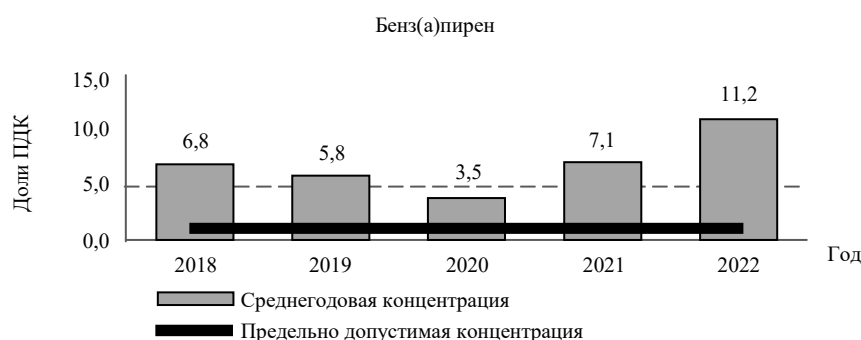


Рис. 3. Изменение среднегодовых концентраций бенз(а)пирена в г. Новокузнецке в долях ПДК [11, с. 26]

*Change in annual average concentrations of benz(a)pyrene in Novokuznetsk in fractions of MAC [11, p. 26]*

В 2022 г. Росприроднадзор включил Новокузнецк в тройку российских городов-антилидеров по объемам выбросов вредных веществ в атмосферу (263 тыс. т) после Череповца (270 тыс. т) и Норильска (1,8 млн т) [13].

Кемеровская область занимает первое место в СФО и стране в целом по образованию твердых отходов, большая часть которых не утилизируется. В регионе более 99 % объема промышленных отходов приходится на долю объектов угледобычи и обогатительных фабрик. Вклад обрабатывающих и других производств составляет 0,69 и 0,3 % отходов соответственно, доля твердых коммунальных отходов — 0,04 % [14]. При этом в отходах угледобычи содержатся зола, сера, а также такие естественные радионуклиды, как радий-226, торий-228, калий-40 и продукты их деления.

Ухудшение состояния окружающей среды в Кузбассе [11 ; 12] сопровождается и ухудшением условий жизни и здоровья людей. Выход загрязняющих веществ в среднем на одного жителя региона составляет 662 кг/год, а за последние 5 лет объем эмиссии загрязнений только от стационарных источников вырос на 167 кг/год. Для сравнения следует заметить, что в 2018 г. данный

показатель находился на уровне 220 кг/год в среднем по России [15].

В городах Кузбасса (Новокузнецк, Кемерово и Прокопьевск) установлен повышенный риск возникновения онкологических заболеваний (из-за загрязнения воздушного бассейна бенз(а)пиреном, сажей, формальдегидом), а также болезней органов дыхания и крови, высок риск системных нарушений организма. Так, смертность среди населения Кузбасса выше, чем в среднем по России, на 16 % (1 425,7 против 1 228,1 на 100 тыс. человек в 2019 г.). С 2003 по 2019 г. данный показатель в регионе заметно увеличился за счет роста злокачественных новообразований — с 208,94 на 100 тыс. человек в 2003 г. до 240,8 в 2019 г.

По официальной статистике, смертность от болезней органов дыхания в Кемеровской области за последние более 30 лет почти на 25 % выше, чем в среднем по России, и составляет в Кузбассе 76 случаев на 100 тыс. человек против 59 случаев на 100 тыс. человек по стране [16 ; 17].

В последние годы предпринимаются серьезные усилия по оздоровлению экологической ситуации в регионе как на федеральном, так и на региональном уровнях. В частности, Кузбасс входит в целый ряд федеральных экологических про-

грамм («Чистый воздух», «Чистая страна» и другие в рамках Национального проекта «Экология»), а также в регионе реализуется комплекс природоохранных мероприятий в рамках региональных планов и проектов [11, с. 33—36, 57, 63—64].

**Норильский промышленный район.** Норильский промышленный район на протяжении многих десятилетий держит пальму первенства как в России, так и в мире по выбросам в атмосферный воздух сернистых соединений (более 1,8 млн т в 2022 г.), на долю которых в течение многих лет приходится около 17 % мировой эмиссии серы [18]. Основными источниками загрязнения окружающей среды являются производственные объекты Заполярного филиала ПАО ГМК «Норильский никель» [2; 19]. Показатели превышения ПДК в атмосфере Норильска составляют: по сернистому ангидриду — около 30 раз, диоксиду азота — 24 раза, формальдегиду — почти 100 раз [20]. Свой вклад в усугубление экологической ситуации вносит и размещение города в условиях горного рельефа (город окружен Норильскими и Талнахскими горами, достигающими 800—900 м), что препятствует рассеиванию вредных веществ в атмосфере [19, с. 24].

Жители Норильска и прилегающих к нему населенных пунктов (это почти 99 % населения Таймырского автономного округа) вынуждены жить в условиях не только высокого уровня загрязнения атмосферного воздуха, но и неудовлетворительного состояния водных объектов. Так, реки в зоне влияния промышленности г. Норильска характеризуются высокой концентрацией загрязнения воды соединений меди. Так, в устье р. Щучья, где организован сброс сточных вод предприятий «Норникеля», концентрация соединений меди в воде превышает ПДК более чем в 1 000 раз. Также высоки концентрации в воде ионов никеля, кобальта и других металлов.

Ситуация с состоянием водных ресурсов в регионе значительно ухудшилась после техногенной катастрофы на ТЭЦ-3 (принадлежит дочерней компании «Норникеля» — АО «Норильско-Таймырская энергетическая компания» — АО НТЭК) в конце мая 2020 г., когда в водные объекты и почву попало более 21 тыс. т дизельного топлива (в том числе около 15 тыс. т оказались в воде). В результате допустимая концентрация вредных веществ была превышена в несколько десятков раз. Общая площадь загрязнения нефтепродуктами составила 180 тыс. м<sup>2</sup>. Большая часть топлива ушла по рекам Амбарная и Далдыкан в сторону Северного Ледовитого океана<sup>1</sup>. Нефтепродукты были обнаружены также в озере Пясино. Произошел замор большей части рыбных запасов в названных реках, а выжившая часть рыбы из-за превышения предельно допустимой концентрации вредных веществ в воде более 10 тыс. раз оказалась непригодной для употребления. Оче-

видно, что последствия аварии заметно ударят и по коренным народам Севера, чей образ жизни в значительной мере связан с выловом рыбы, естественная база существования которой оказалась подорванной. В то же время необходимо принимать во внимание и тот факт, что срок восстановления фауны и флоры в пострадавшем регионе оценивается специалистами в 80 лет, и это еще без поправки на суровый арктический климат. На наш взгляд, природной среде рассматриваемого региона нанесен беспрецедентный ущерб. По прогнозам экологов, из-за низких температур на восстановление экологического баланса в пострадавших водоемах уйдут многие десятки лет [3].

В целом негативному воздействию из-за утечки топлива подверглась вся акватория Норильско-Пясинской озерно-речной системы — от места аварии вниз по течению до Карского моря. Рыболовством «установлено, что разлив дизельного топлива оказал существенное влияние на среду обитания водных организмов, привел к загрязнению и гибели водных биоресурсов и ряду других негативных последствий» [21].

Данная авария была признана мировым сообществом как самая крупная не только в Арктике [20], но и в целом на суше. Нанесенный окружающей среде ущерб был оценен Росприроднадзором в 148 млрд руб., из которых «Норникель» по решению суда возместил 146 млрд руб.

Следует учитывать и то, что имеющиеся в Российской Федерации технологии не могут, к сожалению, обеспечить надежную защиту от последствий подобных аварий в долговременном аспекте, поскольку они позволяют обезвредить лишь верхнюю часть поверхности земли, включая береговую зону. Установленные в зоне аварии заграждения и нефтесборщики собирают только нефтяную пленку с поверхности воды и предназначены для улавливания сырой нефти. Однако дизельное топливо тяжелее и токсичнее нефти, поэтому какая-то его часть неизбежно осела на дно в виде токсичных отложений и будет десятилетиями отравлять водоемы. Экологическая катастрофа в Норильске, по мнению красноярских экологов, показала неспособность и неготовность даже такой крупной и финансово процветающей компании, как «Норильский никель»<sup>2</sup>, к ликвидации экологических последствий подобных аварий и «ставит под сомнение возможности безопасного освоения Арктики российскими компаниями в условиях не только вечной мерзлоты, но и огромной удаленности» [22].

Кроме того, по мнению экспертов, у «Норникеля» имеются и другие серьезные экологические проблемы в рассматриваемом регионе. В частности, речь идет о наличии отвалов, на которых накоплено до 20 % мышьяка и 20 % серы. Объем отходов на этих отвалах, по данным сайта Мин-

<sup>1</sup> Река Далдыкан — правый приток реки Амбарной, впадающей в крупное озеро Пясино. Из этого озера, в свою очередь, вытекает река Пясины, впадающая в Карское море.

<sup>2</sup> Глава компании «Норникель» Владимир Потанин в 2019 г. стал самым богатым человеком в России по версии Forbes с состоянием около \$20 млрд, а чистая прибыль компании за 2019 г. составила около \$6 млрд.

природы Красноярского края, составляет до 1 млрд т [3, с. 43].

Высокий уровень загрязнения воздушного бассейна катастрофично сказывается на состоянии лесов вокруг Норильска, гибель которых фиксируется на территории с радиусом более 100 км вокруг города, а неудовлетворительное состояние лесных систем наблюдается на площади в 24 тыс. км<sup>2</sup> [23]. Загрязнение воздушного бассейна запускает в природной системе петлю отрицательной обратной связи, в результате которой ухудшение состояния природных систем приводит к замедлению роста деревьев, что, в свою очередь, влияет на количество углерода, который мог бы быть поглощен массивами северных лесов и, соответственно, ведет к нарушению глобального углеродного цикла. В то же время мировой опыт свидетельствует о том, что проблема взаимосвязи выбросов сернистых соединений в атмосферный воздух и обусловленных ими усыхания и гибели лесов вполне решаема, что подтверждает, в частности, положительный пример североамериканских стран.

В целом экологические проблемы Норильска во многом обусловлены отсутствием в регионе долгосрочного и текущего экологического мониторинга и контроля со стороны надзорных органов, низкими темпами замены устаревшего оборудования (в том числе природоохранного) экологически безопасным, недостаточным вниманием к экологическим проблемам основного источника загрязнения окружающей среды — компании «Норникель», попытками замалчивания случаев экологических аварий и т. д. Неблагополучное состояние окружающей среды в Норильском промышленном регионе создает повышенную опасность вредных выбросов и других негативных воздействий на природную среду прежде всего для здоровья людей<sup>1</sup>, проживающих в сложных экстремальных природных условиях; сопровождается повреждением и гибелью лесов; имеет следствием воздействие эмиссий соединений серы в результате трансграничных переносов не только на соседние территории, но и страны Северной Европы (особенно Норвегию и Финляндию); вызывает озабоченность мирового сообщества нарастающим загрязнением Арктики.

**Территории Среднего Енисея и Приангарья.** Территория Среднего Енисея и Приангарья (Братско-Илимский и Иркутско-Черемховский районы Иркутской области, а также часть Красноярского края, включающая Центрально-Красноярский район и Нижнее Приангарье) характеризуется преобладанием таких экологически опасных отраслей экономики, как цветная металлургия, лесная и лесоперерабатывающая, целлюлозно-бумажная, горнодобывающая промышлен-

ность, теплоэнергетика на буром угле и крупномасштабная гидроэнергетика с водохранилищами.

Экологические проблемы данной территории были в основном заложены в советский период при ее хозяйственном освоении, сопровождавшемся созданием объектов-гигантов, строительством каскадов крупных ГЭС на реках Ангара и Енисей при игнорировании требований рационального использования лесных ресурсов, загрязнении воздушного и водного бассейнов в местах концентрации производства и населения, нарушении земель в результате открытой добычи угля и других природных ресурсов и т. д. Все это наложило отпечаток и на современные экологические проблемы, которые не только сохраняют свою актуальность, но и усугубляют их остроту [2; 24]. К их числу можно отнести ртутное загрязнение Братского водохранилища, а также ухудшающееся в динамике качество воды в других водохранилищах Ангаро-Енисейского каскада ГЭС; ухудшение состояния лесов и потеря древесины в результате негативного воздействия пожаров и болезней леса; нерациональное использование лесных ресурсов, значительные потери древесины на всех стадиях ее заготовки, транспортировки и переработки и др.

Особое беспокойство вызывает ртутное загрязнение Братского водохранилища из-за попадания в него по реке Ангара сточных вод, содержащих ртуть, из района Усоля-Сибирского и Саянска в результате ее накопления на бывших промышленных площадках комбинатов «Усоляхимпром» и «Саянскхимпром» (производство хлора и каустика на основе ртутного электролиза<sup>2</sup>). После ряда серьезных аварий на брошенной промплощадке бывшего «Усоляхимпрома» в 2018 г. в регионе был введен режим чрезвычайной ситуации<sup>3</sup>.

Сброс сточных вод, содержащих ртуть, приводит к загрязнению ртутью донных отложений, транзиту ртути вниз по течению Ангары. Ртутное загрязнение воды сопровождается интенсивным накоплением ртути в рыбе, которое прослеживается от г. Усоля-Сибирское до Братского водохранилища включительно. В настоящее время концентрация ртути в рыбе данного водохранилища превышает допустимые пределы и среднее содержание ртути в рыбе в 20—30 раз по сравнению с рыбой озера Байкал и Иркутского водохранилища [2].

Учитывая печальный опыт Усоляхимпрома, в конце 2021 г. был принят Федеральный закон

<sup>1</sup> Воздействие диоксида серы в концентрациях выше предельно допустимых может приводить, в частности, к существенному росту различных болезней дыхательных путей, воздействовать на слизистые оболочки, вызывать воспаление носоглотки, бронхиты, кашель, хрипоту и боль в горле.

<sup>2</sup> Установлено, что ртуть может накапливаться также в растениях (не только в листьях, но и в корнях, стеблях и плодах). Воздействие ртути даже в небольших количествах может вызывать серьезные проблемы со здоровьем и представляет угрозу для внутриутробного развития плода и развития ребенка на ранних стадиях жизни. Ртуть может оказывать токсическое воздействие на нервную, пищеварительную и иммунную системы, а также на легкие, почки, кожу и глаза [25].

<sup>3</sup> Правительство Российской Федерации 21 августа 2020 г. назначило компанию «Федеральный экологический оператор» (ФГУП «ФЭО») единственным исполнителем работ по ликвидации последствий аварии на данном опасном объекте Иркутской области.

от 30 декабря 2021 г. № 446-ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон „Об охране окружающей среды“ и отдельные законодательные акты Российской Федерации», который вводит ответственность собственников опасных предприятий за ликвидацию объектов накопленного вреда. В соответствии с данным законом собственники предприятий обязаны ликвидировать последствия негативного воздействия на окружающую среду в случае вывода из эксплуатации экологически опасных объектов. Причем за пять лет до такого вывода собственник должен разработать план мероприятий (и иметь его финансовое обеспечение) по ликвидации нанесенного и накопленного ущерба окружающей природной среде, а также по данному плану требуется проведение государственной экологической экспертизы.

Строительство Ангаро-Енисейских ГЭС особенно широко известно своими негативными последствиями из-за затопления значительных по площади территорий и их неудовлетворительной подготовки. Так, наибольшие потери древесины были допущены при строительстве Братской, Усть-Илимской, Красноярской и Саяно-Шушенской ГЭС.

В частности, при заполнении водохранилища Усть-Илимской ГЭС было затоплено 154,9 тыс. га земель, в том числе 31,8 тыс. га сельхозугодий, переселению подвергся 61 населенный пункт с общей численностью жителей 14,2 тыс. человек, вырублено 11,9 млн м<sup>3</sup> леса. «В ходе заполнения Братского водохранилища затоплено более 100 деревень и не менее 70 хозяйственно освоенных островов. Запас древесины в лесах, ушедший под воду, составил 40 млн м<sup>3</sup>, половина которого к моменту затопления так и остался не вывезен [осталась не вывезена]. При строительстве Красноярской ГЭС затоплено 120 тыс. га сельхозугодий, Саяно-Шушенской ГЭС — 35,6 тыс. га (2,2 млн м<sup>3</sup> древесины ушло под воду). В зоне затопления и подтопления Иркутского водохранилища оказалось 138,6 тыс. га, в том числе 32,3 тыс. га земель сельхозназначения, более 200 населенных пунктов, участок шоссейной дороги Иркутск — Листвянка и железнодорожная линия» [24, с. 11].

При заполнении ложа Богучанского водохранилища (в 2012 г.) многие из названных ошибок не были учтены. «При запуске Богучанской ГЭС даже на минимально возможной отметке водохранилища в 185 метров под воду уже ушло около 150 тыс. га земель, из которых более 130 тыс. составили площади лесного фонда. Только лишь на 10 % данной территории перед затоплением леса были вырублены. Всего в зоне затопления вырублено 17 тыс. га леса (6 % от всей территории суши зоны затопления). На специальных участках также были обнаружены территории, где лес был срублен, но не вывезен, а оставлен в поваленном виде непосредственно на месте рубки (на некоторых участках количество брошенной древесины достигает запаса 200 м<sup>3</sup>/га)» [24, с. 11—12]. Поскольку введение в строй Богу-

чанской ГЭС произошло в октябре 2012 г., когда основной потребитель ее продукции — Богучанский алюминиевый завод (БоАЗ) — еще не был сдан в эксплуатацию (завод пущен в строй только летом 2015 г.), то для качественной подготовки ложа водохранилища, оценки воздействия на окружающую среду (ОВОС) и проведения государственной экологической экспертизы было достаточно времени, тем более что выход завода на полную мощность состоялся только через три года.

Значительная часть древесины оказывается в воде также из-за нарушения технологических требований проведения лесосплавных работ как на водохранилищах, так и на впадающих в них реках.

В процессе эксплуатации водохранилищ происходит ухудшение вида и качества берегов, перемещение дна и устьевых участков рек. Эрозия береговой линии водохранилищ обуславливает появление на их берегах плавающей древесины, что в конечном счете отражается на качестве воды. Процессы переработки берегов водохранилищ связаны с возможностью возникновения оползней, осыпей, обвалов и т. п. Так, создание Иркутского, Братского и Усть-Илимского водохранилищ на реке Ангара способствовало возникновению или активизации многих процессов, среди которых выделяются оползни, карст, абразия и эрозия. Лесостепные районы Иркутского, Усть-Илимского, Красноярского, и особенно Братского, водохранилищ подвержены водно-эрозионному процессу, на их побережьях широко распространен эрозионно-балочный рельеф. В частности, на Братском водохранилище этот тип рельефа занимает площадь 650 км<sup>2</sup>.

Для всех ангарских водохранилищ активизация водно-эрозионных процессов с образованием промоин и оврагов обусловлена не только переработкой берегов, но и в значительной мере установившейся практикой уничтожения растительного покрова на берегах водохранилищ и другими причинами.

**Озеро Байкал.** Анализ состояния озера Байкал позволяет выделить комплекс причин, лежащих в основе экологического неблагополучия озера [2, с. 327—343 ; 4 ; 6 ; 12]. Остановимся на некоторых из них подробнее.

На состояние озера негативное воздействие оказало функционирование целлюлозно-бумажного комбината (ЦБК) в Байкальске (прекратил функционирование в конце 2013 г.), а также (в гораздо меньшей степени) целлюлозно-картонного комбината в Селенгинске. Несмотря на оснащение обоих комбинатов довольно мощными очистными сооружениями, в Байкал ежегодно поступало более 0,5 км<sup>3</sup> загрязненных сточных вод и в настоящее время продолжают сбрасываться стоки Селенгинским картонным комбинатом, которые негативно влияют на минерализацию воды в озере и изменяют его солевой состав. Основными ингредиентами в стоках являются характерные для названных производств



фенолы, сульфаты, хлориды, взвешенные вещества и другие виды загрязнения.

Байкальский ЦБК, несмотря на его закрытие, продолжает оставаться основным источником загрязнения воды озера<sup>1</sup>: сохраняет свою остроту проблема ликвидации накопленных за 40 лет отходов Байкальского ЦБК (более 6,2 млн т отходов) [26]. Для их хранения используются два полигона: Солзанский и Бабхинский, расположенные непосредственно на берегу озера, — суммарной площадью 154 га. По разным причинам работы по ликвидации и обезвреживанию накопленных опасных отходов пока не развернуты.

В последние годы к имеющимся экологическим проблемам озера Байкал добавились новые проблемы. К их числу следует в первую очередь отнести распространение в воде водоросли спирогиры, которая раньше была нетипична для озера, а теперь обитает в большом количестве на глубинах от полуметра до семи метров [1]. Особенно спирогира встречается в районах Листвянки, Северобайкальска, Баргузинского залива и Култука, где происходит массовый выброс гниющих водорослей на берег. Появление спирогиры связывают со сбросом хозяйственно-фекальных стоков, не проходящих очистку из-за отсутствия очистных сооружений в населенных пунктах, расположенных на берегах Байкала. Имеющиеся же очистные сооружения в Северобайкальске, Усть-Баргузине, Бабушкине, Слюдянке, Байкальске давно прекратили свое функционирование.

Проблемой номер один Байкала, на наш взгляд, остается (помимо необходимости модернизации существующего в его бассейне производства и снижения образования вредных стоков) практическое отсутствие очистных сооружений в населенных пунктах, расположенных на его берегах или на реках, впадающих в Байкал. Данная проблема требует первостепенного и незамедлительного решения.

Все перечисленные проблемы имеют антропогенный характер и приводят к формированию цепочек негативных изменений в экосистеме Байкала. Одно из наиболее значимых изменений — это гибель эпишуры, которая представляет собой вид наиболее многочисленных рачков, обитающих в планктоне и выступающих в качестве уникального фильтра по очистке воды Байкала. «Это основной потребитель планктонных водорослей, способен поглощать бактерии и является, таким образом, биологическим фильтром, обеспечивая чистоту байкальских вод <...> Именно этот рачок составляет обычную пищу для таких важных пелагических животных Байкала, как омуль, желтокрылый бычок, голомянка, также хищных беспозвоночных пелагического комплекса (циклопов и бокоплава-макрогектопуса)» [27]. По данным Лимнологического института СО РАН, в настоящее время в районе поселка Листвянка также поражены не менее 90 % ветви-

стых губок (любомирская байкальская), которые являются фильтрами прибрежных вод, потребляемыми из них мелкие планктонные организмы. Исчезновение данного вида губок (как и корковых губок) происходит вдоль всего побережья Байкала [6]. Наряду с этим наблюдается замедление темпов роста и снижения плодовитости многих байкальских рыб, а также нерпы.

Состояние озера Байкал во многом определяется наличием на окружающей его территории лесов, которые выполняют важные водоохраные функции, регулируя водный режим территории и предохраняя почвы от эрозии. Значительный ущерб лесам (от высыхания до полного уничтожения) нанесло функционирование Байкальского ЦБК, который выбрасывал в атмосферный воздух тысячи тонн различных вредных веществ, включая сернистый ангидрид, метилсернистые соединения, сероводород, хлор и многие другие. Спутниковые съемки зоны, прилегающей к Байкалу, свидетельствуют о значительных площадях пораженного выбросами Байкальского ЦБК темной хвойного леса (не менее 250 тыс. га).

Гидроэнергостроительство на реке Ангара (Иркутская, Братская, Усть-Илимская и Богучанская ГЭС) привело к нарушению уровня воды в реке и увеличению водного зеркала на 500 км<sup>2</sup>, что, в свою очередь, сопровождалось подтоплением и заболачиванием прибрежных территорий и абразией всей береговой линии Байкала. Данная проблема еще больше обострилась после заполнения водохранилища Богучанской ГЭС.

Большой вред Байкалу наносит неорганизованный туризм [28 ; 29], последствиями которого в условиях отсутствия необходимой инфраструктуры и превышения допустимой нагрузки (сегодня никто не сможет назвать точную численность диких туристов), а также хоть какого-то регулирования являются образование гор мусора на прилегающей к озеру территории, пожары из-за разведения костров в неположенных местах, нарушение почвы и растительности в результате неправильного размещения туристических стоянок, мелкое браконьерство и т. п., а также проезд и стоянка автомобильного транспорта вне дорог общего пользования. Одной из причин преобладания неорганизованного туризма на Байкале является, на наш взгляд, дороговизна отдыха из-за высоких цен на проживание в гостиницах и пансионатах, а также дорогие авиаперелеты. Развитие организованного туризма требует создание адекватной экологической и рекреационной инфраструктуры, включая строительство обустроенных кемпингов, хороших дорог, очистных сооружений, полигонов для складирования мусора и т. д.

В целом экологическая проблема озера Байкал является комплексной и требует системного подхода к ее решению. Принятые федеральные и региональные законодательные акты по Байкалу хотя и ставят необходимые ограничения на негативное воздействие антропогенной деятельности на экологические системы озера, однако для

<sup>1</sup> До своего закрытия комбинат ежегодно сбрасывал в Байкал от 27 до 49 млн т недостаточно очищенных сточных вод.

обеспечения их результативности требуется формирование адекватной экономической (в том числе финансовой) базы, которая бы мотивировала и стимулировала всестороннее решение экологических проблем Байкала.

### Заключение

Экологическую ситуацию в Сибири можно оценить как ситуацию, при которой в целом ряде регионов (главным образом с высокой концентрацией промышленности и населения) наблюдается значительное превышение нормативных уровней загрязнения окружающей природной среды, сопровождаемое резким ухудшением здоровья людей и состояния природных комплексов. Оздоровление окружающей среды, недопущение ее ухудшения представляет собой весьма сложную комплексную и многоплановую проблему, включающую как научно-технические, так и социально-экономические и политические аспекты. Социальное и экономическое благополучие населения служит необходимой предпосылкой любых мероприятий по оздоровлению окружающей среды. Прежде всего требуется здоровая социальная среда, которая влечет за собой и оздоровление физической окружающей среды как необходимое и неизбежное следствие общей политики социально-экономического развития.

Деградация природной среды приводит к росту заболеваемости людей. За последние 30—40 лет повсеместно в России отмечается увеличение числа людей с измененной наследственностью. Это следствие влияния многих факторов, в том числе и химического загрязнения. Среди наиболее опасных химических загрязнителей необходимо назвать ароматические углеводороды, полихлорфенолы и их производные (например, тетрахлордиоксин), тяжелые металлы и другие соединения, обладающие в малых дозах мощным действием. Эти сверхтоксичные вещества являются чрезвычайно устойчивыми, довольно легко циркулируют в природной среде и через воздух, воду и почву проявляют свое токсичное действие.

В Сибири имеется целый ряд экологических проблемных регионов, некоторые из которых занимают лидирующие позиции по загрязнению окружающей природной среды в стране, например Красноярский край — по эмиссии выбросов в атмосферный воздух, а Кемеровская область

(Кузбасс) — по выходу твердых промышленных отходов.

Глубокие изменения среды обитания человека в результате загрязнения окружающей среды сопровождаются ростом экологически обусловленной заболеваемости, сокращением продолжительности жизни и в конечном счете — разрушением среды обитания будущих поколений. Наиболее неблагоприятными в этом плане по-прежнему остаются города с высокой концентрацией промышленности и высоким уровнем загрязнения атмосферного воздуха (в Сибири — это прежде всего Норильск, Красноярск, Новокузнецк, Братск и др.). Проведенные специальные исследования показали, что при увеличении загрязнения атмосферного воздуха на 10 % заболеваемость детей возрастает на 2 % [4].

Качественное изменение экологической ситуации в Сибирском регионе, поступательное движение к ее стабилизации и дальнейшему последовательному улучшению и созданию реальных условий для устойчивого развития требуют привлечения масштабных инвестиций в наукоемкие ресурсосберегающие и экологически безопасные технологии, перехода на путь инновационного развития (прежде всего в нефте-, газо- и угледобыче, нефте-газопереработке и нефтехимии, цветной и черной металлургии, химической и целлюлозно-бумажной промышленности, получивших наибольшее развитие в регионах Сибири).

Реализация соответствующих мер должна осуществляться на всех уровнях власти. Преимущество при этом должен иметь производственный уровень, т. е. уровень отдельных производственных объектов — источников негативного воздействия на окружающую среду. При этом реализация мер по обеспечению экологической безопасности функционирования предприятий должна осуществляться за счет их собственной природоохранной деятельности и предусматривать обязательное внедрение международной системы экологического менеджмента (ISO 14000) и принципа наилучших доступных технологий. На уровне субъектов Российской Федерации одним из основных инструментов решения экологических проблем может служить разработка региональных экологических программ и стратегий социально-экономического развития с включением в их структуру экологического блока и создание необходимых условий для их реализации.

### Список источников

1. *Климатические характеристики условий распространения примесей в атмосфере*. Справочное пособие / ред. Э. Ю. Безуглая и М. Е. Берлянд. Л. : Гидрометеоздат, 1983. 328 с.
2. *Проблемы воздействия экономики на экосистемы Азиатской России и охрана окружающей среды* / В. В. Алещенко, О. П. Бурматова, В. М. Гильмундинов, Ю. В. Панкова, А. И. Пыжев, Н. С. Рогачев, Т. О. Тагаева // Новый импульс Азиатской России / под ред. В. А. Крюкова, Н. И. Суслова. Новосибирск : Изд-во ИЭОПП СО РАН, 2022. С. 327—343.
3. *Арктика в зеркале СМИ* // Информационно-аналитический центр Государственной комиссии по развитию Арктики. Дайджест за 08-06-2020-1. 2020. 74 с.
4. *Бурматова О. П.* Управление воздействием отраслей экономики на окружающую среду. Новосибирск : НГУ, 2006. 192 с.
5. *Быков А.* Региональная политика в области управления природными ресурсами Крайнего Севера // Вопросы экономики. 2003. № 1. С. 108—116.

6. *Лимнологи* СО РАН: «Байкал болен — и болен серьезно!» // Наука в Сибири. 2015. № 14. С. 7.
7. *Нефть и газ: технологии и инновации: материалы Национальной научно-практической конференции* : в 3 т. / отв. ред. Н. В. Гумерова. Тюмень : ТИУ, 2020. Т. 3. 235 с.
8. *Измайлов В., Смагин В.* Специфические особенности полярной среды при расчетах распространения загрязняющих веществ в арктических морях // Проблемы охраны природной среды северных районов Якутии. Л. : Гидрометеиздат, 1984.
9. *О новой парадигме развития нефтегазовой геологии* : материалы Междунар. науч.-практ. конф. Казань : Изд-во «Ихлас», 2020. 584 с.
10. *Нефтяники на зеленом поле*. URL: <https://plus.rbc.ru/news/5cb4b6a17a8aa909c19a3f2c>
11. *О состоянии и охране окружающей среды Кемеровской области — Кузбасса в 2022 году*. Доклад Министерства природных ресурсов и экологии Кузбасса. Кемерово, 2023. 250 с.
12. *О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2021 году*. Проект Государственного доклада. М. : Минприроды России ; МГУ им. М. В. Ломоносова, 2022. 685 с.
13. *Новокузнецк* попал в тройку лидеров городов-загрязнителей. URL: <https://sibdepo.ru/news/novokuznetsk-popal-v-troyku-liderov-gorodov-zagryaznitelej.html>
14. *Будет ли создана в Кузбассе экономика замкнутого цикла*. URL: <https://rg.ru/2022/06/02/reg-sibfo/povalnoe-vovlechenie.html>
15. *Горы* отходов, высокая смертность и рост протестов: экологи выпустили доклад жизни в Кузбассе. URL: <https://tayga.info/160746>
16. Смертность в Кузбассе на 15 % выше, отходы региона сопоставимы с целым округом. URL: <https://www.sibreal.org/a/30908425.html>
17. Оценка эколого-медицинской ситуации в городах Сибири на основе открытых данных // Наука в Сибири. 2021. 20 сент. URL: <https://www.sbras.info/articles/opinion/otsenka-ekologo-meditsinskoi-situatsii-v-gorodakh-sibiri-na-osnove-otkrytykh-dannykh>
18. *Ежегодники* о загрязнении окружающей среды (по компонентам) / Росгидромет. URL: <https://www.meteorf.gov.ru/product/infomaterials/ezhegodniki>
19. *Состояние* загрязнения атмосферы в городах на территории России за 2021 г. : ежегодник. СПб. : Главная геофизическая обсерватория им. А. И. Воейкова, 2022. 254 с.
20. *Воздух*, который видно: как живут люди в самых грязных регионах России (2021 г.). URL: <https://news.ru/society/kak-zhivut-lyudi-v-samyh-gryaznyh-gorodakh-russia/>
21. *Власти* заявили о продолжающемся загрязнении воды после аварии в Норильске. URL: <https://www.rbc.ru/business/09/08/2021/6110dc7b9a794712efbee0f3>
22. Двойка по поведению: вопросы к «Норникелю». URL: <https://news.ru/investigations/dvojka-po-povedeniyu-voprosy-k-nornikelyu-v-svyazi-s-avariej-na-tec/>
23. *Ученые* нашли причину массовой гибели лесов под Норильском. URL: <https://ria.ru/20200925/norilsk-1577754849.html>
24. *Социально-экологические* итоги первого этапа инвестиционного проекта «Комплексное развитие Нижнего Приангарья». Доклад. Красноярск : Плотина, 2013. 31 с.
25. *Путь* и здоровье. URL: <https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/mercury-and-health>
26. *Власти* в четвертый раз сменили ликвидатора отходов Байкальского ЦБК. Новым подрядчиком станет структура «Росатома». URL: <https://www.rbc.ru/business/20/10/2020/5f8d87ea9a79479a1dcd7e4f>
27. *Сто чудес Байкала* // Фонд содействия сохранению озера Байкал : сайт. URL: [https://baikalfund.org/wonders\\_vote/endemic/epishura.wbp](https://baikalfund.org/wonders_vote/endemic/epishura.wbp)
28. Байкал устал от туристов. URL: <https://rg.ru/2019/07/10/reg-sibfo/minprirody-potok-turistov-na-bajkal-nuzhno-sdelat-upravliaemym.html>
29. Туризм — экологическая угроза для Байкала. URL: <https://plus-one.rbc.ru/ecology/turizm-ekologicheskaya-ugroza-dlya-baykala>

## References

1. Bezuglaya E.Yu., Berland M.E. (eds.). *Klimaticheskiye kharakteristiki usloviy rasprostraneniya primesey v atmosfere. Spravochnoye posobiye* [Climatic characteristics of the conditions for the propagation of impurities in the atmosphere. Reference manual]. Leningrad, Gidrometeoizdat, 1983.
2. Aleshchenko V.V., Burmatova O.P., Gilmundinov V.M., Pankova Yu.V., Pyzhev A.I., Rogachev N.S., Tagaeva T.O., Kryukov V.A. (ed.), Suslov N.I. (ed.). *Problemy vozdeystviya ekonomiki na ekosistemy Aziatskoy Rossii i okhrana okruzhayushchey sredy* [Problems of the impact of the economy on the ecosystems of Asian Russia and environmental protection], *Novyy impul's Aziatskoy Rossii* [New Impulse of Asian Russia]. Novosibirsk, Publ. House of the IEOPP SB RAS, 2022, pp. 327–343.
3. *Arktika v zerkale SMI. Informatsionno-analiticheskiy tsentr Gosudarstvennoy komissii po razvitiyu Arktiki*. [The Arctic in the media mirror. Information and Analytical Center of the State Commission for the Development of the Arctic]. Digest for 08-06-2020-1. 2020. 74 p.
4. Burmatova O.P. *Upravleniye vozdeystviyem otrasley ekonomiki na okruzhayushchuyu sredu* [Management of the impact of economic sectors on the environment]. Novosibirsk, NGU, 2006, 192 p.
5. Bykov A. *Regional'naya politika v oblasti upravleniya prirodnymi resursami Kraynego Severa* [Regional policy in the field of management of natural resources of the Far North], *Voprosy ekonomiki* [Issues of Economics], 2003, no. 1, pp. 108–116.
6. *Limnologi* SO RAN: “Baykal bolen — i bolen ser'yezno!” [Limnologists of the SB RAS: “Baikal is sick — and seriously sick!”], *Nauka v Sibiri* [Science in Siberia], 2015, no. 14.
7. Gumerova N.V. (ed.). *Neft' i gaz: tekhnologii i innovatsii, materialy Natsional'noy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Oil and gas: technologies and innovations, materials of the National scientific and practical conference]. In. 3, vol. 3. Tyumen, TIU, 2020, 235 p.
8. Izmailov V., Smagin V. *Spetsificheskiye osobennosti polyarnoy sredy pri raschetakh rasprostraneniya zagryaznyayushchikh veshchestv v arkticheskikh moryakh*. [Specific features of the polar environment in the calculation of the distribution of

pollutants in the Arctic seas], *Problemy okhrany prirodnoy sredy severnykh rayonov Yakutii* [Problems of environmental protection of the northern regions of Yakutia]. Leningrad, Gidrometeoizdat, 1984.

9. O novoy paradigme razvitiya neftegazovoy geologii [On a new paradigm for the development of oil and gas geology]. *Materialy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Proceedings of the International Scientific and Practical Conference]. Kazan, Ikhtlas Publ. House, 2020, 584 p.

10. Neftyaniiki na zelenom pole [Oil workers on a green field]. Available at: <https://plus.rbc.ru/news/5cb4b6a17a8aa909c19a3f2c>

11. O sostoyanii i okhrane okruzhayushchey sredy Kemerovskoy oblasti – Kuzbassa v 2022 godu [On the state and protection of the environment of the Kemerovo region – Kuzbass in 2022. Doklad Ministerstva prirodnnykh resursov i ekologii Kuzbassa [Report of the Ministry of Natural Resources and Ecology of Kuzbass]. Kemerovo, 2023, 250 p.

12. O sostoyanii i ob okhrane okruzhayushchey sredy Rossiyskoy Federatsii v 2021 godu [On the state and protection of the environment of the Russian Federation in 2021]. *Proyekt Gosudarstvennogo doklada* [Draft State Report]. Moscow, Ministry of Natural Resources of Russia, Moscow State University named after M.V. Lomonosov, 2022, 685 p.

13. Novokuznetsk popal v troiku liderov gorodov-zagryaznitelei [Novokuznetsk is among the top three polluting cities]. Available at: <https://sibdepo.ru/news/novokuznetsk-popal-v-trojku-liderov-gorodov-zagryaznitelej.html>

14. Budet li sozdana v Kuzbasse ekonomika zamknutogo tsikla [Whether a closed cycle economy will be created in Kuzbass]. Available at: <https://rg.ru/2022/06/02/reg-sibfo/povalnoe-vovlechenie.html>

15. Gory otkhodov, vysokaya smertnost' i rost protestov: ekologi vypustili doklad zhizni v Kuzbasse [Mountains of waste, high mortality and growing protests: environmentalists released a report on life in Kuzbass]. Available at: <https://tayga.info/160746>

16. Smertnost' v Kuzbasse na 15 % vyshe, otkhody regiona sopostavimy s tselym okrugom [The mortality rate in Kuzbass is 15% higher, the region's waste is comparable to an entire county]. Available at: <https://www.sibreal.org/a/30908425.html>

17. Otsenka ekologo-meditsinskoi situatsii v gorodakh Sibiri na osnove otkrytykh dannyykh [Assessment of ecological and medical situation in Siberian cities based on open data], *Nauka v Sibiri* [Science in Siberia], 2021, 20 Sept. Available at: <https://www.sbras.info/articles/opinion/otsenka-ekologo-meditsinskoi-situatsii-v-gorodakh-sibiri-na-osnove-otkrytykh-dannykh>

18. Sostoyaniye zagryazneniya atmosfery v gorodakh na territorii Rossii za 2021 g [The state of air pollution in cities on the territory of Russia for 2021]. *Yezhegodnik* [Yearbook]. St. Petersburg, Main Geophysical Observatory named after A.I. Voeikova, 2022, 254 p.

19. Sostoyaniye zagryazneniya atmosfery v gorodakh na territorii Rossii za 2021 g. [The state of atmospheric pollution in cities in Russia in 2021], *ezhegodnik*. St. Petersburg, Glavnaya geofizicheskaya observatoriya im. A.I. Voeikova, 2022, 254 p.

20. Vozdukh, kotoryy vidno: kak zhivut lyudi v samykh gryaznykh regionakh Rossii (2021 g.) [The air that can be seen: how people live in the dirtiest regions of Russia (2021)]. Available at: <https://news.ru/society/kak-zhivut-lyudi-v-samyh-gryaznyh-gorodah-russia/>

21. Vlasti zayavili o prodolzhayushchetsya zagryaznenii vody posle avarii v Noril'ske [The authorities announced the continued contamination of water after the accident in Norilsk]. Available at: <https://www.rbc.ru/business/09/08/2021/6110dc7b9a794712efbee0f3>

22. Dvojka po povedeniyu: voprosy k “Nornikelyu” [Deuce in behavior: questions for Norilsk Nickel]. Available at: <https://news.ru/investigations/dvojka-po-povedeniyu-voprosy-k-nornikelyu-v-svyazi-s-avariej-na-tec/>

23. Uchenye nashli prichinu massovoy gibeli lesov pod Noril'skom [Ученые нашли причину массовой гибели лесов под Норильском]. Available at: <https://ria.ru/20200925/norilsk-1577754849.html>

24. Sotsial'no-ekologicheskkiye itogi pervogo etapa investitsionnogo proyekta “Kompleksnoye razvitiye Nizhnego Priangar'ya” [Socio-environmental results of the first stage of the investment project “Integrated Development of the Lower Angara Region”]. Doklad [Report]. Krasnoyarsk, Plotina, 2013, 31 p.

25. Rtuť i zdorov'e [Mercury and health]. Available at: <https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/mercury-and-health>

26. Vlasti v chetvertyy raz smenili likvidatora otkhodov Baykal'skogo TsBK. Novym podryadchikom stanet struktura “Rosatoma” [The authorities replaced the waste liquidator of the Baikal Pulp and Paper Mill for the fourth time. The new contractor will be the Rosatom structure]. Available at: <https://www.rbc.ru/business/20/10/2020/5f8d87ea9a79479a1dcd7e4f>

27. Sto chudes Baykala [One Hundred Wonders of Lake Baikal], *Fond sodeystviya sokhraneniyu ozera Baykal*, [Foundation for the Preservation of Lake Baikal]: sayt. Available at: [https://baikalfund.org/wonders\\_vote/endemic/epishura.wbp](https://baikalfund.org/wonders_vote/endemic/epishura.wbp)

28. Baykal ustal ot turistov [Baikal is tired of tourists]. Available at: <https://rg.ru/2019/07/10/reg-sibfo/minprirody-potok-turistov-na-bajkal-nuzhno-sdelat-upravliaemym.html>

29. Turizm — ekologicheskaya ugroza dlya Baykala [Tourism is an environmental threat to Lake Baikal]. Available at: <https://plus-one.rbc.ru/ecology/turizm-ekologicheskaya-ugroza-dlya-baykala>

#### Информация об авторе

**Бурматова Ольга Петровна** — доктор экономических наук, доцент, ведущий научный сотрудник, Институт экономики и организации промышленного производства Сибирского отделения Российской академии наук, Новосибирск, Российская Федерация. E-mail: [burmatoval@ngs.ru](mailto:burmatoval@ngs.ru)

#### Information about the author

**Olga P. Burmatova** — Doctor of Economic Sciences, Associate Professor, Leading Researcher Institute of the Economics and Industrial Engineering of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russian Federation. E-mail: [burmatoval@ngs.ru](mailto:burmatoval@ngs.ru)

Статья поступила в редакцию 24.07.2023; одобрена после рецензирования 15.11.2023; принята к публикации 16.11.2023.

The article was submitted 24.07.2023; approved after reviewing 15.11.2023; accepted for publication 16.11.2023.