

DOI: 10.55105/2500-2872-2025-1-47-61

Дракон «Когай» в XXI веке: состояние окружающей среды в Японии

А.И. Банчева

Аннотация. В конце прошлого века Японии удалось выйти из серьезного экологического кризиса и значительно улучшить качество окружающей среды и качество жизни населения, решив многие экологические проблемы. В основном этот кризис, обозначавшийся японским термином *когай*, касался химического и физического загрязнения природных сред. В настоящее время при обсуждении экологической повестки все чаще приоритет отдается таким глобальным темам, как изменение климата (и создание низкоуглеродного общества), сокращение биоразнообразия (и проблемы трансформации наземного покрова), а также управление отходами (создание общества с устойчивым материальным циклом). При этом некоторые из «классических» экологических проблем, «традиционных» для охраны окружающей среды в XX в. – а в контексте Японии это проблемы *когай*, – до сих пор остались в некоторой степени актуальны или приобрели новые аспекты и направления. Цель данного исследования – оценка современного состояния окружающей среды в Японии, основанная, прежде всего, на количественных показателях: данных японской национальной статистики и экологического мониторинга. Рассматриваются загрязнение воздуха, вод и почв в Японии, а также вибрационное и шумовое загрязнение, оседание грунта и неприятные запахи. Сделан вывод о том, что, несмотря на значительный прогресс, актуальными для Японии сегодня остаются такие проблемы, как загрязнение воздуха мелкодисперсными частицами и фотооксидантами, загрязнение поверхностных вод диоксинами и органическими загрязняющими веществами, загрязнение почв кадмием. Не решена проблема шумового загрязнения и проблема неприятных запахов в городах. Также рассмотрены положительные аспекты в решении перечисленных проблем и инструменты экологической политики (налаженная система мониторинга, открытый доступ к данным, участие в международной экологической политике, активная позиция местного правительства и ответственность бизнеса), позволяющие Японии двигаться по заданному курсу к целям устойчивого развития.

Ключевые слова: экологические проблемы, Азия, Япония, экологическая политика, загрязнение, окружающая среда, геоэкология, природопользование.

Автор: Банчева Александра Ивановна, кандидат географических наук, старший научный сотрудник кафедры физической географии мира и геоэкологии географического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова (адрес: 119991, Москва, Ленинские горы, 1). ORCID: 0000-0001-5845-2833; E-mail: ban-sai@mail.ru

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Банчева А.И. Дракон «Когай» в XXI веке: состояние окружающей среды в Японии // Японские исследования. 2025. № 1. С. 47–61. DOI: 10.55105/2500-2872-2025-1-47-61

Благодарности. Исследование выполнено в рамках темы государственного задания географического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова № 121040100322-8.

Kogai in the 21st century: Environmental issues in Japan

A.I. Bancheva

Abstract. At the end of 20th century, Japan successfully overcame an environmental crisis and improved the citizens' quality of life. The crisis, referred to as *kogai* in Japanese, primarily comprised physical and chemical pollution issues. Nowadays, priorities on both global and national environmental agenda usually include the climate change issue (such as creating a low-carbon economy), biodiversity concerns (and problems of land cover changes), and waste and resources management (such as implementing a circular economy, or Sound Material-Cycle Society in Japan). However, some pollution-related challenges have not yet been fully resolved. The aim of this research is to assess the quality of environment in Japan based on national statistics and monitoring data. The problems considered are as follows: air pollution, water pollution, soil pollution, vibration, urban noise, land subsidence, and offensive odors. It has been found out that, despite Japan having made significant progress in solving these problems, there still remain such issues as pollution of air with fine particles and photo-oxidants, pollution of lakes and ponds with organic pollutants and of all types of surface waters with dioxins, cadmium soil pollution. The problems of noise and offensive odors in cities have not been solved. The article also features the achievements on the way towards solving the stated problems and instruments of environmental policy (an established monitoring system, open data access, active participation in international environmental policies, active engagement of local government, and responsibility of businesses). These instruments, when used in conjunction with others, allow Japan to successfully move towards the goals of sustainable development.

Keywords: environmental issues, Asia, Japan, environmental policy, pollution, geocology, monitoring, regulatory policy.

Author: Bancheva Alexandra I., PhD (Geography), senior research fellow, Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Department of World Physical Geography and Geoecology (address: Leninskiye Gori, 1, Moscow, 119991). ORCID: 0000-0001-5845-2833; E-mail: ban-sai@mail.ru

Conflict of interests. The author declares the absence of the conflict of interests.

For citation: Bancheva, A.I. (2025). Drakon «Kogai» v XXI veke: sostoyanie okruzhayushchei sredy v Yaponii [*Kogai* in the 21st century: Environmental issues in Japan]. *Yaponskiye issledovaniya* [Japanese Studies in Russia], 2025, 1, 47–61. (In Russian). DOI: 10.55105/2500-2872-2025-1-47-61

Acknowledgements. The research is accomplished under the state task theme of the MSU Faculty of Geography (No. 121040100322-8).

Введение

В середине прошлого века Япония столкнулась с сильнейшим экологическим кризисом, ставшим негативным последствием послевоенного экономического чуда. Существенные ухудшения качества жизни японцев и, более того, массовые заболевания, вызванные загрязнениями окружающей среды, привели к росту озабоченности граждан и правительства экологическими проблемами. Возник термин *когай*, буквально обозначающий «общественный вред», который позже стал известен мировому научному сообществу экологов и японоведов как термин для обозначения экологических проблем и антропогенного нарушения природной среды в Японии [Иванов, Мельник, Шепеленко 1991, с.5].

Согласно Основному закону об охране окружающей среды Японии *когай* (яп. 公害) означает ситуацию, в которой здоровью людей или любым другим живым организмам в результате промышленной или другой человеческой деятельности нанесен ущерб

загрязнением воздуха, воды или почв, шумами, вибрацией, оседанием грунта или воздействием веществ с резким запахом, проявившихся на обширной территории¹.

В русскоязычной литературе о проблеме *когай* писали О.В. Иванов, Л.Г. Мельник и А.Н. Шепеленко. В монографии «В борьбе с драконом «Когай»: опыт природопользования в Японии» [Иванов, Мельник, Шепеленко 1991] авторы дают полный и систематично представленный обзор проблемы охраны окружающей среды в стране, поочередно рассматривая семь экологических проблем (объединяя их аллегорическим заголовком «Сколько голов у дракона “Когай”?»), а также предпринимаемые действия для их решения, достигнутые успехи и сложности.

Выстроенная система экологической политики и ряд принятых, начиная с середины 1960-х гг., мер вывели Японию из экологического кризиса и существенно улучшили состояние окружающей среды по многим аспектам *когай*, однако говорить, что все проблемы решены до конца было бы преувеличением, т.к. хоть и менее масштабно, но некоторые из них проявляются и в настоящее время. Кроме того, как и в других странах, в Японии возникают новые экологические проблемы, связанные как с новыми загрязняющими веществами, так и с более глубоким пониманием некоторых природно-антропогенных процессов, неизвестных или малоизученных в середине-конце прошлого века.

Цель данного исследования – дать оценку современного состояния семи экологических проблем, относимых к *когай*, проанализировать количественные характеристики загрязнения окружающей среды по каждой из проблем и обозначить их актуальные аспекты.

Актуальность исследования заключается в необходимости современного обзора экологических проблем Японии, а также в том, что накопившийся за более чем полвека опыт этой страны может быть полезен для других стран, в т.ч. находящихся на предыдущем этапе геоэкологического перехода [Kaneko 2011, p. 261; Алексеева, Лопатников, Банчева 2024].

Основой для написания статьи послужили научные статьи, отчеты Министерства по состоянию окружающей среды Японии (Белые книги) и Организации по экономическому сотрудничеству и развитию (ОЭСР), национальные статистические ежегодники 2014–2024 гг. и историческая статистика Японии (1970–2004 гг.), мониторинговые и справочные данные научных институтов (National Institute for Environmental Studies, Japan (NIES)) и агентств (Environmental Restoration and Conservation Agency, Japan (ERCA)).

Качество воздуха

Основными загрязняющими воздух веществами в Японии 1950–1960-х гг. были *диоксид серы* и *оксиды азота*. Благодаря ряду мер экологической политики [2; Тихоцкая 2016; Банчева 2018] уже в 1970-х гг. Японии удалось сократить данные выбросы и снизить их концентрации в воздухе. Снижение загрязнения осуществлялось при сохранении роста экономики, что говорит о реальной эффективности реализованных мер экологической политики – создания и совершенствования законодательной и нормативной базы, а также внедрения технологических и социальных инноваций [Банчева 2018]. Это подтверждается и данными ОЭСР: интенсивность загрязнения³ в Японии оценивается как одна из самых низких среди всех стран ОЭСР [Botta, Yamasaki 2020].

¹ Ministry of the Environment. The Basic Environment Law. <https://www.env.go.jp/en/laws/policy/basic/ch1.html> (дата обращения: 11.07.2024).

² Kankyōmondai no rekishi [History of environmental problems in Japan] // Environmental Restoration and Conservation Agency of Japan. <https://www.erca.go.jp/yobou/taiki/rekishi/02.html> (дата обращения: 11.07.2024).

³ Интенсивность загрязнения оценивается как отношение объема выбросов к ВВП.

Согласно национальной статистике⁴, последние 20 лет (2000–2021) характеризуются снижением загрязнения по указанным веществам: продолжается тренд, обозначившийся в 1970-х гг. (рис. 1). В 1965 г. концентрация сернистого ангидрида в воздухе составляла 0,057 ppm⁵ [Иванов, Мельник, Шепеленко 1991, с. 26], в 1985 г. уже в 10 раз меньше (0,006 ppm), а в 2021 г. – 0,001 ppm (при установленном значении предельно допустимых концентраций (ПДК) 0,04 ppm).

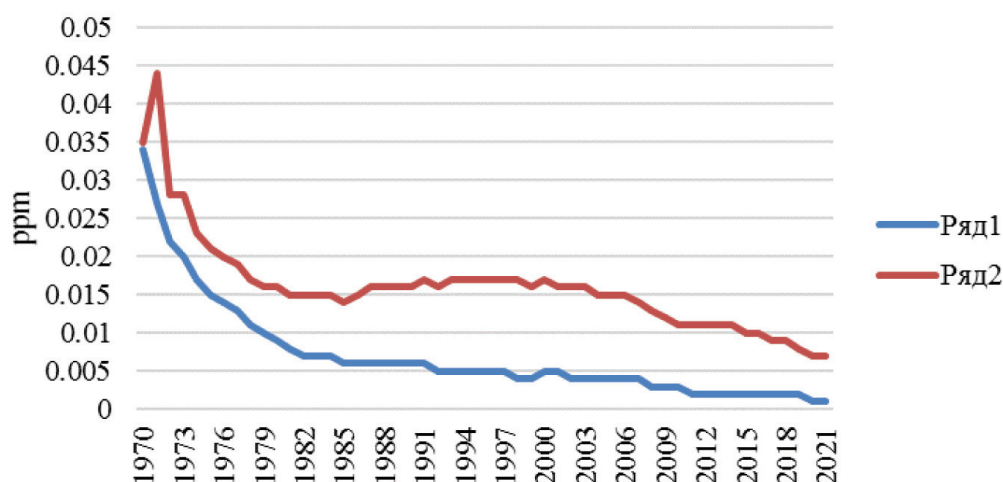


Рис. 1. Концентрации диоксида серы и диоксида азота в воздухе, среднегодовые значения за 1970-2021 гг. (ряд 1 – диоксид серы, ряд 2 – диоксид азота).

Однако при низких средних значениях (т.е. осредненных по всем мониторинговым станциям по стране), для фактического улучшения ситуации на местах в большинстве регионов потребовалось больше времени. Так, в начале 1970-х гг. при уже относительно невысоких значениях концентрации диоксида серы в воздухе в среднем по стране (около 0,022 ppm) доля станций, фиксирующих нормативное состояние на наблюдаемой территории, составляла лишь 33%⁶ – настолько велик разброс значений по станциям. А вот к 1980 г. доля таких станций составила уже 98%. По диоксиду азота в 1980-е гг. доля станций, фиксирующих удовлетворявшие нормативам показатели, составляла лишь 45% [Иванов, Мельник, Шепеленко с. 27], однако за последние 40 лет ситуация значительно улучшилась. В настоящее время показатели удовлетворяют нормативам на 99,8% фоновых станций мониторинга по диоксиду серы и на 100% станций по диоксиду азота. Концентрации по обоим загрязняющим веществам на порядок ниже ПДК⁷. Примечательно, что из-за устойчивой благоприятной ситуации в течение длительного времени количество станций по мониторингу диоксидов серы и азота постепенно сокращают: за 20 лет в 1,8–1,2 раза (станции автоматического мониторинга контролируют качество воздуха в Японии с 1965 г. [Иванов, Мельник, Шепеленко 1991, с. 26]).

Аргументом в пользу того, что проблему можно считать решенной, являются ежегодные отчеты Министерства по вопросам окружающей среды Японии, Белые книги, где, начиная с середины 2010-х гг. (в т.ч. и в 2023 г.), разделы по загрязнению воздуха диоксидом

⁴ Statistics Bureau of Japan. Japan Statistical Yearbook 2024. <https://www.stat.go.jp/english/data/nenkan/index.html> (дата обращения: 11.07.2024).

⁵ Здесь и далее ppm – parts per million, единица измерения концентрации загрязняющего вещества в воздухе.

⁶ Environmental Policy Bureau, Ministry of the Environment. Historical statistics.

⁷ Statistics Bureau of Japan. Japan Statistical Yearbook 2024. <https://www.stat.go.jp/english/data/nenkan/index.html> (дата обращения: 11.07.2024).

серы и оксидами азота не представлены. Подтверждением служат и данные мониторинга Национального института исследований окружающей среды (NIES)⁸. Ни на одной мониторинговой станции концентрации по диоксиду серы значения не превышают 0,02 ppm (категория «менее 0,02» выделена для отражения наименьшей степени загрязнения), среднее значение по станциям за 2021 г. составляет 0,001 ppm.

Однако не по всем загрязняющим веществам наблюдается столь благоприятное положение дел. Так, в рамках мониторинга в последние годы особое внимание уделяется *фотооксидантам, взвешенным мелкодисперсным частицам* (SPM и PM2.5) и *неметановым летучим органическим соединениям* (ЛОС) – как основным загрязняющим веществам в настоящее время⁹. Об опасности данных веществ говорится и в Белой книге, и в отчетах ОЭСР, где указывается, что основные проблемы современной Японии по части загрязнения воздуха – это загрязнение мелкодисперсными частицами и фотохимический смог [¹⁰; Votta, Yamasaki 2020].

По *мелкодисперсным частицам*, которые вызывают респираторные заболевания, мониторинг ведется с 2010 г. К настоящему времени их концентрация в воздухе снизилась с 16,5 до 8,5 мкг/м³. Это существенно ниже уровня ПДК (15 мкг/м³), а доля станций, на которых измеренные показатели удовлетворяют нормативам, достигла 100% (при доле 32% в 2010 г.¹¹). При этом стоит отметить два аспекта: во-первых, национальные данные не согласуются со статистикой, предоставляемой ОЭСР (по ним концентрации PM2.5 растут, хотя присутствует оговорка о том, что данные носят оценочный характер); во-вторых, в Японии ПДК установлены на достаточно высоком уровне (ПДК, установленные Всемирной организацией здравоохранения, составляют 10 мкг/м³, рекомендуемый уровень концентраций – не выше 5 мкг/м³).

Ситуация с *фотохимическими смогами* также не столь благополучна. Проблема обсуждается еще с конца прошлого века, ее рассматривали и авторы указанной выше монографии (с. 27), отмечая, что к концу 1980-х гг. успехов добиться не удалось. С того времени было существенно увеличено количество станций мониторинга (с 696 до почти 1200), проводятся исследования механизмов образования смога, достигнуты успехи в сокращении выбросов оксидов азота¹², однако до сих пор проблему нельзя назвать решенной.

По статистическим данным за 2021 г. концентрации фотооксидантов в воздухе относительно невысоки и составляют 0,047 ppm (это осредненное за год максимальное часовое значение, полученное в дневное время суток). Однако при этом показатели на почти всех станциях (99,8%!) не удовлетворяют установленным нормативам¹³ ввиду того, что существенны различия концентраций и по станциям, и по месяцам. Подробные данные с показателями концентрации по каждой станции можно найти на портале NIES¹⁴:

⁸ Kankyō GIS [Environmental GIS] // National Institute for Environmental Studies. <https://tenbou.nies.go.jp/gis/> (дата обращения: 11.07.2024).

⁹ Nihon no taiki kankyō raito-ban [Japan's Atmospheric Environment Light Edition] // National Institute for Environmental Studies. <https://tenbou.nies.go.jp/gisplus/> (дата обращения: 11.07.2024).

¹⁰ Ministry of the Environment, Annual Report on the Environment, the Sound Material-Cycle Society and Biodiversity in Japan 2023. <https://www.env.go.jp/en/wpaper/index.html> (дата обращения: 16.07.2024)

¹¹ Statistics Bureau of Japan. Japan Statistical Yearbook 2014, Japan Statistical Yearbook 2024. <https://www.stat.go.jp/english/data/nenkan/index.html> (дата обращения: 11.07.2024).

¹² В образовании смога участвуют оксиды азота и летучие органические соединения, поэтому важен мониторинг данных веществ.

¹³ Statistics Bureau of Japan. Japan Statistical Yearbook 2024. <https://www.stat.go.jp/english/data/nenkan/index.html> (дата обращения: 11.07.2024).

¹⁴ Возможности веб-картографирования на портале позволяют не только просмотреть данные, но и использовать их в исследовательских целях: отфильтровать по требуемым параметрам, получить математическую статистику, построить онлайн карту и скачать.

из более 1000 представленных за 2021 г. значений в 193 случаях концентрация составила более 0,12 ppm – преимущественно в столичном регионе (рис. 2), и во всех случаях – более 0,06 ppm¹⁵. ПДК по этому показателю составляет 0,06 ppm, а уровень, при котором объявляется опасность – 0,12 ppm¹⁶.

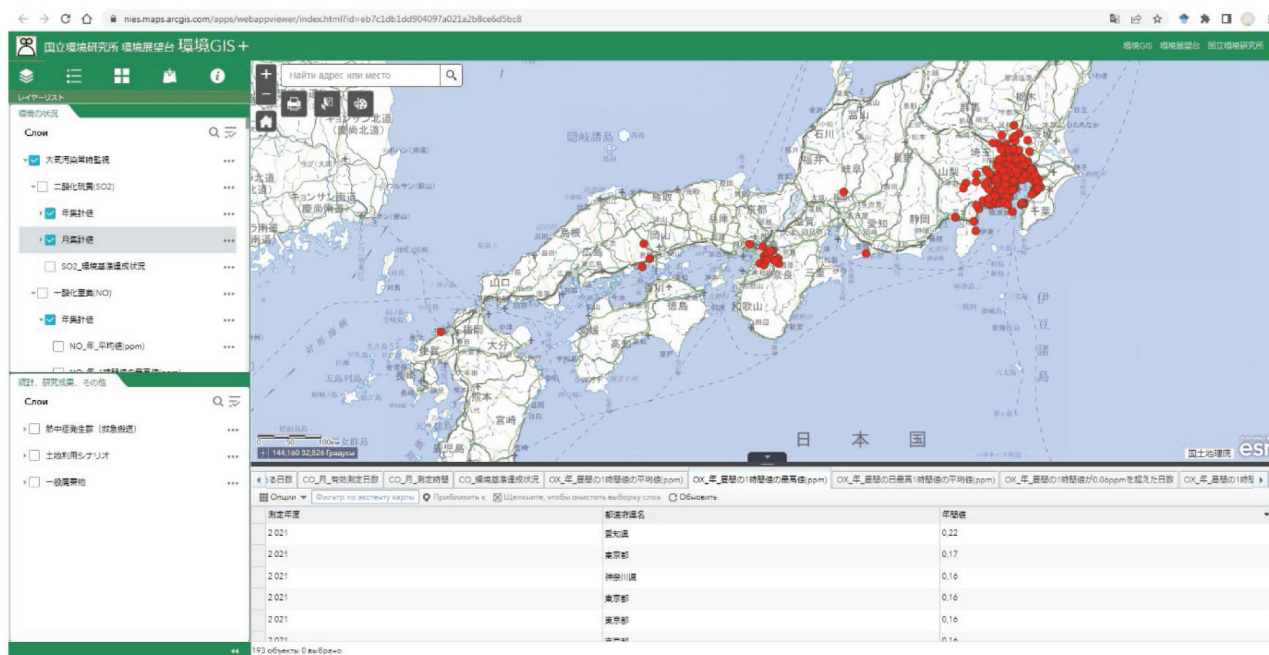


Рис. 2. Данные мониторинга о концентрациях фотооксидантов в воздухе, 2021 г. (максимальное часовое значение, полученное в дневное время суток, осредненное за год по каждой станции, ppm).

Красными точками представлены станции, где значения превышают 0,12 ppm.

Источник: портал NIES «Экологическая ГИС+»

При этом важно, что в образовании фотохимических смогов имеют значение не только концентрации веществ в воздухе, но и особые погодные условия (высокая интенсивность солнечной радиации), поэтому при анализе ситуации здесь можно также опираться на принятый показатель – «количество дней, когда были объявлены предупреждения о смоге». Таких дней, как правило, существенно меньше, чем дней с концентрациями выше 0,12 ppm. Так, в Токио, для которого была поставлена амбициозная цель «0 дней с фотохимическим смогом» к 2020 г. [Botta, Yamasaki 2020], в 2021 г. были объявлены предупреждения в течение 6 дней¹⁷.

О наличии нерешенных проблем может свидетельствовать и статистика ОЭСР по смертности населения, связанной с загрязнением воздуха. В Японии, в отличие от стран ЕС, США и России, данный показатель с 2010 г. растет. В 2019 г. он составил 313 человек на 1 млн жителей (для периода 1990–2010 г. он составлял около 230–240 чел/млн, что было ниже, чем в среднем по странам ОЭСР)¹⁸. Под данным ВОЗ тот же показатель для Японии

¹⁵ Nihon no taiki kankyō raito-ban [Japan's Atmospheric Environment Light Edition] // National Institute for Environmental Studies. <https://tenbou.nies.go.jp/gisplus/> (дата обращения: 11.07.2024).

¹⁶ Ministry of the Environment. Quality of the Environment in Japan 1996. https://www.env.go.jp/en/wpaper/1996/eae250000000005.html#3_2_1 (дата обращения: 11.07.2024).

¹⁷ Kankyō GIS [Environmental GIS] // National Institute for Environmental Studies. <https://tenbou.nies.go.jp/gis/> (дата обращения: 11.07.2024).

¹⁸ OECD data. Air pollution effects. <https://data.oecd.org/air/air-pollution-effects.htm#indicator-chart> (дата обращения: 16.07.2024).

еще выше (48 чел/100 тыс.¹⁹). Однако нельзя исключать связь данного тренда и с успехами диагностики.

Для улучшения ситуации с качеством воздуха Япония продолжает последовательно принимать ряд мер. Так, для сокращения выбросов летучих органических соединений, ведущих к образованию смогов, правительство Японии в значительной степени опирается на такой инструмент, как добровольные действия предприятий (Voluntary Action Plans), который доказал свою эффективность в контексте решения других экологических проблем. Последние меры в области контроля качества воздуха касаются таких инструментов, как ОВОС (Оценка воздействия на окружающую среду) и ОРВ (Оценка регулирующего воздействия). С 2012 г. в поправках к Закону об ОВОС утверждена необходимость проведения общественных слушаний и публикация документации онлайн.

Для дальнейшего улучшения качества воздуха в стране необходимо установление более жестких нормативов по концентрации PM2.5 и фотохимическим оксидантам в воздухе, продолжение исследований механизма образования фотохимического смога [Huang 2021], рассмотрение возможности применения инструмента экономической оценки последствий загрязнения воздуха [Botta, Yamasaki 2020; Nishitatenno 2021]. Важно также продолжать мониторинг *новых опасных веществ* (акрилонитрил, ацетальдегид, винилхлорид, хлороформ, оксид этилена и другие), который ведется в Японии с 2000 г.²⁰

Качество воды

Качество воды в природной среде можно рассматривать с позиции «здоровья» экосистемы в целом (как места обитания всех живых организмов) и с позиции охраны здоровья человека. В каждом подходе используется ряд общепринятых показателей²¹.

Сравним ситуацию по показателям, представленным в открытом доступе, для конца 1980-х гг. и для настоящего времени. Одним из них является «*биохимическое потребление кислорода*» (БПК), который отражает загрязнение водной экосистемы органическими веществами – что важно как с точки зрения качества воды при использовании ее человеком, так и с точки зрения существования в среде живых организмов. Эти показатели рассматриваются также в Белой книге (2023 г.).

В монографии «В борьбе с драконом «Когай»...» авторы сообщают, что в 1986 г. 70% исследуемых гидрологических объектов²² отвечали стандартам по индексу БПК [Иванов, Мельник, Шепеленко 1991]. В настоящее время мы видим улучшение ситуации: в 2000 г. доля таких объектов выросла до 79%, а в 2021 г. – до 88%. Однако при этом, представленные в статистике данные²³ свидетельствуют о сохранении проблем с качеством воды в стоячих водоемах: только половина озер и прудов (54% в 2021 г.) соответствует стандартам, что представляется достаточно низким показателем для современной Японии.

Ситуация по другим загрязняющим веществам в статистическом ежегоднике не представлена, однако, как и в случае с качеством воздуха, в открытом доступе есть данные по

¹⁹ World Health Organization. Air quality database. <https://www.who.int/data/gho/data/themes/air-pollution/who-air-quality-database> (дата обращения: 11.07.2024).

²⁰ Yūgai taiki osen busshitsu chōsa kekka dēta no setsumei [Explanation of survey data on hazardous air pollutants]. <https://tenbou.nies.go.jp/gis/explain/hzdsair/index.html> (дата обращения: 11.07.2024).

²¹ Mizu, dojō kankyō gyōsei no aramashi [Overview of environmental problems with water and soil] // Ministry of the Environment. https://www.env.go.jp/water/water_pamph/index.html (дата обращения: 12.07.2024).

²² Реки, озера, пруды и прибрежные воды.

²³ Statistics Bureau of Japan. Japan Statistical Yearbook 2024. <https://www.stat.go.jp/english/data/nenkan/index.html> (дата обращения: 12.07.2024).

мониторингу водных экосистем, проводимом институтом NIES. Согласно этой информации для современной Японии актуально загрязнение водных экосистем *диоксинами*. Они относятся к группе стойких органических загрязнителей и особенно опасны ввиду высокой токсичности и способности к накоплению в компонентах экосистем и в организмах животных, увеличиваясь в концентрациях по пищевой цепочке от продуцентов к консументам. В ряде водных объектов общего пользования по всей стране (реки, озера, прибрежные воды, оросительные каналы и другие водоемы и водотоки, исключая систему канализации) в 2021 г. были обнаружены концентрации, превышающее ПДК, т.е. свыше 1 пг-ТЭ/л²⁴: в регионах Канто (префектуры Токио, Сайтама, Тиба, Ибараки), Тохоку (Мияги), Тюбу (Ниигата, Айти, Гифу), Кинки (Мие, Нара), Тюгоку (Коти). Обнаружены также единичные превышения ПДК по диоксинам в донных илах (более 150 пг-ТЭ/г). Грунтовые воды соответствуют нормативам.

Содержание *кадмия* в прибрежных водах (Токийский залив и др.) согласно данным мониторинга не превышает 0,5 мкг/л, *ртути* – 25 нг/л, что на несколько порядков ниже ПДК²⁵.

Об осуществленных мерах для улучшения качества воды в стране сообщает Министерство по вопросам окружающей среды Японии: за последние 40 лет оптимизирована нормативная база и расширена мониторинговая сеть водных объектов. Нормативы по содержанию загрязняющих веществ устанавливаются в зависимости от типа использования водного объекта (всего восемь типов) и от размера и расположения объекта (для локальных объектов их устанавливают префектуры). Мониторинговая сеть в настоящее время включает более 9 тысяч водных объектов (в 1986 г. их было около 3 тысяч)²⁶.

Загрязнение почв

Для страны с высокой плотностью населения, а также высокой значимостью агропроизводственного сектора (обеспечение продовольственной безопасности) вопросы загрязнения почв и деградации земель чрезвычайно важны. В 1980-х гг. наибольшее внимание уделялось загрязнению тяжелыми металлами (кадмием, медью и ртутью) и сельскохозяйственными химикатами.

Согласно информации Министерства по вопросам окружающей среды Японии²⁷ в 2020 г. общая площадь сельскохозяйственных земель, где отмечено превышение допустимого уровня содержания опасных веществ, составила 7592 га. На данных территориях префектурные власти проводят соответствующие мероприятия по контролю и снижению загрязнения, однако тенденции к сокращению площади загрязненных земель не наблюдается (**Таб. 1**). Основным загрязняющим веществом (обуславливающим загрязнение на большинстве участков общей площадью более 6 тыс. га) является *кадмий*, далее следуют медь и мышьяк.

Одним из источников кадмиевого загрязнения сельскохозяйственных почв являются минеральные удобрения, и здесь наблюдаются позитивные тенденции. Количество вносимых

²⁴ Kankyō GIS. Daiokishin-rui chōsa kekka raito-ban [Environmental GIS. Dioxin Survey Results Light Edition] // National Institute for Environmental Studies. <https://nies.maps.arcgis.com/apps/dashboards/b347d8d6f7764391b61a372cec91eb1d> (дата обращения: 12.07.2024).

²⁵ Kankyō GIS. Kaiyō kankyō monitoringu mappu raito-ban [Environmental GIS. Marine Environment Monitoring Map Light Edition]. <https://experience.arcgis.com/experience/7ed7df4248464ed2bb1b5376b8a80948/> (дата обращения: 12.07.2024).

²⁶ Mizu, dojō kankyō gyōsei no aramashi [Overview of environmental problems: water and soil] // Ministry of the Environment. https://www.env.go.jp/water/water_pamph/index.html (дата обращения: 12.07.2024).

²⁷ Nōyōchi dojō osen ni kakaru saimitsu chōsa kekka oyobi taisaku no gaiyō [Detailed survey results and countermeasures for agricultural soil contamination] // Ministry of the Environment. <https://www.env.go.jp/water/nouyo-dojo/survey.html> (дата обращения: 12.07.2024).

минеральных удобрений в последние десятилетия значительно сократилось: с 400 кг/га пахотных земель в 1970-х гг. до 220 кг/га в 2021 г. Это по-прежнему выше, чем в среднем по странам ОЭСР, однако ниже, чем в ряде активно развивающихся стран (Китай, Малайзия, ОАЭ, Кувейт и др.) и в среднем по Восточной Азии²⁸.

Таблица 1. Загрязнение почв сельскохозяйственных угодий
в Японии в 1986–2020 гг.

	1986 г.	2000 г.	2010 г.	2020 г.
Площадь с загрязнением почв сельскохозяйственных угодий, га	7030	7166	7575	7592

Источник: Nōyōchi dojō osen ni kakaru saimitsu chōsa kekka oyobi taisaku no gaiyō [Detailed survey results and countermeasures for agricultural soil contamination] // Ministry of the Environment. <https://www.env.go.jp/water/nouyo-dojō/survey.html> (дата обращения: 12.07.2024).

Что касается *пестицидов*, то в последние десятилетия контроль за использованием сельскохозяйственных химикатов в целом и пестицидов в частности был значительно ужесточен²⁹: введены в действие ряд стандартов по регистрации пестицидов и система контроля за содержанием этих веществ в почве, воде и продуктах. В результате произошел переход к менее токсичным и стойким препаратам. В 2002 г. Япония подписала международную конвенцию по ограничению производства и использования стойких органических загрязнителей (СОЗ), куда входят 12 веществ, в т.ч. инсектициды, а также вещества, содержащие диоксины и фураны³⁰. В отчете Министерства по вопросам окружающей среды сообщается о том, что в значительной степени проблему загрязнения почв пестицидами можно считать решенной³¹.

Кроме проблем, обозначенных выше, в настоящее время актуальны и некоторые другие. Прежде всего, это борьба с загрязнением почв *диоксинами*. В отчете Министерства подчеркивается опасность данного загрязнителя ввиду способности накопления в почвах и других средах и обращается особое внимание на необходимость осуществления постоянного мониторинга как почв, так и подземных вод. В 2006 г. было обнаружено четыре территории в стране с превышением содержания диоксинов в почве более 1000 пг-ТЭ/г³², однако в последующие годы (2010, 2015, 2020, 2021) превышения не наблюдалось ни в одной точке мониторинга³³.

Кроме того, в настоящее время для Японии, как, впрочем, и для многих других стран, актуальна проблема использования *стимуляторов роста* (гормонов) и *антибиотиков*, которые также накапливаются в средах. Озабоченность властей вызывает и увеличение числа случаев загрязнений городских и пригородных почв в целом³⁴.

²⁸ World bank. Food and Agriculture Organization data on fertilizer consumption. <https://databank.worldbank.org/metadata/glossary/world-development-indicators/series/AG.CON.FERT.ZS> (дата обращения: 12.07.2024).

²⁹ Nōyaku taisaku kankei [Pesticide control] // Ministry of the Environment. <https://www.env.go.jp/water/noyaku.html> (дата обращения: 12.07.2024).

³⁰ Mizu, dojō kankyō gyōsei no aramashi [Overview of environmental problems: water and soil] // Ministry of the Environment. https://www.env.go.jp/water/water_pamph/index.html (дата обращения: 12.07.2024).

³¹ Mizu, dojō kankyō gyōsei no aramashi [Overview of environmental problems: water and soil] // Ministry of the Environment. https://www.env.go.jp/water/water_pamph/index.html (дата обращения: 12.07.2024).

³² Mizu, dojō kankyō gyōsei no aramashi [Overview of environmental problems: water and soil] // Ministry of the Environment. https://www.env.go.jp/water/water_pamph/index.html (дата обращения: 12.07.2024).

³³ Kankyō GIS. Daiokishin-rui chōsa kekka raito-ban [Environmental GIS. Dioxin Survey Results Light Edition] // National Institute for Environmental Studies. <https://nies.maps.arcgis.com/apps/dashboards/b347d8d6f7764391b61a372cec91eb1d> (дата обращения: 12.07.2024).

³⁴ Mizu, dojō kankyō gyōsei no aramashi [Overview of environmental problems: water and soil] // Ministry of the Environment. https://www.env.go.jp/water/water_pamph/index.html (дата обращения: 12.07.2024).

Оседание грунта

В 1960–1970-е гг. в крупных городах Японии (прежде всего, в Токио) остро стояла проблема оседания грунта, которое происходило со скоростью до 20 см/год. Последующие исследования привели к заключению, что основной причиной данной проблемы являлся забор воды для промышленных нужд, и благодаря ряду законодательных и организационных мер уже к началу 1980-х гг. темпы оседания грунта существенно замедлились. Это видно и по статистике, приводимой О.В. Ивановым с соавторами, и по японским отчетам и статьям [Sato 2006, p. 405; Tōkyōto 2023]. В настоящее время это неблагоприятное явление практически не наблюдается (скорость оседания грунта составляет менее 2 см/год). За счет снижения доли подземных вод в водозаборе (в настоящее время менее 20%) отмечается восстановление их запасов и подъем уровня [Sato 2006; Furuno 2015; Kaneko 2011].

Однако последствия серьезных проблем 1960-х гг. наблюдаются до сих пор. Так, например, значительные территории центральной и северной части Токио (районы Кото и Эдогава) по-прежнему находятся на уровне моря или ниже и подвержены опасности наводнений, хотя они и защищены рядом специально выстраиваемых с 1980-х гг. укреплений, стен [Furuno 2015; Esteban 2019]. Кроме того, в крупных городах до конца не решены проблемы истощения артезианских вод, питающих водоемы и водотоки, и загрязнения подземных вод хлорорганическими соединениями, нитратами и нитритами [Sato 2006; Отчет Tōkyōto 2023].

Научно-практические проблемы оседания грунта активно изучаются и в настоящее время, в том числе исследуются такие явления, как деформации земной коры в связи с землетрясениями и цунами (в частности, землетрясениями в Тохоку в 2011 г. и Ибури в 2018 г.) [Imakiire 2012; Na 2021]. Результаты таких исследований и японский опыт могут быть очень полезны для других стран и особенно для плотно населенных и активно развивающихся азиатских городов (в т.ч. Манилы, Джакарты, Хошимина).

Степень шумового загрязнения

Для борьбы с шумовым и вибрационным загрязнением в Японии была разработана нормативная база касательно работы заводов, строительных работ, использования громкоговорителей, аудиооборудования, работы авиационного, авто- и железнодорожного транспорта, включая скоростные поезда синкансэн; внедрены новые технологии (линейный двигатель [Chen 2014]). Однако согласно данным мониторинга в Токио к настоящему времени проблему шумового загрязнения до конца решить не удалось. В 2022 г. на линии синкансэн в шести точках измерений из 11 зафиксированы случаи превышения допустимого уровня шума³⁵ (в Японии норматив варьирует от 50 до 70 дБА в зависимости от функциональной зоны города и других условий, для сравнения: в России предельно допустимый уровень шума днем составляет 55 дБА, в Китае – 75 дБА [Нао 2022]).

Подтверждают нерешенность проблемы и данные мониторинга национального института NIES по шуму от автотранспорта: на ряде улиц города Токио³⁶ фиксируется превышение значения 80 дБА в дневное время – что однозначно выше всех установленных норм. Хотя стоит отметить, что подобные проблемы в той ли иной степени являются неотъемлемой частью жизни большинства крупных городов многих стран мира.

³⁵ Sōon, shindō, akushū [Noise, vibration and odors] // Tokyo Metropolitan Government, Bureau of Environment. <https://www.kankyo.metro.tokyo.lg.jp/noise> (дата обращения: 12.07.2024).

³⁶ Измерения проводятся на расстоянии 50 м от дороги.

Также состояние проблемы шумового загрязнения оценивается по числу жалоб от населения. В 1980-х гг. ежегодно фиксировалось около 20 тыс. жалоб, в основном на предприятия и строительные работы, в т.ч. в ночное время [Иванов, Мельник, Шепеленко 1991] – это треть (!) всех жалоб на состояние окружающей среды в те годы [Smith 2023, p. 118]. В 2010–2020 гг. ежегодно поступало около 15–19 тыс. жалоб³⁷. Считается, что ввиду высокой плотности застройки городов и особенностей японской культуры (например, выкрики продавцов с тележками или звуки от торговых автоматов) проблема шумового загрязнения – одна из типичнейших проблем Японии, которая наблюдается в японских городах уже не одно десятилетие. Это нашло свое отражение и в высказываниях современных японских философов, согласно одному из которых японцы «маринуются в городском шуме» [Smith 2023].

Вибрация

Очевидно, что ввиду очень высокой плотности застройки решить проблему сильных вибраций, оказывающих негативное влияние на население, также чрезвычайно сложно. Однако благодаря активной экологической политике по этому вопросу (Япония первая в мире приняла закон о снижении вибрации (Vibration Limit Law, 1976) [Chen 2014]) в настоящее время можно говорить о значительном улучшении ситуации. По данным мониторинга в Токио величины вибрации от синкансэн не превысили норму ни на одной из станций измерений (2018–2022 гг.). И хотя эта проблема до сих пор вызывает беспокойство населения, количество жалоб на вибрацию в целом (от всех источников, включая железнодорожный транспорт, строительные работы, промышленные предприятия, автомобильный транспорт) также снизилось: с 3,1 тыс. в конце 1980-х гг. [Иванов, Мельник, Шепеленко 1991] до 2,3 тыс. в 2021 г. (а в 2010 г. – 1,7 тыс.)³⁸.

Неприятные запахи

Как отмечает О.В. Иванов с соавторами, во второй половине XX в. этому фактору в Японии уделяли самое серьезное внимание. Действительно, проблема неприятных запахов, существовавшая в плотно населенных городах по ряду причин (животноводческие фермы, индустрия сервиса, промышленные предприятия, плотное соседство, канализация [Иванов, Мельник, Шепеленко 1991]), имела большое значение для японцев. Важным фактором в решении данной проблемы можно считать прогресс в сфере управления отходами, который наблюдается с начала 1980-х гг. [Тихоцкая 2015].

Данные о количестве жалоб населения за 1980-е гг. в открытом доступе, к сожалению, отсутствуют, но при анализе показателей за последние два десятилетия наблюдается отрицательная динамика, хотя их количество все еще очень велико: 14 тыс. в 2000 г., 10,4 тыс. в 2021 г. Высока также и величина разброса от года к году, и, по-видимому, проблема все еще далека от стопроцентного решения. Правительство Токио отмечает, что проблемы в японской столице с неприятными запахами во многом связаны с работой канализации³⁹.

³⁷ Statistics Bureau of Japan. Japan Statistical Yearbook 2024. <https://www.stat.go.jp/english/data/nenkan/index.html> (дата обращения: 12.07.2024).

³⁸ Statistics Bureau of Japan. Japan Statistical Yearbook 2024. <https://www.stat.go.jp/english/data/nenkan/index.html> (дата обращения: 12.07.2024).

³⁹ Akushū taisaku [Measures against Odor] // Tokyo Metropolitan Government. Bureau of Environment. https://www.kankyo.metro.tokyo.lg.jp/noise/offensive_odors (дата обращения: 12.07.2024).

В таблице 2 сведены данные по рассмотренным семи проблемам *когай*: основные показатели⁴⁰, их количественные значения во временной динамике, а также новые, современные, аспекты проблемы.

Таблица 2. Экологические показатели состояния окружающей среды по проблемам когай в Японии, 1960-е – 2020-е гг.

Одна из проблем когай	Показатели	Количественные значения			Новые аспекты, связанные с данной проблемой
		1960-е	1980-е	2020-е	
Загрязнение воздуха	SO ₂ , ppm	0,06	0,006	0,001	Высокие концентрации фотооксидантов, мелкодисперсных частиц (PM2.5), новых опасных загрязняющих веществ
	NO _x , ppm	0,04	0,02	0,007	
	PM2.5, мкг/м ³	нд	нд	8,5	
	Фотооксиданты, количество предупреждений о смоге в год	более 300 (1970-е гг.)	243	29	
Загрязнение вод	Соответствие водных объектов нормативам по БПК, %	70%	79%	88%	Низкая доля озер с соответствующим нормативам качеством воды; высокие концентрации диоксинов
Загрязнение почв	Площадь загрязненных с.-х. земель, га	нд	7030	7592	Загрязнение кадмием
Оседание грунта	Скорость оседания, см/год	20	2	менее 2	Не выявлены
Шум	Количество жалоб от населения	нд	20 тыс.	17 тыс.	Автотранспорт, большое количество жалоб
Вибрация	Количество жалоб от населения	нд	3,1 тыс.	2,3 тыс.	Жалобы населения
Неприятные запахи	Количество жалоб от населения	нд	14 тыс. (2000 г.)	10 тыс.	Канализация, большое количество жалоб

Составлено автором на основе: Иванов О.В., Мельник Л.Г., Шепеленко А.Н. 1991. В борьбе с драконом «Когай»: Опыт природопользования в Японии. Москва: Мысль; Tōkyō no chika suishitsu chōsa kekka [Tokyo Underground Waters Survey Results] // Tokyo Metropolitan Government. Bureau of Environment. <https://www.kankyo.metro.tokyo.lg.jp/water/groundwater/investigation> (дата обращения: 16.07.2024); Statistics Bureau of Japan. Japan Statistical Yearbook 2024. <https://www.stat.go.jp/english/data/nenkan/index.html> (дата обращения: 11.07.2024); Kankyō GIS [Environmental GIS] // National Institute for Environmental Studies. <https://tenbou.nies.go.jp/gis/> (дата обращения: 11.07.2024); Nōyōchi dojō osen ni kakaru saimitsu chōsa kekka oyobi taisaku no gaiyō [Detailed survey results and countermeasures for agricultural soil contamination] // Ministry of the Environment. <https://www.env.go.jp/water/nouyo-dojō/survey.html> (дата обращения: 12.07.2024).

⁴⁰ Для таблицы выбраны, прежде всего, те показатели, которые упоминаются О.В. Ивановым с соавторами – для возможности сравнения данных во времени. Осредненные количественные значения концентраций и такой косвенный показатель как «Количество жалоб от населения» безусловно вносят большие ограничения для оценки, но все же могут, на наш взгляд, отразить основные тенденции и позволяют сделать осторожные выводы общего характера. В тексте, следующим за таблицей, для полноты обзора приводится также характеристика и некоторых других показателей по каждой из проблем.

Таким образом, по основным проблемам загрязнения окружающей среды *когда* в настоящее время в Японии наблюдается следующая ситуация. Содержание таких загрязнителей *в воздухе* как диоксиды серы и азота, высокие концентрации которых беспокоили Японию в конце прошлого века, удалось существенно снизить. Однако угрозой последних десятилетий стали мелкодисперсные частицы и фотохимический смог. Тенденции по концентрациям PM2.5 в воздухе противоречивы (согласно национальной статистике, наблюдается их снижение, а по международным оценочным данным – рост), требуются дальнейший мониторинг и реализация мер экополитики. По смогам тенденции также противоречивы: несмотря на сокращение числа предупреждений снижение концентраций фотооксидантов в воздухе не наблюдается. Кроме того, согласно данным ОЭСР и ВОЗ с 2010 г. в Японии растет смертность от загрязненного воздуха, что, однако, может быть следствием успехов диагностики.

Также несмотря на существенное сокращение выбросов SO₂ и NO_x остается актуальной проблема выпадения кислотных дождей, особенно в западной Японии⁴¹, что связывают с трансграничным загрязнением из Китая.

Качество *воды* в водоемах существенно улучшилось по таким показателям как БПК (кроме озер и прудов – качество воды в них, по-прежнему, часто не соответствует нормативам) и тяжелые металлы (кадмий, ртуть). Однако в последнее время вызывают опасения отмеченные в ряде префектур высокие концентрации диоксинов, особенно в поверхностных водах.

В *почвах* превышения диоксинов в последние годы не наблюдается, однако не удалось до конца решить проблему загрязнения кадмием, также становится более актуальной проблема загрязнения почв в городах. Загрязнение сельскохозяйственных почв пестицидами и повышенными дозами минеральных удобрений в настоящее время ликвидировано, проблема в значительной степени решена.

Удалось также решить серьезнейшую проблему *оседания грунта* в крупных городах (скорости оседания грунты сведены до менее 2 см/год), хотя такой постоянный фактор, как землетрясения обуславливает, по мнению многих специалистов, необходимость продолжения работы мониторинговой системы.

Проблема *вибрационного загрязнения* также в большой степени решена: превышений нормативов в последние годы не наблюдается, хотя до сих пор сильная вибрация является фактором беспокойства части населения. Также существенно снижает качество жизни современных японцев *шумовое загрязнение* и *проблема неприятных запахов*, по которым очевиден существенный прогресс, но проблемы, к сожалению, нельзя назвать решенными до конца, т.к. каждый год регистрируется большое число жалоб от населения.

Помимо обозначенных выше проблем в XXI в. Япония столкнулась с проблемами *светового загрязнения*⁴², *теплового стресса*⁴³, необходимостью развития *зеленой инфраструктуры*⁴⁴ – вопросами, актуальными для многих мегаполисов мира и требующими решения наряду с традиционными экологическими проблемами XX в.

⁴¹ Sansei ame chōsa kekka raito-ban. [Acid Rain Survey Results Light Edition] // National Institute for Environmental Studies. <https://nies.maps.arcgis.com/apps/dashboards/a21f4f7e14d246b094b3a790aba60879> (дата обращения: 12.07.2024).

⁴² Например, см. инициативу Министерства окружающей среды Японии по наблюдению за звездами. <https://www.env.go.jp/air/life/hoshizorakansatsu/index.html> (дата обращения: 16.07.2024).

⁴³ Например, индекс жары, рассчитываемый институтам NIES. <https://experience.arcgis.com/experience/60c57443954d4d27be1824abd6eald88/> (дата обращения: 16.07.2024).

⁴⁴ Например, см. новости на сайте Министерства окружающей среды Японии по развитию зеленой инфраструктуры (реализуемые проекты, финансовые инструменты и пр.). https://www.env.go.jp/press/press_03146.html (дата обращения: 16.07.2024).

Заключение

Анализ количественных данных о загрязнении природных сред в Японии позволяет сделать вывод о нерешенности некоторых из проблем *когай*, наиболее актуальными из которых можно считать загрязнение воздуха мелкодисперсными частицами и фотооксидантами, загрязнение озер и прудов органическими веществами и всех типов поверхностных вод диоксинами, загрязнение почв кадмием, шумовое загрязнение и проблема неприятных запахов. Однако проблемы проявляются не столь масштабно как раньше, и Япония подходит к их решению с солидным багажом опыта и набором инструментов экологической политики. Во-первых, это создание обширной сети мониторинга качества воздуха и воды и предоставление результатов ее работы в открытом доступе (по примеру платформы Института NIES – Environmental GIS), а также широкое экологическое образование и просвещение (например, научно-популярные видеоматериалы об истории проблемы загрязнения воздуха на сайте Агентства по восстановлению и охране окружающей среды). Сеть мониторинговых станций постоянно совершенствуется (уменьшается число станций для мониторинга одних загрязняющих веществ и увеличивается для других). Во-вторых, это активная позиция граждан и местных властей: принятие указов для решения какой-либо проблемы в конкретном районе или ужесточение национальных экологических стандартов в тех префектурах, где это необходимо. В-третьих, это ответственность бизнеса (добровольные действия предприятий – инструмент, показавший в Японии исключительную эффективность), которая в настоящее время развивается и в других странах, в том числе, в рамках концепции «Экологическое, социальное и корпоративное управление» (*Environmental, Social, Governance, ESG*). В некоторых случаях действенным оказывается участие в международных конвенциях. Перечисленные меры и подходы в решении экологических проблем представляются полезными и эффективными как для Японии, так и для других стран мира, когда загрязнение окружающей среды остается одной из главных глобальных экологических проблем, включенных ООН в «тройной планетарный кризис».

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Алексеева Н.Н., Лопатников Д.Л., Банчева А.И. Изменение экологических характеристик стран – экономических гигантов Азии в контексте геоэкологического перехода // *Вестник Московского университета. Серия 5: География*. 2024. №2. С. 31–42. DOI: 10.55959/MSU0579-9414.5.79.2.3
- Банчева А.И. Геоэкологическое состояние ландшафтов острова Хоккайдо (Япония): дис. ... канд. геогр. наук. Москва. 2018. 130 с.
- Иванов О.В., Мельник Л.Г., Шепеленко А.Н. В борьбе с драконом «Когай»: Опыт природопользования в Японии. Москва: Мысль. 1991.
- Тихоцкая И.С. Японская инновационная концепция рециклирования ресурсов и создание общества с устойчивым материальным циклом // *Региональные исследования*. 2015. № 2. С. 61–66.
- Тихоцкая И.С. Экологические проблемы Японии: между прошлым и будущим // *Японские исследования*. 2016. №1. С. 59–71.

REFERENCES

- Alekseeva, N., Lopatnikov, D., Bancheva, A. (2024). *Izmenenie ekologicheskikh kharakteristik stran – ekonomicheskikh gigantov Azii v kontekste geoekologicheskogo perekhoda* [Changes of Environmental Characteristics of the Asian “Economic Giants” in the Context of the Geoecological Transition]. *Lomonosov Geography Journal*, 2, 31–42. DOI: 10.55959/MSU0579-9414.5.79.2.3 (In Russian).
- Bancheva, A. I. (2018). *Geoekologicheskoe sostoyanie landshaftov ostrova Khokkaido (Yaponiya)* [Geoecological Assessment of the Hokkaido Island Landscapes (Japan)]. PhD Thesis in Geography. Moscow. (In Russian).

- Ivanov, O., Melnik, L., Shepelenko, A. (1991). *V bor'be s drakonom «Kogai»: Opyt prirodopol'zovaniya v Yaponii* [Fighting the “Kogai” Dragon: The Japanese Experience in Nature Management]. Moscow: Mysl'. (In Russian).
- Tikhotskaya, I. (2015). Yaponskaya innovatsionnaya kontseptsiya retsiklirovaniya resursov i sozдание obshchestva s ustoichivym material'nym tsiklom [Japanese Innovative Concept of Resources Recycling and Formation of the Sound Material Cycle Society]. *Regional'nye issledovaniya* [Regional Studies], 2, 61–66. (In Russian).
- Tikhotskaya, I. (2016). Ekologicheskie problemy Yaponii: mezhdru proshlym i budushchim [Ecological problems in Japan: between past and future]. *Yaponskiye issledovaniya* [Japanese Studies in Russia], 1, 59–71. (In Russian).
- * * *
- Botta, E., & Yamasaki, S. (2020). *Policies, regulatory framework and enforcement for air quality management: The case of Japan*. OECD environment working papers. <https://dx.doi.org/10.1787/b2de0bc1-en>
- Chen, C. H., & Peng, L. Y. (2014). The Laws and Measurements Analysis About Urban Rail Transit Noise and Vibration Reduction. *Applied Mechanics and Materials*, 548, 1839–1843. doi:10.4028/www.scientific.net/AMM.548-549.1839
- Esteban, M., Takagi, H., Jamero, L., Chadwick, C., Avelino, J. E., Mikami, T., ... & Shibayama, T. (2020). Adaptation to Sea Level Rise: Learning From Present Examples of Land Subsidence. *Ocean & Coastal Management*, 189, 104852. DOI: 10.1080/03088839.2019.1634845
- Furuno, K., Kagawa, A., Kazaoka, O., Kusuda, T., & Nirei, H. (2015). Groundwater Management Based on Monitoring of Land Subsidence and Groundwater Levels in the Kanto Groundwater Basin, Central Japan. *Proceedings of the International Association of Hydrological Sciences*, 372(372), 53–57.
- Hao, Y., Qi, H., Liu, S., Nian, V., & Zhang, Z. (2022). Study of Noise and Vibration Impacts to Buildings Due to Urban Rail Transit and Mitigation Measures. *Sustainability*, 14 (5), 3119. <https://doi.org/10.3390/su14053119>
- Huang, H., Akustu, Y., Arai, M., & Tamura, M. (2001). Analysis of Photochemical Pollution in Summer and Winter Using a Photochemical Box Model in the Center of Tokyo, Japan. *Chemosphere*, 44 (2), 223–230.
- Imakiire, T., & Koarai, M. (2012). Wide-Area Land Subsidence Caused by “the 2011 Off the Pacific Coast of Tohoku Earthquake”. *Soils and Foundations*, 52 (5), 842–855. <http://dx.doi.org/10.1016/j.sandf.2012.11.007>
- Kaneko, S., & Toyota, T. (2011). Long-Term Urbanization and Land Subsidence in Asian Megacities: An Indicators System Approach. In M. Taniguchi (ed.), *Groundwater and Subsurface Environments: Human Impacts in Asian Coastal Cities* (pp. 249–270). Springer. DOI: 10.1007/978-4-431-53904-9_13
- Na, T., Kawamura, Y., Kang, S. S., & Utsuki, S. (2021). Hazard Mapping of Ground Subsidence in East Area of Sapporo Using Frequency Ratio Model and GIS. *Geomatics, Natural Hazards and Risk*, 12 (1), 347–362. <https://doi.org/10.1080/19475705.2021.1873198>
- Nishitaten, S., & Burke, P. J. (2021). Willingness to Pay for Clean Air: Evidence From Diesel Vehicle Registration Restrictions in Japan. *Regional Science and Urban Economics*, 88, 103657. <https://doi.org/10.1016/j.regsciurbeco.2021.103657>
- Sato, C., Haga, M., & Nishino, J. (2006). Land Subsidence and Groundwater Management in Tokyo. *International Review for Environmental Strategies*, 6 (2), 403–424.
- Smith, M. D. (2023). The ‘Hell of Modern Sound’: A History of Urban Noise in Modern Japan. In I. Haukamp, C. Hoene, & M. D. Smith (Eds.), *Asian Sound Cultures. Voice, Noice, Sound, Technology* (pp. 101–123). Taylor & Francis. DOI: 10.4324/9781003143772-8
- Tōkyōto chō. Kankyō kyoku [Tokyo Metropolitan Government. Bureau of Environment]. *Tōkyō no chika suishitsu chōsa kekka* [Tokyo Underground Waters Survey Results]. Retrieved July 16, 2024, from <https://www.kankyo.metro.tokyo.lg.jp/water/groundwater/investigation> (In Japanese).

Поступила в редакцию: 25.07.2024

Received: 25 July 2024

Принята к публикации: 26.01.2025

Accepted: 26 January 2025